

Marius Moe

# Inntjent verdi i tunnelprosjekt

Digital prosjektoppfølgning av kostnad og tidsbruk

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk / Digitale byggeprosesser.

Veileder: Eilif Hjelseth

Juni 2021



Marius Moe

# Inntjent verdi i tunnelprosjekt

Digital prosjektoppfølging av kostnad og tidsbruk

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk / Digitale byggeprosesser.  
Veileder: Eilif Hjelseth  
Juni 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk



# Sammendrag

Tunnelbransjen er i ferd med å digitaliseres, hvilket har satt fokus på hvordan data best kan samles inn, systematiseres og anvendes for å forbedre utførelse, rapportering og oppfølging. Beregning av inntjent verdi er en metodikk som tar sikte på å følge opp alle data for både kostnader og tidsbruk i prosjekter. Ettersom kostnad, tid og omfang i byggeprosjekt er noen av de viktigste parameterne for suksess, kan denne metodikken potensielt bidra til bedre prosjektoppfølgning også innenfor tunnelprosjekter.

Driftsmarginer i anleggsbransjen er lave, noe som medfører at bransjen kan dra stor nytte av effektivisering i form av ny teknologi og nye metoder i deres prosjekter, slik som å knytte inntjent verdi til digitalisering. Videre har byggenæringens landsforening publisert det digitale veikartet, som har som mål å fremme en heldigitalisert bygge- og anleggsnæring

Opgavens problemstilling er «Hvordan kan bruk av inntjent verdi bedre prosjektoppfølgning i tunnelprosjekter?». For å belyse problemstillingen er det stilt tre forskningsspørsmål: 1. Hvilke fordeler og ulemper medfører beregning og benyttelse av inntjent verdi? 2. Hvordan er informasjonsflyten av fremdriftsdata i dag hos utførende aktør? 3. I hvilken grad er det hensiktsmessig å bruke de tilgjengelige fremdriftsdataene i dagens tunnelprosjekt i inntjent verdi-metodikk?

Metodene som har blitt benyttet er litteraturstudium, deltakende og ikke-deltakende observasjonsstudier og to intervjuer. Litteraturstudiet ble utført ved søk på Scopus med ordet «earned value» i tillegg til «success», og ble avgrenset til de fire siste årene. Observasjonsstudiene omhandlet databruk og dataflyt i det pågående prosjektet E69 Skarvberg tunnelen, og intervjuobjektene var prosjektleder i Skarvberg tunnelen og daglig leder for prosjektplattformen Infrakit.

Bruk av inntjent verdi har flere fordeler. Man kan skape bedre erfaringstall for hvordan fremdriften kan være, og grafisk visualisering er mer effektiv i å kommunisere fremgang sammenlignet med å presentere absolutte tall. Videre muliggjør metoden mer effektive tiltak og man får bedre forståelse for utviklingen i prosjektet med tanke på produktivitetsutvikling, tendensutvikling og ressurspådrag. Ulempene som ble kartlagt er blant annet at metodikken ikke viser kvalitetskostnader og risikorelaterte kostnader, og at det finnes betingelser for å skape suksess med inntjent verdi. En av disse betingelsene er at enkelthet og brukervennlighet ikke må gå på bekostning av kompliserte beregninger for at metodikken skal være lønnsom.

I observasjonsstudiene ble det funnet at tunnelboremaskin, geomatikere, formenn og tunneldrivere sine data ble samlet og distribuert automatisk, mens geologer hadde manuell lagring av sikringsklasser i skytjenesten. I tillegg var det verbal kommunikasjon mellom formenn og tunneldrivere til ledelsen. Både kalkyle og de påløpte kostnadene ble samlet inn i et felles regnskapsprogram slik at ledelsen hadde god kontroll på all informasjon om kostnader. Det ble i det deltakende observasjonsstudiet sett at det kreves mange manuelle oppgaver som er tid- og ressurskrevende for å sammenstille dataene over fremdriften. Hvis utførende automatiserer og effektiviserer dataflyten og beregningene, er det svært hensiktsmessig å bruke de tilgjengelige fremdriftsdataene i inntjent verdi-metodikk. Dette ble vist å være oppnåelig da teknologien var til stede i prosjektplattformen Infrakit. Klarer man dette kan prosjektoppfølgningen bedres med blant annet å øke forståelsen for utviklingen i prosjektet, hvilket muliggjør mer effektive tiltak.

# Abstract

The tunnel industry is now being digitized, where great focus has been placed on how data can be collected, systematized and used to improve execution, reporting and follow-up. Calculation of earned value is a methodology that aims to follow up all data for both costs and time in projects. The cost, time and scope of construction projects are some of the most important parameters for success, which means this methodology can potentially contribute to better project follow-up also in tunnel projects. The operating margins in the construction industry are very low, which means that the industry can benefit greatly from efficiency improvements in the form of new technology and new methods in their projects. In this case linking earned value up to digitization.

The main research question is "How can the use of the earned value improve project follow-up in tunnel projects?". To shed light on the problem, three additional research questions have been asked: 1. What advantages and disadvantages does the calculation and use of earned value entail? 2. How is the information flow of progress data today with the executive builder? 3. To what extent is it appropriate to use the earned value methodology on available progress data for the currently ongoing tunnel projects?

The methods that have been used are literature study, participatory and non-participatory observational studies and two interviews. The literature study was performed by searching on Scopus on the words earned value along with success and was limited to the last four years. The observational studies dealt with data flow and data use in the ongoing tunnel project on E69 Skarvberget. The interviewees were Skanska's project manager on the tunnelproject in Skarvberget and general manager of the project platform Infrakit.

The benefits of earned value are many. It is possible to create better graphical data and figures for the progress of the project, which can be a more effective tool in communicating progress than absolute numbers. Earned value enables more effective measures, and you get a better understanding of the development in the project by seeing the real productivity, trend and use of resources. However, the method has disadvantages. It does not show quality costs and risk-related costs, and there are conditions for success with earned value. One of these conditions is that simplicity and user-friendliness must not be at the expense of complicated calculations and processes for the methodology.

In the observation study tunnel drilling machine, geomatic people and the outdoor crew's data were collected and distributed automatically, while the geologist had manual storage of data in the cloud service. In addition, the outdoor crew had verbal communication with the management. Both the calculation and the incurred costs were collected in a common accounting software. This gave the management good control over all information about the costs. It is highly appropriate to use the available progress data in the earned value methodology if the contractor automates and streamlines the data flow and calculations. Such automation was found to be very achievable, seeing as Infrakit already were in possession of the necessary technology. If one manages to automate the data flow and calculate, the project follow-up can be improved, for among other things, gaining a better understanding of development in the project and that it enables more effective measures.

# Forord

Masteroppgaven er utført som et avsluttende arbeid på masterstudiet Digitale Byggeprosesser ved Norges Tekniske og Naturvitenskapelige Universitet (NTNU). Formålet med oppgaven er å bidra til tunnelbransjens økende digitalisering og effektivisering ved å benytte kunnskap og metodikker lært i studiet. Det ble påstått av professor i faget Prosjektledelse at inntjent verdi er en metodikk som har hatt stor suksess i utlandet, men har blitt lite brukt her til lands. Det er derfor blitt sett på gevinstene det utøvende perspektivet kan høste ved å implementere inntjent verdi-metodikk i tunnelprosjekt, og om dette kan automatiseres ved hjelp av kunnskap og metodikker forfatter har lært på masterstudiet. Funnene er basert på litteraturstudie, observasjonsstudie og intervjuer.

Masterlinjen har lagt stor vekt på å komme tettere inn på bygge- og anleggsbransjen for å få en bedre forståelse for hvordan de ulike perspektiver jobber. Siden jeg under hele skolegangen har hatt stor interesse for anleggsprosjekt med spesielt tunneldriving, var det et stort ønske å gå dypere inn i dette området. Som følge av det tette samspillet med næringen på denne masterlinjen, har jeg fått en oppfattelse av at anleggsnæringen i lang tid har vært tregere med å digitalisere sine prosesser i forhold til byggenæringen. Dette har trigget meg til å gå dypere inn i de muligheter man har i tunnelprosjekt for å bedre prosjektoppfølgningen.

I slutten av mai 2021 da denne masteroppgaven nesten var ferdigstilt, ble det kunngjort at statens vegvesen tar i bruk en ny modell for beregning av byggetid for tunnel (Holmeid, 2021). Dette på grunn av de mange uenigheter det har vært for hvor lang tid det tar å ferdigstille enkelte tunneler de siste årene (Holmeid, 2021). Det viser at bransjen virkelig har behov for en metodikk som samler og sammenstiller data for både å predikere kostnader og tid i produksjonsfasen, samt gi et datagrunnlag for prediksjon for senere tunnelprosjekt.

Arbeidet med masteroppgaven har vært veldig spennende og lærerikt. Jeg har hatt gode forutsetninger for å utføre gode studier da personer både fra næringen og universitet har vært veldig villig til å dele kunnskap og erfaringer. Som et pluss har denne oppgaven bidratt til å øke nettverket mitt i bransjen som jeg anser å være veldig nyttig til fremtiden.

Jeg vil spesielt takke Tor Gildestad hos Skanska på Skarvbergtunnelen for hans velvillighet til å dele kunnskap og erfaringer til bruk i denne oppgaven, samt at jeg fikk muligheten til å utføre en observasjonsstudie på dette prosjektet. Jeg vil også rette en stor takk til Eilif Hjelseth som har vært min veileder fra NTNU. Han har alltid satt av tid til mine spørsmål, og svart med god faglig dyktighet. Hans evne til å skape diskusjon om de rette spørsmålene har bidratt til at oppgaven ble konkretisert i en retning som både jeg og næringen i senere tid kan dra nytte av.

Jeg vil også rette en stor takk til Anders Tiltnes som har besvart meg raskt og utfyllende hver gang jeg har spurt om noe. Samtaler med han har bidratt til å se tematikken fra et annet perspektiv, samt å se hvilken teknologi som er tilgjengelig i dag. Uten han ville oppgaven blitt mye mer ensformig.

Jeg ønsker også å takke andre informanter som har bidratt til diskusjoner og refleksjoner som har resultert i å ta mer hensyn til det bransjen trenger. Til slutt vil jeg takke familie og venner for all støtte under gjennomføringen.

# Innholdsfortegnelse

Sammendrag .....	v
Abstract .....	vi
Forord .....	vii
Innholdsfortegnelse .....	viii
Figurer .....	xi
Tabeller .....	xii
Forklaringer .....	xiii
1. Innledning .....	1
1.1 Bakgrunn .....	2
1.1.1 Digitalt veikart .....	2
1.2 Mål og forskningsspørsmål .....	3
1.3 Avgrensninger .....	3
1.4 Disposisjon .....	3
1.5 Aktualitet i bransjen .....	4
2 Teori .....	5
2.1 Inntjent verdi .....	5
2.1.1 Planlagt verdi .....	5
2.1.2 Faktisk verdi .....	6
2.1.3 Inntjent verdi .....	7
2.2 Fasenormen - Neste steg .....	9
2.3 Grunnleggende prosjektoppfølgning .....	11
2.4 Prosjektplattform - VisionLink .....	12
3 Metode .....	13
3.1 Induktiv tilnærming med kvalitative data .....	13
3.2 Epistemologi .....	13
3.3 Validitet og reliabilitet .....	14
3.4 Sammenheng mellom forskningsspørsmål og metoder .....	14
3.5 Litteraturstudie .....	15
3.5.1 Søkeplattform .....	15
3.5.2 Avgrensninger .....	15
3.5.3 Kildekritikk .....	15
3.6 Observasjonsstudier .....	16
3.6.1 Ikke-deltakende observasjonsstudie .....	17
3.6.2 Deltakende observasjonsstudie .....	17
3.7 Intervju .....	17



3.7.1	Dybdeintervju med Skanska .....	18
3.7.2	Dybdeintervju med Infrakit.....	18
3.8	Integrated Design and Delivery Solutions (IDDS) .....	18
4	Litteraturstudie .....	20
4.1	Effective performance evaluation to estimate cost and time .....	21
4.2	Applying earned value to construction projects .....	22
4.3	Project management model: Integrating earned schedule, quality and risk .....	22
4.4	Conditions of success for earned value analysis in projects .....	23
4.5	Building information modeling 5D and earned value management .....	24
5	Observasjonsstudie: E69 Skarvberg tunnelen .....	26
5.1	Innledning: Skarvberg tunnelen og Skanska .....	26
5.1.1	Ikke-deltakende observasjon .....	26
5.1.2	Deltakende observasjon .....	29
6	Intervju – Faktiske kostnader i tunnelprosjekt.....	31
6.1	Intervjuguide .....	31
6.2	Intervju .....	31
7	Intervju - Prosjektplattform hos Infrakit .....	33
7.1	Intervjuguide .....	33
7.2	Intervju .....	33
7.2.1	Tid og kostnad i plattformen .....	35
8	Diskusjon .....	37
8.1	Validitet og reliabilitet av studiene .....	37
8.1.1	Litteraturstudiet .....	37
8.1.2	Observasjonsstudiet .....	37
8.1.3	Intervjuene .....	38
8.2	Forskningsspørsmål 1 – Fordeler og ulemper med inntjent verdi .....	38
8.3	Forskningsspørsmål 2 – Informasjonsflyt av fremdriftsdata .....	42
8.3.1	IDDS – Dagens situasjon av informasjonsflyt av fremdriftsdata.....	43
8.4	Forskningsspørsmål 3 – Bruk av fremdriftsdataene i inntjent verdi .....	46
8.4.1	Planlagt verdi .....	47
8.4.2	Faktisk og inntjent verdi .....	48
8.4.3	IDDS – Automatisert beregning av inntjent verdi i tunnelprosjekt.....	50
8.4.4	Gradvurdering .....	55
9	Konklusjon .....	57
10	Videre arbeid .....	59
	Referanser.....	60
	Bilag og vedlegg.....	63

Bilag 1: Suksessbetingelser .....	60
Bilag 2: Informasjonsflyt til fremdriftsdata.....	61
Bilag 3: Kostnader hos utførende .....	62
Bilag 4: Fordeler og ulemper/svakheter.....	63
Bilag 5: Flyt av inntjent verdi .....	64
Vedlegg 1: VA infrakit (Tiltnes, 2021) – Skjermutklipp .....	65
Vedlegg 2: Infrakit fremdrift (Tiltnes, 2021) – Skjermutklipp .....	66
Vedlegg 3: Infrakit fremdriftsstyring (Tiltnes, 2021) - Skjermutklipp.....	67

# Figurer

Figur 1: Effekter digitalt veikart.....	2
Figur 2: Prosjektnedbrytning.....	5
Figur 3: Gantt-skjema.....	6
Figur 4: Kurve for planlagt verdi.....	6
Figur 5: Planlagt og faktisk verdi. ....	7
Figur 6: Fremdrift 4. uke. ....	7
Figur 7: Planlagt, faktisk og inntjent verdi. ....	8
Figur 8: Prognose. ....	9
Figur 9: Neste Steg (Bygg21, 2015, s.4). ....	10
Figur 10: Induktiv tilnærming. ....	13
Figur 11: Graf (Susilowati og Kurniaji, 2020, s.8). ....	21
Figur 12: Rammeverk for suksessfaktorer.....	23
Figur 13: E69 Skarvberg tunnelen (Statens vegvesen, 2020a). ....	26
Figur 14: Bever Control i tunnelrigg. ....	27
Figur 15: Informasjonsflyten til fremdriftsdata. ....	28
Figur 16: Utkjørt data fra Formworks. ....	29
Figur 17: Kalkulert tid for salvesyklus. ....	30
Figur 18: Kostnader hos utførende aktør. ....	32
Figur 19: Infrakit VA. Skjermtutklipp (Tiltnes, 2021).....	34
Figur 20: Infrakit fremdrift. Skjermtutklipp (Tiltnes, 2021). ....	35
Figur 21: Infrakit fremdriftsstyring. Skjermtutklipp (Tiltnes, 2021). ....	36
Figur 22: Fordeler og ulemper/svakheter.....	42
Figur 23: Ideell situasjon. ....	44
Figur 24: Dagens informasjonsflyt av fremdriftsdata. ....	44
Figur 25: Fremdriftsdata i form av kostnader. ....	45
Figur 26: Foreslått videre arbeid for fremdriftsdata hos Skanska. ....	46
Figur 27: Flyt av inntjent verdi. ....	47
Figur 28: Planlagt verdi flyt.....	48
Figur 29: Automatisering av planlagt verdi. ....	48
Figur 30: Fremdriftsdata flyt. ....	49
Figur 31: Beregning av fremdrift. ....	49
Figur 32: Tidsperspektiv for implementering (kort sikt). ....	52
Figur 33: Tidsperspektiv for implementering (mellomlang sikt).....	53
Figur 34: Tidsperspektiv for implementering (lang sikt).....	53

# Tabeller

Tabell 1: Planlagt verdi. ....	6
Tabell 2: Faktisk verdi. ....	7
Tabell 3: Inntjent verdi. ....	8
Tabell 4: Forhold mellom forskningsspørsmål og type studie. ....	14
Tabell 5: Litteraturstudie resultat. ....	20
Tabell 6: Datagenerering. ....	28
Tabell 7: Data Infrakit. ....	35
Tabell 8: IDDS om integrerte prosesser. ....	50
Tabell 9: IDDS, samarbeid mellom mennesker. ....	51
Tabell 10: IDDS, teknologi. ....	51
Tabell 11: Automatisert prosess. ....	54
Tabell 12: Automatisert samarbeid mellom mennesker. ....	55
Tabell 13: Automatisert teknologi. ....	55

# Forklaringer

Stuff	Den innerste veggen i tunnelen.
Sikringsklasse	Stabilitetssikring i tunnel er oppdelt i ulike sikringsklasser som viser sikringsomfang og sikringsmetoder.
Geomatikk	Et fag som jobber med stedfestet informasjon. De samler inn, visualiserer og anvender disse dataene.

# 1. Innledning

Kostnad, tid og omfang av byggeprosjekter viser seg å være noen av de viktigste parametere for suksess (Balali, Valipour, Antucheviciene, og Šaparauskas, 2020). Klarer man å predikere kostnader riktig og nøyaktig i hele fremdriften av et byggeprosjekt vil det gi prosjektleder en sjanse til å identifisere om det trengs revisjoner i planer for å hente maksimal nytte av ressurser (Balali *et al.*, 2020). I kontrollstadiet av byggeprosjekt må man kunne koordinere menneskelige ressurser, materialer, utstyr, tid og kostnad bestemt for å oppnå målene som er satt (Aronés, Mendoza, Rodriguez, Ramirez, 2021). Aronés *et al.* (2021) sier den tradisjonelle metoden for overvåking av fremdriften er å samle informasjon ute i felt, dokumentere denne informasjonen manuelt og deretter digitalisere den ved hjelp av etablerte formater. Undertegnede forfatter kan relatere til at vi i Norge benytter en stor mengde manuelle sjekklister, som blant annet har blitt benyttet i både fremdriftsoppfølging og som dokumentasjon i prosjektplattformen eRoom til Statens vegvesen (Statens vegvesen, 2020a). Aronés *et al.* (2021) forteller videre at alle disse aktivitetene krever mye tid og ressurser som ofte kan bidra til forsinkelser og omarbeid, dermed vil produktiviteten for arbeidsteamet som overvåker fremdriften bli lav. You og Wu (2019) fremmer at det å benytte seg av den tradisjonelle metoden kan medføre vanskeligheter med deling av data og svak interoperabilitet, som igjen vil kunne føre til svakt beslutningsgrunnlag for ledelsen i prosjektet.

En type anleggsprosjekt som man stadig ser igjen i Norge er tunnelprosjekt. Disse har tidligere vært mest populære å bygge i forbindelse med kraftverk, men man ser nå at tunnelene kommer mer og mer som en del av infrastrukturen. Grunnen til dette er at tunneler kan gi bedre og mer økonomiske løsninger (Hugseth og Nordahl, 2020), samt at det kan gi sikrere veger på områder med rasfare (Statens vegvesen, 2020b). Denne tunnelbransjen er nå i ferd med å digitaliseres, der det blant annet har blitt lagt stort fokus på hvordan dataene kan samles inn, systematiseres og anvendes for å forbedre utførelse, rapportering, oppfølging, HMS, planlegging og logistikk i bransjen (Grøv, Strømsvik og Van Oosterhout, 2020).

I forelesning ledet av professor Johansen (2020) ble metodikken inntjent verdi introdusert. Han fortalte at dette er en metodikk som i stor grad blir benyttet i utlandet med suksess, men lite her i Norge. Rolstadås, Johansen, Olsson og Langlo (2020) fremmer at dette er en metodikk som sammenstiller prosjekterte og produserte data over tid og kostnader i bygge- og anleggsprosjekter. Videre sier de at det blir beregnet planlagt verdi, faktisk verdi og inntjent verdi med metodikken (Rolstadås *et al.*, 2020).

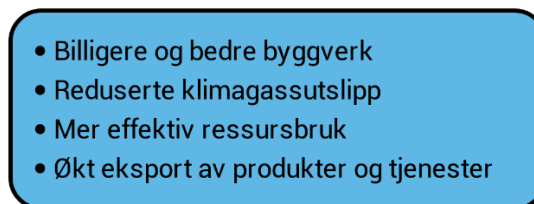
På grunnlag av at anleggsnæringen nå i økende grad ser verdien av å benytte seg av digitale hjelpemidler, samt at inntjent verdi tilsynelatende kan være en potensiell bidragsyter til å få en bedre forståelse for fremdriften i tunnelprosjekt, går denne oppgaven i dybden i å se på hvordan bruk av inntjent verdi metodikk kan bedre prosjektoppfølging i tunnelprosjekter.

## 1.1 Bakgrunn

### 1.1.1 Digitalt veikart

Byggenæringen er i en omfattende digitaliseringsfase der teknologisk utvikling radikalt har endret hvordan man jobber, samhandler og kommuniserer. Det har derfor blitt opprettet dette veikartet for å føre byggenæringen på en riktig vei til målet - som er å få en heldigitalisert bygge- og anleggsnæring. Med dette menes at man skal sikre en konkurransedyktig og bærekraftig næring, og ikke bare digitalisere for digitaliseringens skyld (Byggenæringens Landsforening, 2017).

Sentrale effekter som Byggenæringens Landsforening (2017) mener man kan høste av heldigital planlegging, utførelse og drift med digitalt støttede arbeidsprosesser er samlet inn i figur 1 av undertegnede:



**Figur 1: Effekter digitalt veikart.**

I veikartet blir det beskrevet at det finnes flere innovasjonsnivåer ved digitalisering:

1. Automatisering og effektivisering
2. Gjøre eksisterende prosesser på en ny måte
3. Gjøre nye ting på en ny måte (Byggenæringens Landsforening, 2017, s.29)

Nivå 1 fremmer mulighetene man har for å fortsette arbeidet og prosessene som er i dag, men med økt hjelp fra teknologiske verktøy. Ved dette menes at man utfører de samme oppgavene, men på en mer effektiv måte (Byggenæringens Landsforening, 2017).

Nivå 2 inneholder en grad av innovasjon. Her blir de eksisterende arbeidsprosessene fortsatt gjennomført, men ved hjelp av for eksempel andre aktører og andre rekkefølger. Dette fører til bedre og mer effektive prosesser (Byggenæringens Landsforening, 2017).

Nivå 3 betyr at alt blir endret fullstendig, og for å nå dette må alle eksisterende rammer og grensesnitt nullstilles. For å nå dette målet må man fokusere på hva kunden egentlig ønsker og trenger slik at man kan finne nye og bedre måter for gjennomføringen (Byggenæringens Landsforening, 2017).

Byggenæringens Landsforening (2017) har klare mål om å ta ut store effekter gjennom digital transformasjon og utvikling av smarte bygg/infrastruktur frem mot 2025. Deres mål er 33% lavere kostnader, 50% raskere leveringstid, 50% mindre klimagassutslipp og 50% reduksjon i gapet mellom total eksport og total import for konstruksjonsprodukter og materialer.

## 1.2 Mål og forskningsspørsmål

Oppgavens formelle problemstilling lyder som følger:

### **Hvordan kan bruk av inntjent verdi bedre prosjektoppfølgning i tunnelprosjekter?**

For å besvare problemstillingen er det formulert tre forskningsspørsmål:

1. Hvilke fordeler og ulemper medfører beregning og benyttelse av inntjent verdi?
2. Hvordan er informasjonsflyten av fremdriftsdata i dag hos utførende aktør?
3. I hvilken grad er det hensiktsmessig å bruke de tilgjengelige fremdriftsdataene i dagens tunnelprosjekt i inntjent verdi-metodikk?

Det første forskningsspørsmålet søkte å besvare hvilke fordeler og ulemper beregning av inntjent verdi gir på generell basis og dannet et grunnlag for forståelse av metodikken for videre gjennomførelse av oppgaven. Forskningsspørsmål 2 så på hvordan informasjonsflyten av fremdriftsdata er hos utførende aktør i dag. I begrepet fremdriftsdata menes data som viser de reelle kostnadene og den reelle fremdriften i prosjekter. I forskningsspørsmål 3 ble det søkt å finne svar på om det er hensiktsmessig å bruke de tilgjengelige dataene i inntjent verdi, slik at det man kunne kartlegge om det er mulig å utføre inntjent verdi beregninger med det datagrunnlaget som er tilgjengelig i tunnelprosjekt i dag.

## 1.3 Avgrensninger

Denne oppgaven er avgrenset til tunnelprosjekt med bor og spreng metoden (drill and blast) og ikke tunnelboremaskin. I tillegg er det avgrenset til prosessene frem til tunnelen har fått et gjennomgående hull.

Det er også valgt å ikke hente inn data over det prosjekterte grunnlaget i observasjonsstudiet og intervjuene, da dette ikke er kategorisert som det vanskelige å frembringe data over i inntjent verdi-metodikk.

## 1.4 Disposisjon

Disposisjonen i denne masteroppgaven går fra en generell til en spesiell del.

Kapittel 1 starter med å ta for seg oppgavens tema, og kapittel 2 gir en tilnærming av teori som er nyttig for videre fremgang i forskningsspørsmålene.

Kapittel 3 gir beskrivelse av metodene som har blitt benyttet.

Kapittel 4 viser litteraturstudie. Denne tilnærmingen går dypere inn i teorien av inntjent verdi og kartlegger fordelene og ulempene man kan høste av dette.

Kapittel 5 viser gjennomføringen av både et ikke-deltakende og deltakende observasjonsstudium hos Skanska på E69 Skarvbergtunnelen. Den ikke-deltakende studien ble utført for å kartlegge data og informasjonsflyten hos utførende aktør, og den deltakende for å se på bruken av disse for å kunne si noe om hvordan de kan benyttes i inntjent verdi metodikk. Her ble det ikke sett på kostnader.

Kapittel 6 er knyttet til forskningsspørsmål 2 og 3. Her er det utført et dybdeintervju av Skanskas prosjektleder på E69 Skarvbergtunnelen. Dette for å kartlegge informasjonsflyten og tilgjengeligheten de hadde til de reelle kostnadene i prosjektet.

Kapittel 7 er knyttet til både forskningsspørsmål 2 og 3. Dette inneholder et dybdeintervju av daglig leder av Infrakit for å kartlegge hvilke data og teknologi som er tilgjengelig i deres plattform.



## 1.5 Aktualitet i bransjen

BDO Norge sin omfattende bransjeanalyse i 2018 med over 12 000 deltagende selskaper vitner til at de siste årenes utvikling har presset de allerede lave marginene i både bygge- og anleggsbransjen enda mer ned. De forklarer videre at denne utviklingen gjør at bransjen havner mot kritiske nivåer av driftsmarginer som gjør at faren for konkurser er økende. Bakgrunnen for dette er høy konkurranse som har ført til at BDO stiller spørsmål om bransjen får nok betalt for risikoene som tas. Bransjen må derfor effektivisere prosjekter og redusere kostnader for å få opp dette marginnivået (Midttun, 2018).

I 2019 ble det på nytt utført en bransjeanalyse av bygg og anlegg med over 4000 selskaper i analysen. Resultatet ble at bygge- og anleggsbransjen nå hadde rekordlave marginer. De største entreprenørene med over 500 millioner kroner i omsetning hadde hele 2,3 prosent i gjennomsnittmargin i 2018 (Dalsegg og Lidsheim, 2019).

Som en del av løsningen til effektivisering forteller Midttun (2018) at bransjen har begynt å ta i bruk digitalisering og ny teknologi. Selv om dette er et faktum mener Midttun at bransjen fortsatt er konservativ. Hovedprosessene og verdikjedene er fortsatt lik på denne tiden som de var for mange tiår siden. De mener at det ligger muligheter innenfor overførsel av teknologi fra andre bransjer, og å finne nye metoder for å utføre aktivitetene på (Midttun, 2018).

Det ble i siste del av oppgaveskrivingen publisert i nyhetsbildet at vegvesenet nå skal ta i bruk en ny modell for beregning av byggetid for tunneler. Årsaken bak dette ble omtalt som uenigheter i bransjen for hvor lang tid det tar å ferdigstille enkelte tunneler i veiprojekter de siste årene. Det har i utvikling av denne modellen vært viktig å utføre en datainnsamling over erfaringsdata fra gjennomførte prosjekter. Av disse dataene ble det sett på nøyaktige tidsmålinger (Holmeid, 2021).

## 2 Teori

Dette kapittelet tar for seg grunnleggende teori av inntjent verdi, fasenormen Neste Steg, grunnleggende prosjektoppfølgning og prosjektplattformen VisionLink.

### 2.1 Inntjent verdi

Project Management Institute (2017) sa at inntjent verdi som metodikk er et viktig verktøy innenfor prosjektoppfølgning, da det gir et integrert perspektiv på omfang, tidsplan og kostnadsanalyse. Inntjent verdi sammenligner det prosjekterte grunnlaget med den faktiske fremdriften og de faktiske kostnadene. Det blir av dette dannet en ytelsesmåling av prosjektet i form av inntjent verdi (Project management institue, 2017).

Rolstadås et al. (2020) fortalte at verdi som i begrepet inntjent verdi er relatert til utførelse av prosjektet. Metodikken handler ikke om eksempelvis markedsverdi for prosjektets resultater eller verdien av prosjektet for organisasjonen eller aktøren. Med denne metodikken man får en god status på prosjektet, og ut fra beregningene kan det utarbeides prognoser for ferdigstillestid og kostnad, samtidig som man kan vurdere produktiviteten i prosjektet. Inntjent verdi lager og holder kontroll på planlagt verdi, faktisk verdi og inntjent verdi (Rolstadås et al., 2020).

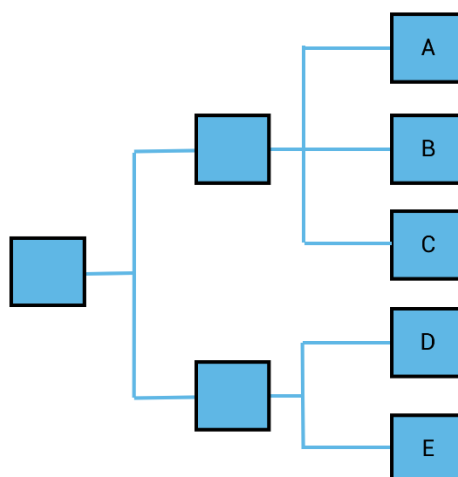
#### 2.1.1 Planlagt verdi

Planlagt verdi er en oppfølging som baserer seg på prosjektets prosjektnedbrytning, kostnadsestimat og fremdriftsplan. Her er X-aksen tiden og Y-aksen prosjektets arbeidsvolum.

For å fremme hvordan inntjent verdi blir utført, har forfatter laget et eget eksempel for beregningene av planlagt verdi, faktisk verdi og inntjent verdi som er basert på forklaringene hos Rolstadås et al. (2020). Dette eksempelet er gjennomgående for hele kapittel 2.1 for å forklare metodikken mest helhetlig.

#### Eksempel:

Som prosjektnedbrytningen viser i figur 2 er det fem aktiviteter. Disse er videre illustrert i fremdriftsplanen i Gantt-skjemaet i figur 3. Her er det estimert at varigheten for aktivitet A er en uke, B og C to uker, D en uke og E en uke.



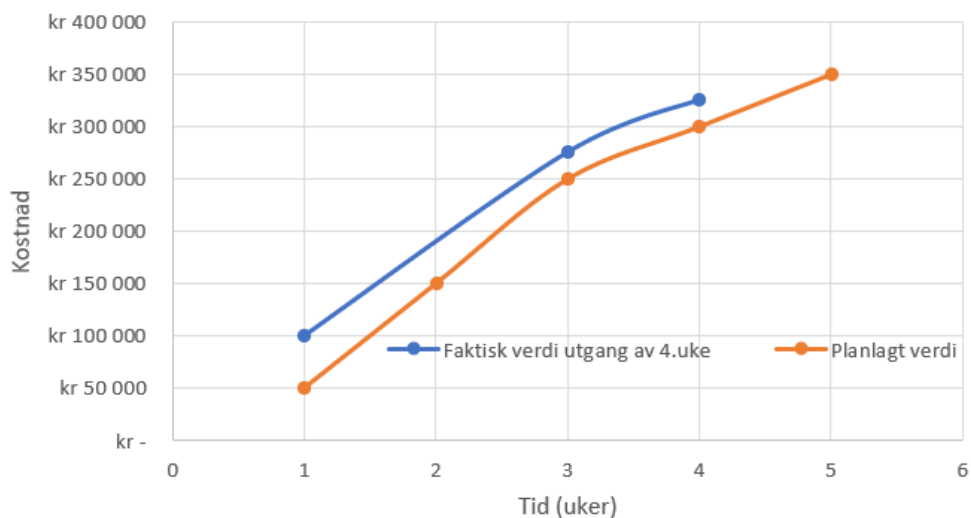
Figur 2: Prosjektnedbrytning.



**Tabell 2: Faktisk verdi.**

Påløpte kostnader for utgang av 4. uke				Faktisk verdi utgang av 4. uke			
Aktivitet	Planlagt	Påløpt		Uke	Aktivitet	Planlagt verdi	Påløpt/Faktisk verdi
A	kr 50 000	kr 100 000	➔	1	A	kr 50 000	kr 100 000
B	kr 100 000	kr 100 000		2	B,C	kr 150 000	
C	kr 100 000	kr 75 000		3	B,C	kr 250 000	kr 275 000
D	kr 50 000	kr 50 000		4	D	kr 300 000	kr 325 000
E	kr 50 000			5	E	kr 350 000	

Setter man opp kurvene for faktisk verdi og inntjent verdi sammen blir de seende ut slik som i figur 5 under. Ved å sette opp disse kurvene ved siden av hverandre ser man at den påløpte verdien er 25 000 kroner høyere enn det som var planlagt.



**Figur 5: Planlagt og faktisk verdi.**

### 2.1.3 Inntjent verdi

I inntjent verdi måler man hva som er faktisk utført og sammenligner dette med hva som er planlagt utført. Denne målingen vil da gi et ekte mål på fremdriften i forhold til planen målt i arbeidsvolum. For å beregne inntjent verdi må man vite den faktiske fremdriften i prosjektet. Man trenger å vite hvor langt de ulike aktivitetene har kommet og hvilke aktiviteter som er fullført og avsluttet (Rolstadås *et al.*, 2020).

#### Eksempel:

	i	Ak	Aktivitet	Varighet	Start	Slutt	Foregående aktiviteter	08. feb. 21		15. feb. 21		22. feb. 21		01. mar. 21		08. mar. 21	
								f	l	s	m	t	f	l	s	m	t
1	✓	➔	A	6 dager	ma 08.02.21	sø 14.02.21		█									
2	✓	➔	B	11 dager	ma 15.02.21	sø 28.02.21	1		█								
3		➔	C	11 dager	ma 15.02.21	sø 28.02.21	1			█							
4		➔	D	6 dager	ma 01.03.21	sø 07.03.21	3				█						
5		➔	E	6 dager	ma 08.03.21	sø 14.03.21	4					█					

**Figur 6: Fremdrift 4. uke.**

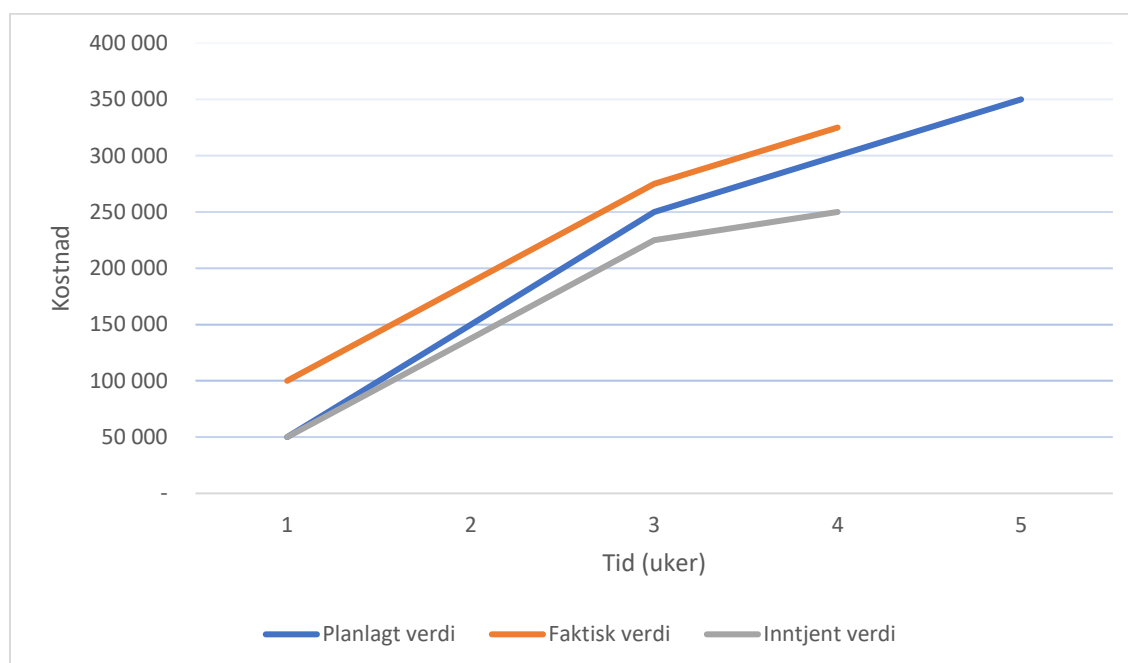
I figur 6 ses fremgangen i utgangen av den fjerde uken i et Gantt-skjema. Her er aktivitet A og B fullført, C er 75% og D er bare 50% fullført. Ifølge fremdriftsplanen skulle A, B, C og D vært ferdig. Tabell 3 viser til venstre at aktivitet A fikk en inntjent verdi på 50 000, selv om faktiske kostnaden ble 50 000kr dyrere. Aktivitet B ble fullført

etter planen, derfor fikk den samme inntjent verdi som planlagt kostnad. Aktivitet C var bare 75% ferdig, derfor var den inntjente verdien 75% av den planlagte kostnaden.

**Tabell 3: Inntjent verdi.**

Aktivitet	Planlagt Varighet (Uker)	Planlagt kostnad	Faktisk Kostnad	Inntjent verdi etter uke 4		Uke	Planlagt verdi	Faktisk verdi	Inntjent verdi
A	1	kr 50 000	kr 100 000	50 000		1	50 000	100 000	50 000
B	2	kr 100 000	kr 100 000	100 000		2	150 000	-	-
C	2	kr 100 000	kr 75 000	75 000	→	3	250 000	275 000	225 000
D	1	kr 50 000	kr 50 000	25 000		4	300 000	325 000	250 000
E	1	kr 50 000				5	350 000	-	-

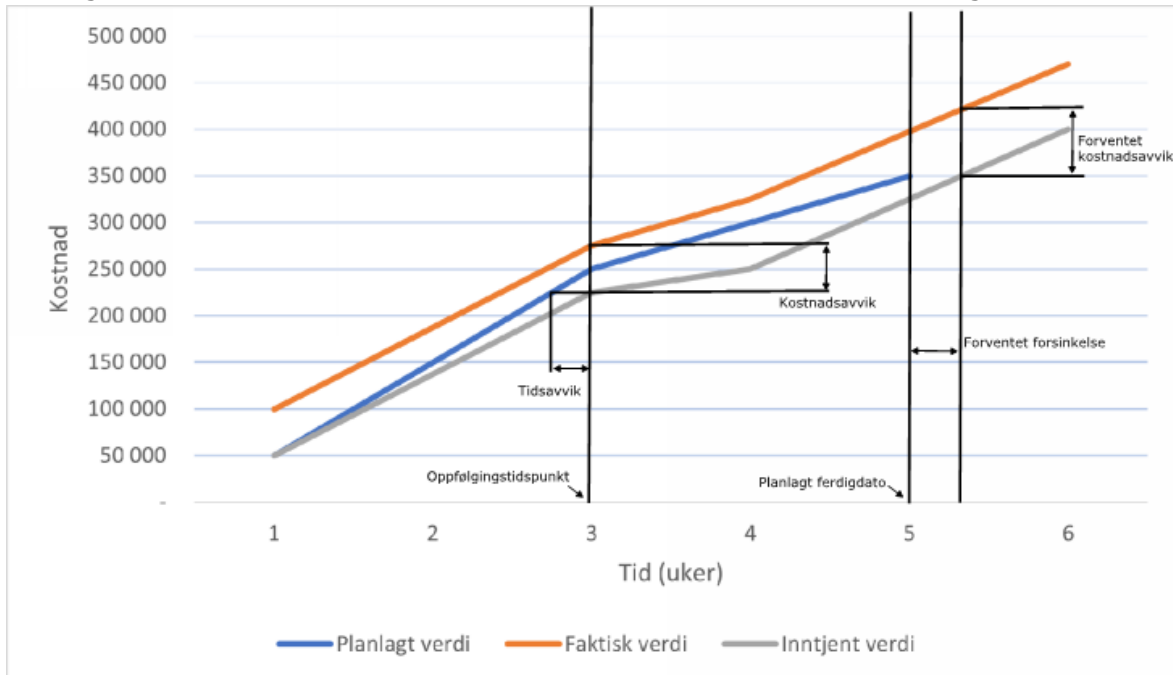
Kostnadmessig ser det ut til å være i rute med aktivitet C, da denne har faktisk kostnad som står i stil med hvor mye arbeid som gjenstår for å få fullført aktiviteten. Tabell 3 viser til høyre at den akkumulerte verdien til inntjent verdi til hver av de ukene sammen med planlagt og faktisk verdi. Totalt når alle beregningene for planlagt verdi, faktisk verdi og inntjent verdi er beregnet blir kurvene seende ut som illustrert i figur 7.



**Figur 7: Planlagt, faktisk og inntjent verdi.**

Rolstadås et al. (2020) fortalte at når tendensen til prosjektet er dannet, er det mulig å utarbeide prognoser for sluttresultatet. Dette gjøres ved å forlenge grafen til inntjent verdi til den når den planlagte kurven for prosjektet. Man antar da at fremdriften vil være lik i fremtiden som det den har vært tidligere i prosjektet. På denne måten får man en konkret prognose for tidsbruk til aktivitetene er gjennomført. Likeså blir det når man

forlenger faktisk verdi slik at man ser kostnadene. Dette er illustrert i figur 8.



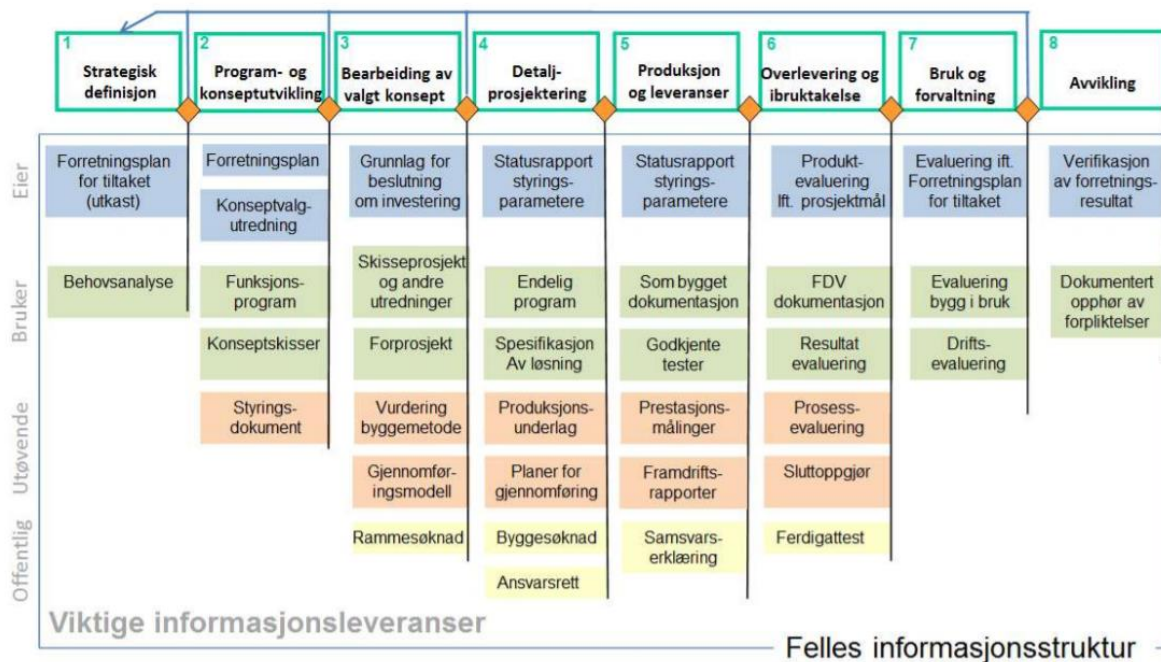
**Figur 8: Prognose.**

Denne figuren viser at man kan enkelt hente ut tidsavvik, kostnadsavvik, forventet forsinkelse og forventet kostnadsavvik ved i prosjektet. Med dette som ressurser kan man revidere planene sine etter hvert. Det finnes videre flere muligheter for hvordan man kan benytte seg av denne metodikken, man kan blant annet kartlegge produktivitetsutvikling, tendensutvikling og ressurspådrag (Rolstadås *et al.*, 2020).

Det som blir beskrevet å være essensielt og spesielt utfordrende er å finne konkret hvor langt prosjektet faktisk har kommet (Rolstadås *et al.*, 2020).

## 2.2 Fasenormen - Neste steg

For å kunne bidra til en økt forståelse for leseren for hvor man er i byggeprosessen, samt ta del i dugnaden med å implementere og fremme Neste Steg som en felles fasenorm i byggenæringen, har dette rammeverket blitt benyttet gjennomgående i denne oppgaven for beskrivelse av ulike faser av prosjekter. Dette er et «felles rammeverk» som er dannet av en arbeidsgruppe ved NTNU som har vært tilknyttet til et program i Prosjekt Norge. Selve grunnen for etablering av dette rammeverket er at den norske byggenæringen har blitt svært fragmentert i byggeprosess. Det som legges i dette er at mange ulike aktører skal samarbeide om et produkt. Ønsket med denne fasenormen er at alle aktører i byggeprosjekt kan bruke denne for å få et effektivt og felles språk i byggeprosessene her i Norge. Neste Steg beskriver byggeprosessen gjennom åtte ulike steg. Disse strekker seg fra start til avvikling. For hver av alle disse åtte stegene må man ta en endelig beslutning for at man kan gå til neste steg (Bygg21, 2015).



**Figur 9: Neste Steg (Bygg21, 2015, s.4).**

I figur 9 ser man alle hovedtrekkene beskrevet. Videre ser vi på loddrett venstreside at man har inndelinger i 4 ulike perspektiver. Det er eierperspektiv, brukerperspektiv, utøvende perspektiv og det offentlige perspektivet. Dette er blant annet laget for at brukere skal kunne forstå hvilken informasjon som trengs i hvert steg. Blant disse blir det blant annet fortalt at det utøvende perspektivet skal sikre at prosjektet gjennomføres på best mulig måte med tanke på produktivitet og effektivitet, og er de som utfører i henhold til den informasjonen de har fått (Bygg21, 2015).

Dette rammeverket skal lede til:

- Bedre informasjonsflyt mellom aktørene
- Øke produktivitet og verdiskapning
- Øke forståelsen for ulike perspektiver og helheten
- Felles begrepsbruk for bygg- og anleggsprosjekter (Bygg21, 2015, s.5)

Neste steg legger stor vekt på informasjonsflyt i byggeprosessen. Dette forklares med å være essensielt for å bevege seg mellom stegene. Riktig informasjon fra forrige steg må være på plass før man kan starte på det neste steget i byggeprosessen. På samme måte må riktig output være på plass før steget kan bli avsluttet. For at de ulike parter kan bevege seg mellom stegene må det også være riktige leveranser på plass. Leveranser er informasjonsbærere, som kan være en modell, et dokument eller noe annet i form av fysisk resultat. Neste steg har fastsatt hvilken informasjon som bør finnes ved avslutningen av stegene, men utover det er det umulig å standardisere dette for hele bygg- og anleggsnæringen (Bygg21, 2015).

## 2.3 Grunnleggende prosjektoppfølging

Det er under oppfølgingen det spesielt er viktig å registrere eventuelle avvik og iverksette nødvendige korrektive tiltak for å nå mål innenfor tids- og kostnadsrammer (Rolstadås *et al.*, 2020).

Man ønsker å ha motiverte og faglig dyktige medarbeidere i prosjekter. På grunn av dette er det viktig at det er skapt mål som er synlige underveis i prosjektet. Dette for å holde tritt med fremdriften, og for at medarbeidere skal føle mestring og realisering av personlige mål. De sier videre at det er tre aspekter som må planlegges og følges opp. Det er prosjektets arbeidsomfang (konkrete oppgaver og ressursbehov for disse), prosjekttiden og prosjektkostnadene (Rolstadås *et al.*, 2020).

Dette leder til styringsvariablene som skal betraktes:

- Arbeidsomfang
  - Tid
  - Kostnad
- (Rolstadås, Johansen, Olsson og Langlo, 2020, s.59)

Å observere og holde kontroll over prosjekt inneholder aktivitetene sporing, gjennomgang og rapportering av den den helhetlige fremdriften. Fordelene med dette er at det åpner opp for at ledelse bedre kan forstå hvordan prosjektets tilstand er og kan se hvilke handlinger som kan løse ytelsesproblemer. I tillegg kan man predikere videre utvikling i prosjektet med tanke på kostnader og tidsbruk (Project management institue, 2017).

Når gjennomføringsfasen har begynt startes også oppfølgingen av prosjektet. Her følges det opp tidsfremdrift, kostnadsutvikling og hvordan fremdriften er i hver enkelt kontrakt. Alt dette gjøres med utgangspunkt i prosjektets planer og mål, slik at det er mulig å identifisere avvik fra det som er planlagt til det som er utført. På denne måten kan man utføre korrektive tiltak. Prosjektoppfølgingen handler i stor del om å kartlegge når prosjektet blir ferdig, hvilke kostnader som påløper og kvaliteten på leveransen (Rolstadås *et al.*, 2020).

For å utføre prosjektoppfølgingen må man ha noe som beskriver omfanget av arbeidet. Dette kan for eksempel være tonn, meter og lignende. Negative med dette er at man får da ulike måleenheter på ulike oppgaver. Et alternativ for dette er å måle antall timeverk på hver oppgave. På denne måten vil man kunne få en felles måleenhet å forholde seg til (Rolstadås *et al.*, 2020).

For å finne antall timeverk i en oppgave, må det gjøres en mengdeberegning med det fysiske antallet - for eksempel antall meter rør. For å få timeverket for fremtidige aktiviteter må det gjøres en estimering. Denne estimeringen vil bli hentet fra bedriftens estimeringsdatabase, og vil bli en slags standard for timebehovet for den typiske arbeidsoppgaven. Man sier i slike tilfeller at ressursbehovet blir uttrykt i standard timeverk. Denne metoden vil også bidra til å forenkle beregningsprosessene for det totale personellbehovet (Rolstadås *et al.*, 2020).

Det er ikke alle gangene hensiktsmessig å regne med standard timeverk på omfanget. Det blir derfor også brukt noe som blir kalt standard kroner. Da setter man en pengeverdi på den gitte oppgaven. Der maskiner er innblandet kan det være hensiktsmessig å benytte måleenheter som er knyttet til utstyrets ytelse i tillegg til pengeverdien (Rolstadås *et al.*, 2020).



Store revisjoner blir utført på opprinnelig prosjektnekbrytning (WBS), tidsplan og referanseestimat. Små endringer blir utført gjennom i den gjeldende prosjektnekbrytningen, tidsplan og referanseestimat. I tillegg til dette må også hver enkelt kontrakt følges opp. Det skjer med utgangspunkt for tid, omfang og kostnad for den spesielle kontrakten, og viktige faktorer å følge opp er tilleggsarbeider, milepæloppnåelse og bruk av prosjektreserve (Rolstadås *et al.*, 2020).

## 2.4 Prosjektplattform - VisionLink

En stor ressurs med tanke på dataproduksjon i anleggsprosjekt er anleggsmaskiner og deres GPS-systemer. Med utgangspunkt i dette har det blitt sett på VisionLink som et supplement til intervju med Infrakit.

VisionLink er en serie med applikasjoner fra Trimble som er designet for å hjelpe mennesker i anleggsbransjen med tungt utstyr med å oppnå bedre resultater. De bruker telematikkdata fra maskiner for å gi en mer helhetlig oversikt over alle maskiner på anleggsplassen. De sikter på å øke produktiviteten og lønnsomheten samtidig som at ledelsen kan få bedre beslutningstaking. De har nå en serie med seks applikasjoner for å kunne dra mest nytte av all dataene fra anleggsmaskiner. Disse er Unified fleet, Unified service, Unified productivity, Administrator, Landfill og 3D ProductivityManager (VisionLink, u,å).

Unified Fleet viser skjermbilder av lokasjoner på maskinene og inkluderer timebruk, mil kjørt, drivstoffbruk, tid på tomgang og hvem som eier de forskjellige maskinen. Unified Service lagrer tilstands- og vedlikeholdsinformasjon på hver maskin og leverer en full oversikt over slitedeler på maskinene. Ved hjelp av dette kan man bedre planlegge vedlikehold for å redusere driftsstans. Unified Productivity overvåker nyttelastvolumer, materialbevegelsesdata, lasstellinger og syklustider. Administrator er en slags hovedapplikasjon der man kan administrere eiendelsinnstillinger, brukere, rapporter, varsler, grupper og prosjekter. Landfill er en applikasjon som er tiltenkt til hvor man skal plassere masser. Her reklameres det med bedre komprimering og maksimering av levetiden til fyllplassen. 3D Productivity Manager gir en full oversikt over graving og fylling, volum og komprimeringsdata for å kunne gi bedre beslutningsgrunnlag. Man kan her kombinere målings- og prosjekteringsdata med maskindata (VisionLink, u,å).

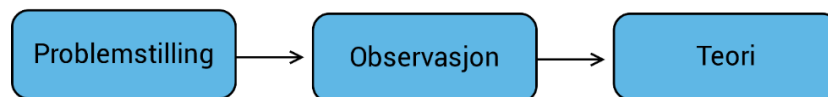
## 3 Metode

Metoden i oppgaven baserte seg på en litteraturstudie om fordeler og ulemper med inntjent verdi metodikk, et deltakende og ikke-deltakende observasjonsstudie av Skarvberg tunnelen og to intervju av leder for Infrakit Norge og prosjektleder for Skarvberg tunnelen.

### 3.1 Induktiv tilnærming med kvalitative data

Problemstillingen i denne oppgaven la opp til en induktiv tilnærming. Da går man fra empiri til teori. I en slik studie ønsker man å observere problemstillingen for å kunne skape en teori om fenomenet, i motsetning til deduktiv fremgangsmåte som tar utgangspunkt i teori. I en induktiv studie skaffer man seg erfaring gjennom å prøve og feile, og man gjør observasjoner av tidligere funn for å si noe om fremtiden (Sander, 2020).

Basert på Sander (2020) sin beskrivelse av induktive og deduktive studier ble det av forfatter laget en fremstilling som viser induksjon i denne oppgaven. Denne er vist i figur 10 og forklart under.



**Figur 10: Induktiv tilnærming.**

Forfatter hadde først en problemstilling som var ønskelig å løse. For å løse denne ble det utført observasjon i form av litteraturstudium, observasjonsstudium og intervju. Dette skaffet nok data til at forfatter til slutt kunne sammenstille en teori om fenomenet.

Tilnærmingen til teori og empiri har avgjort at oppgaven trengte kvalitative data for å besvare problemet. Dette er data som ikke kan tallfeste eller uttrykke seg i form av tall (Andersen, 2019). Det vil si at forfatter gikk i dybden på det smale feltet som i denne sammenhengen er inntjent verdi. Det ble her forsøkt å finne ut hvordan denne metodikken har blitt oppfattet og hvilke grunner som har blitt oppgitt for å handle slik som de gjør (Andersen, 2019).

Andersen (2019) beskriver at dette er en god metodikk å benytte seg av hvis forsker skal undersøke et tema han eller hun ikke har mye forhåndskunnskaper om. Det har vært glidende overganger mellom trinnene i gjennomføringen, problemstillingen har blitt presisert og endret underveis, tolkning og analyse har blitt utført gjennom hele prosessen og det har blitt lagt vekt på et dybdeperspektiv. Et dybdeperspektiv vil si at man ønsker mye informasjon av få personer. De mest kjente metodene for å produsere data i en slik forskningsprosess er observasjon, intervju og kvalitative analyser av tekster (Andersen, 2019).

### 3.2 Epistemologi

Forfatters utgangspunkt innenfor epistemologi er positivisme. Her menes det at verden kan forstås nøytralt og objektivt, og empirien som har blitt samlet inn skal være fri for spekulasjoner og tolkninger. Denne empirien skal gi et «sant» bilde av verden. Forfatter har en mening om at den absolutte sannheten finnes, og den ligger der og venter på å bli oppdaget. Ønsket har her vært å slå bro mellom mennesket som et erkjennende subjekt og at verden utenfor som erkjennbare objektive ting med egenskaper. For å gjøre dette

fjerner man all kunnskap som er ikke-vitenskapelig og renser språket for å få den mest objektive beskrivelsen av verden (Sander, 2019c).

### 3.3 Validitet og reliabilitet

Det er viktig at forfatter og leser har lik forståelse av begrepene validitet og reliabilitet for at forfatter videre kan diskutere begrepene.

Høy validitet og reliabilitet er viktig for ethvert forskningsprosjekt. Validitet betyr gyldighet/relevans og sier beskriver til hvilken grad instrumentet/studien/forsøket måler det vi ønsker å måle. Grunnen til at man måler validitet er at studier gjennomføres for å fremskaffe et beslutningsgrunnlag. Dette krever at dataene er riktig og gode nok til at man kan gjøre en god beslutning (Sander, 2019b).

Reliabilitet er et mål for undersøkelsens målesikkerhet og pålitelighet. Man kan da spørre seg om man måler den virkelige situasjonen og om andre vil komme frem til de samme resultatene. Høy reliabilitet vil derfor si at alle skal komme frem til tilnærmet identiske resultat hvis de utfører uavhengige målinger av samme fenomen. Etterprøvbareheten må derfor være god hvis man skal ha høy reliabilitet (Sander, 2019a).

### 3.4 Sammenheng mellom forskningsspørsmål og metoder

For å vise forholdet mellom metode for studiene og besvarelse av forskningsspørsmålene ble tabell 4 laget. Her vises forholdet med fargekoder.

Forskningsspørsmålene er gjentatt under med navn FS1 til FS3:

FS1: Hvilke fordeler og ulemper medfører beregning og benyttelse av inntjent verdi?

FS2: Hvordan er informasjonsflyten av fremdriftsdata i dag hos utførende aktør?

FS3: I hvilken grad er det hensiktsmessig å bruke de tilgjengelige fremdriftsdataene i dagens tunnelprosjekt i inntjent verdi metodikk?

**Tabell 4: Forhold mellom forskningsspørsmål og type studie.**

Kapittel	Metode	FS1	FS2	FS3
4.	Litteraturstudie			
5.1.1	Observasjonsstudie: Ikke-deltakende			
5.1.2	Observasjonsstudie: Deltakende			
7.	Intervju: Faktiske kostnader i tunnelprosjekt			
8.	Intervju: Prosjektplattform hos Infrakit			

Fargekodene indikerer:

Høy relevans	
Middels relevans	
Lite relevans	

Tabell 4 sier at litteraturstudiet har høy relevans for besvarelse av forskningsspørsmål 1, lite relevans for forskningsspørsmål 2 og middels for forskningsspørsmål 3. Det ikke deltakende observasjonsstudiet har høy relevans for besvarelse for forskningsspørsmål 2 og 3, men ikke forskningsspørsmål 1. Slik er alle studiene beskrevet videre i tabell 4.

## 3.5 Litteraturstudie

Det ble valgt å benytte et litteraturstudium for besvarelse av forskningsspørsmål 1:

- Hvilke fordeler og ulemper medfører beregning og benyttelse av inntjent verdi?

En alternativ metode for å svare på dette forskningsspørsmålet var å utføre en casestudie i et tunnelprosjekt der inntjent verdi blir benyttet. Siden forfatter ikke hadde tilstrekkelig kunnskap om metodikken, samt ikke hadde tilgang til et prosjekt med absolutt all data, ble denne metoden valgt bort i frykt for at validiteten ikke ville bli god nok.

Et litteraturstudium er en omfattende studie og tolkning av litteratur som omhandler et bestemt emne (Aveyard, 2010). I denne studien har det blitt søkt og analysert relevant litteratur på en systematisk måte. Dette blir forklart av Pedersen (2018) til å gi ny innsikt i emnet som bare kan oppnås ved at man ser hver relevant informasjon i kontekst med en annen informasjon. For å sikre oppgavens reliabilitet har forfatter lagt stor vekt på å vise fremgangsmåten for studiet.

Det er valgt å innhente oppdatert litteratur fra hele verden for å få et godt bilde av «State of Art» i dag. Det er ikke valgt å avgrense søket til f.eks. Europa, da forfatter ville se helheten av emnet uavhengig av hvor langt teknologisk frem landene hadde kommet. Den informasjonen som har blitt innhentet trenger nødvendigvis ikke å være gjeldende for Norge på nåværende tidspunkt, men man vil kunne finne metodikk og teori som kan være nyttig å lære av.

### 3.5.1 Søkeplattform

Som søkeplattform for litteraturstudien er Scopus blitt benyttet. Denne plattformen er beskrevet som en kildenøytral og abstrakt siteringsdatabase som er laget av uavhengige fagekspertter. Den kan generere presise sitatresultater og beskytter integriteten til den vitenskapelige litteraturen (Scopus, 2019).

### 3.5.2 Avgrensninger

Søket startet med søkeordene «Earned Value». Dette ga 876 resultater i Scopus. Det ble så avgrenset til årene 2021, 2020, 2019 og 2018 som resulterte i 180 dokumenter. Grunnen til denne avgrensningen var for å få mest mulig oppdatert litteratur om emnet. Da 180 dokumenter fortsatt var en for stor mengde krevdes det en ytterligere avgrensning i søket. Det ble derfor lagt inn søkeordet «success» som ga 49 dokumenter. Et eksklusjonskriterium som ble benyttet på disse 49 dokumentene var at tekstene skulle omhandle byggebransjen. For å utføre dette ble det lest overskrift og abstrakt. Det ble prøvd å søke på «disadvantages» eller «improvements», men dette ble ikke benyttet da det ga for få resultater som omhandlet bygge- og anleggsbransjen.

Det ble valgt å ikke søke konkret på tunnelprosjekter da dette ga vesentlig mindre resultater omhandlende metodikken. En annen grunn er at inntjent verdi er en metodikk som både brukes i bygge- og anleggsprosjekter, og kan inneholde erfaringer som er nyttig å dele mellom næringene.

### 3.5.3 Kildekritikk

Kildekritikk er en essensiell del av litteraturstudiet. Det har derfor blitt lagt stor vekt på dette gjennom benyttelse av TONE-metodikken. Denne setter spørsmål på troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet for hver enkelt kilde. Troverdighet spør om kilden er til å stole på. For å finne ut om kilden er troverdig har det derfor blitt sett på hvem

som er ansvarlig for teksten, om det ligger noen institusjon bak, om det er oppgitt kontaktinformasjon og hvilket tidsskrift det er. For å se om kilden er objektiv har det blitt sett på hvem det er som har skrevet teksten, har han eller hun noen interesser som kan påvirke saken i en retning, er data i samsvar med annen forskning, finnes det flere sider av saken og er det tydelig at han eller hun prøver å overtale mot noe. For å se om kilden er nøyaktig har det blitt sett på om teksten har mye skrivefeil, juks, slurv og hvordan forskningsmetodikken har vært. For eksempel ble det sett på om metodikken er godt forklart, om dataene er oppdatert og om informasjonen kan bli bekreftet av andre kilder. For å undersøke kildenes egnethet for denne studien ble det stilt spørsmål om dataene er relevant, og om de kan kaste nytt lys over problemstillingen (NTNU, 2017).

Fra de 49 dokumentene som ble funnet gjennom avgrensninger på søket, ble det sjekket for egnethet ved å lese titler og lett lesing av abstrakt for tekstene. Dette resulterte i en ytterligere uttynning av antall kilder som havnet på 18 dokumenter. For en videre uttynning av antall kilder ble det lest abstrakt nøye i alle de 18 tekstene. Komplett tabell med de kildene som ble benyttet er oppsatt i starten av kapittel 4. Litteraturstudie.

### 3.6 Observasjonsstudier

Det ble benyttet en ikke-deltakende og deltakende studie for å besvare forskningsspørsmål 2 og 3. Skillet mellom deltakende og ikke-deltakende observasjoner er at i ikke-deltagende observasjoner (rene observasjoner) observerer forskeren andre mennesker uten at han eller hun deltar selv (Fange, 2015).

For besvarelse av disse forskningsspørsmålene ble det også vurdert om det ville være hensiktsmessig å heller benytte litteraturstudie. Dette ble valgt bort med hensyn på at det var vanskelig å innhente så spesifikk informasjon om flyten for dataene i et tunnelprosjekt. Det ble derfor konkludert med at et observasjonsstudie kunne innhente et bedre datagrunnlag som treffer forskningsspørsmålet på en mer korrekt måte.

Forfatter hadde et klart mål om å finne en anleggsbedrift som hadde kommet langt frem i digitaliseringen. Ut fra de uttalelser som har blitt kjent gjennom media og tidligere bedriftsbesøk, har det kommet frem at de største entreprenørene har hatt mye fokus på dette. De ga uttrykk for å ha ressurser både i form av personell og økonomiske midler til å bruke på effektivisering med digitale hjelpemidler. Ønsket om å utføre et observasjonsstudie i en stor bedrift var derfor stort. I tillegg var det et kriterium at forfatter i dette observasjonsstudiet skulle studere en bedrift som drev med tunneldriving.

Gjennom dialog med Skanska i tidligere sommerjobb ble det klart for forfatter at de hadde satt inn store ressurser på digitalisering. Skanska forteller også på deres hjemmesider at de er en bedrift som stadig søker etter områder hvor bruken av digitale verktøy og digitaliserte prosesser kan øke effektiviteten, kvaliteten og innovasjon i bedriftens utførelser (Skanska, 2017a). De er en meget stor og seriøs aktør som gjennom 100 år i tunnelbransjen har opparbeidet seg prosjekterings- og produksjonsteknisk spisskompetanse for bygging av tunneler (Skanska, 2017b). Disse observasjonsstudiene baseres derfor på informasjonsinnsamling hos Skanska på E69 Skarvberg-tunnelen.

### 3.6.1 Ikke-deltakende observasjonsstudie

Det ikke-deltakende observasjonsstudiet skulle se på hvordan informasjonsflyten for fremdriftsdata var hos Skanska. For å gjøre dette skulle derfor forsker observere både de praktiske oppgavene som genererte data ute i tunnelen, samt være inne på kontoret med funksjonærer for hvordan dataene blir tilgjengelige. Det ble derfor observert hvilke data som ble produsert i produksjonsfasen av prosjektet, samt kartlagt hvordan informasjonsflyten var til videre prosesser.

Dette studiet ble avgrenset til å ikke se på kostnader, da dette ville krevd for mye tidsbruk og ressurser fra Skanska for at forsker kunne bruke deres regnskapsprogram. Informasjonsflyten over kostnadene ble kartlagt i dybdeintervju med prosjektleder.

Grunnen for bruk av en ikke-deltakende studie kom av at det er vanskelig for forskeren å delta i alle produksjonsprosessene i et tunnelprosjekt. Det som forfatter likevel har vært oppmerksom på er at i en ikke-deltakende studie kan det være vanskelig å gripe mening bak det som blir sagt, og derfor ikke opparbeide noen god forståelse for det som foregår (Fange, 2015).

### 3.6.2 Deltakende observasjonsstudie

I det deltakende studiet skulle forfatter på samme tid observere og delta i prosess der fremdriftsdata blir benyttet. I denne studien ble det sett konkret på hvordan Skanska beregnet hvor mye mer tid som har påløpt i de ulike aktivitetene i tunnelprosjektet E69 Skarvberg tunnelen. I tillegg var det også viktig å se på hvordan informasjonsflyten fungerte frem til benyttelsen av disse dataene. Dette for å videre kunne si noe om de tilgjengelige dataene kan brukes i inntjent verdi-metodikk ut fra det som har blitt forklart i teorikapittelet og litteraturstudien, samt i hvilken grad det er hensiktsmessig.

Fange (2015) understreker at det er viktig å bemerke seg at i en slik studie kan forskeren fort bli for involvert som deltager slik at han eller hun risikerer at forskningen kommer i bakgrunnen. Dette har resultert i at forfatter har vært bevisst på å stoppe opp og reflektere over hva observasjonsstudiet nettopp trenger av data under forskningsprosessen i studiet. Forfatter har også bevisst hatt tanker i bakhode om at resultatet skal påvirkes minst mulig.

## 3.7 Intervju

Siden observasjonsstudiet ikke innhentet noen data for kostnadene, ble det utført et dybdeintervju med prosjektleder hos Skanska for å videre besvare forskningsspørsmål 2. I tillegg ble det også benyttet et dybdeintervju av daglig leder av prosjektplattformen Infrakit Norge for å hente inn andre perspektiv og løsninger for å finne ut i hvilken grad det er hensiktsmessig å kunne bruke de tilgjengelige fremdriftsdataene i inntjent verdi.

Det ble valgt dybdeintervjuer på grunnlag av at forskningsspørsmålene krevde kvalitative data. Strukturene på intervjuene var semistrukturert. Slik type intervju kan beskrives som en samtale mellom forskeren og deltakeren, der forskeren styrer (Andersen, 2020). På forhånd ble det laget en intervjuguide som er en plan for de temaer som ønskes å snakke om (Andersen, 2020).

### 3.7.1 Dybdeintervju med Skanska

Kriteriene for intervjuobjektet var at han/hun hadde god kontroll på kostnader i tunnelprosjekt.

Intervjuobjektet var Tor Gildestad som i lengre tid har vært prosjektleder i tunnelprosjekt hos Skanska. Han var på dette tidspunktet prosjektleder for E69 Skarvberg tunnelen, derfor var det hensiktsmessig å gjøre et intervju med han slik at resultatet kunne ses i sammenheng med resultatene i observasjonsstudiene.

Forfatter var vitende om at et intervju ikke ville gi så detaljert informasjon som ved et observasjonsstudie, men siden et observasjonsstudie ikke var mulig ble dette den beste metodikken for å kartlegge kostnadene.

Intervjuguide er vist i kapittel 6. Intervju – Faktiske kostnader i tunnelprosjekt.

### 3.7.2 Dybdeintervju med Infrakit

Kriteriene for intervjuobjektet var at han/hun måtte ha god kjennskap til datahåndtering på anlegg, vite hvilken data som produseres og ha kjennskap til tunnel.

Intervjuobjektet var Anders Tiltnes som er daglig leder for prosjektplattformen Infrakit. Dette er en plattform for anleggsprosjekter som blant annet kan hente inn data over sanntids fremdrift som høstes inn automatisk fra felt (Infrakit, u,å). Det gjøres ved å koble sammen maskindata og massetransport med fremdriftsplaner (Infrakit, u,å). Tiltnes er derfor en person som har god kontroll på hvilken data som produseres i anleggsprosjekt i dag. Det ble ikke bare sett på tunnelprosjekt på grunn av at forfatter ville se den tilgjengelige teknologien som var til stede som eventuelt kan benyttes i fremtiden i tunnelprosjekt.

Nærmere forklaring om intervjuguide og detaljer om intervjuet er vist i kapittel 7. Intervju – Prosjektplattform hos Infrakit.

## 3.8 Integrated Design and Delivery Solutions (IDDS)

For å analysere resultatet har det blitt benyttet IDDS. Dette rammeverket viser relasjoner mellom perspektivene mennesker, prosesser og teknologi. Det kan også ses på som en fellesbetegnelse på utvikling og implementering av en tjeneste eller et produkt, som i teorien kan være hva som helst. Man ser da på endringsdrivere, muliggjørere, barrierer og muligheter som elementer for implementering. Her er det også nyttig å se på tidsperspektiv. Mye av disse faktorene er opp til forfatter selv å definere, da bruken av rammeverket er veldig avhengig av hvilken situasjon man skal benytte det i (Owen, Amor, Dickinson, Matthjis, Kiviniemi, 2013).

Dette rammeverket har blitt benyttet for å analysere resultatene som er funnet i de tre studiene. For forskningsspørsmål 2 som spurte etter hvordan informasjonsflyten av fremdriftsdata er i dag hos utførende aktør, var det hensiktsmessig å se på relasjonene mellom mennesker, prosesser og teknologi for å skape en helhetlig forståelse over dagens situasjon. På samme måte har IDDS blitt benyttet for bearbeidelse av dataene til forskningsspørsmål 3 som spør i hvilken grad er det hensiktsmessig å bruke de tilgjengelige fremdriftsdataene i dagens tunnelprosjekt i inntjent verdi metodikk. Her har IDDS blitt benyttet som et rammeverk for å se på en eventuell implementering av inntjent verdi i tunnelprosjekt.

Denne metodikken vil være en del av diskusjonskapittelet som medfører at forfatters faglige vurderinger også er innhentet. Siden faktorene i høy grad er opp til forfatter selv

å definere har den ideelle situasjonen blitt beskrevet før benyttelse av IDDS i diskusjonskapittelet.



## 4 Litteraturstudie

Tabell 5 viser de fem tekstene som ble benyttet. Denne viser også nummerhenvisning til underkapitlene i denne oppgaven, tittel, kilde, tema/spørsmål, metode og land for hver tekst.

**Tabell 5: Litteraturstudie resultat.**

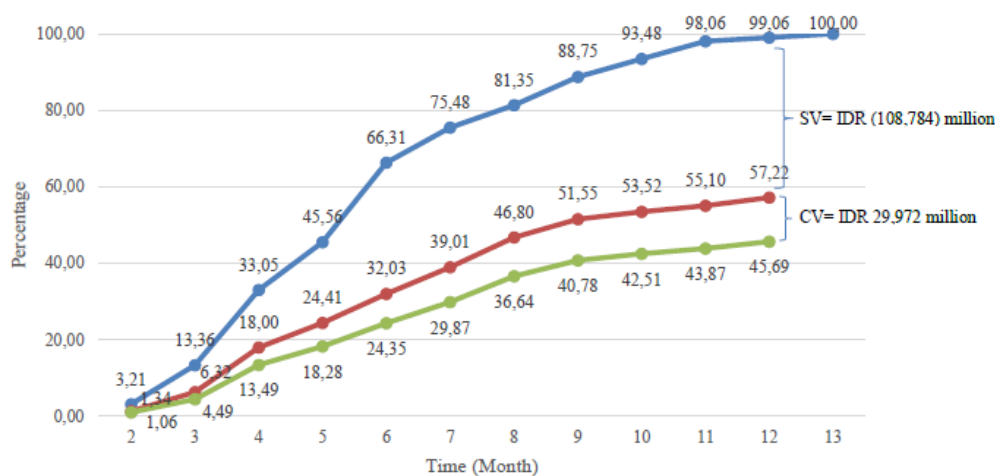
Nr.	Tittel og kilde	Tema/spørsmål	Metode	Land
4.1	Effective performance evaluation to estimate cost and time using earned value (Susilowati og Kurniaji, 2020).	Analyserer bruk av inntjent verdi for å evaluere ytelsen til prosjektet.	Observasjonsstudie	Indonesia
4.2	Applying earned value to construction projects (Al-Fadhli og Al-Bazaz, 2020).	Analyse av benyttelse av inntjent verdi i byggeprosjekt.	Litteraturstudie og casestudie	Tyrkia
4.3	Project Management Model: Integrating earned schedule, quality, and risk in earned value management (Miguel, Madria og Polancos, 2019).	Hvordan kan man videre integrere tidsplan, kvalitetsstyring og tidsstyring i inntjent verdi ledelse?	Litteraturstudie og casestudie	Japan
4.4	Conditions of success for earned value analysis in projects (Bryde, Unterhitzberger og Joby, 2018).	Hva er forholdene for suksess for inntjent verdi analyse?	Litteraturstudie og casestudie	Storbritania
4.5	Building information modeling 5D and earned value management methodologies integration through a computational tool (Cárdenas, Zapata og Lozano, 2018).	Viser forskning for å utvikle en programvare som tar sikte på å forbedre styringen av prosjektets prosjektplan og budsjett ved hjelp av BIM og inntjent verdi metodikk.	Litteraturstudie og casestudie	Colombia

## 4.1 Effective performance evaluation to estimate cost and time

Full tittel: Effective performance evaluation to estimate cost and time using earned value.

Susilowati og Kurniaji (2020) gjenforteller tidligere studier av Colin, Martens, Vanhoucke, Wauters (2015) og Espinosa-Garza, Loera-Hernández (2017) kartla at inntjent verdi kan føre til forbedret ytelse og praktisk dyktighet. Det blir også fremstilt som at inntjent verdi analyse vil informere ledelsen om ytelse og vil derfor muliggjøre mer effektive tiltak for å sikre gunstige resultater i prosjektet (Chen, Chen og Lin, 2016).

Dette ville de derfor se nærmere på, så i Susilowati og Kurniaji (2020) sin rapport undersøker de en direkte benyttelse av inntjent verdi-metodikk i byggeprosjekt i Yogyakarta. Her utførte de en direkte observasjon i felt i over 11 måneder av et byggeprosjekt. Dette for å evaluere ytelsen til prosjektet ved hjelp av inntjent verdi-metodikken. Resultatet kan ses i figur 11 der blå linje er planlagt verdi, grønn linje er faktisk verdi og rød linje er inntjent verdi.



**Figur 11: Graf (Susilowati og Kurniaji, 2020, s.8).**

Ved å analysere resultatet i figur 11 kunne de se at prosjektfremdriften viser at prosjektet opplever 41,48% forsinkelser. Kostnadmessig var CPI (Inntjent verdi delt på faktisk verdi) på 1.25 på den siste måneden, som viser at de påløpte kostnadene var lavere enn det planlagte budsjettet. Hvis tendensen til prosjektytelsen fortsetter likt som tidligere, har de kartlagt at kostnadene havner under det som opprinnelig var prosjektbudsjettet. De beregnet tiden den tolvte måneden inn i prosjektet. Dette ga et svar om at det som egentlig var planlagt å bruke 13 måneder på å bygge nå havnet på 23 måneder. De kunne da beregne at prosjektgjennomføringen var forsinket med 56,52% av den opprinnelige planen.

De forklarte med henvisning til Willhelms og Vanhoucke (2015) at et område med stort potensiale innenfor inntjent verdi for fremtidig forskning er å knytte en modell som fokuserer på tid og kostnader som sammenstilles med kvaliteten på bærekraft i byggeprosjekter.

## 4.2 Applying earned value to construction projects

Al-Fadhli og Al-Bazaz (2020) utførte en litteraturstudie etterfulgt av en casestudie for en administrativ bygning som ble startet i november 2018. Denne var anslått å være ferdig i 2019, og på grunnlag av dette skulle de analysere hvordan inntjent verdi-metodikken fungerer. For analyseringen har Microsoft Project blitt benyttet.

Resultatmessig regnet de ut inntjent verdi, faktisk verdi, planlagt verdi, CPI og SPI (inntjent verdi delt på planlagt verdi) likt som Susilowati og Kurniaji (2020), bare at de ikke benyttet seg av en graf. De plottet heller tallene rett inn Microsoft Project som en tabell.

Konklusjonen til Al-Fadhli og Al-Bazaz forteller at inntjent verdi-metodikken faktisk er en av de mest effektive metodene for å kontrollere kostnader. Metoden følger opp fremdriften i arbeidet i de forskjellige aktivitetene og registrer avvik fra arbeidsplanen og det planlagte budsjettet gjennom beregning av tids- og kostnadsavvik. De fant ut at man kan benytte seg av denne metodikken når som helst i prosjektet, og at den ga fordeler med at man kunne forstå hvordan prosjektet har utviklet for å så korrigere banen og kontrollere avvikene i fremtiden.

## 4.3 Project management model: Integrating earned schedule, quality and risk

Full tittel: Project management model: Integrating earned schedule, quality, and risk in earned value management.

Miguel, Madria og Polancos (2019) forteller at grunnleggende prosjektledelse involverer å oppnå kravene for tid, budsjett og omfang. Ettersom prosjekter endres over tid både teknologisk og metodisk, må prosjektledelsesverktøyene også utvikle seg for å kunne imøtekomme disse skiftende behovene. De forklarer at inntjent verdi-metodikk er et velkjent og mye brukt ledelsessystem for å holde kontroll på og overvåke prosjekter. Fordeler de knytter til dette er at prosjektledere kan spore avvik i kostnad og tidsplan, ved siden av de åpenbare fordelene som allerede er nevnt i kapittel 4.1 og 4.2.

Selv om det er mange fordeler knyttet til bruk av inntjent verdi, har de også sett i litteraturen at det er visse begrensninger knyttet til metodikken (Miguel, Madria og Polancos, 2019). De forklarer at selv om metodikken klarer å overvåke om prosjektet er i tide eller ikke, blir tidsplanindikatorerne forvrengt når prosjektet fortsetter å gå frem (Acebes, Pajares, Galán, López-Paredes, 2014). Variansen mellom planlagt verdi og inntjent verdi vil alltid være lik null i slutten av ethvert prosjekt ved benyttelse av den tradisjonelle inntjent verdi-metodikken (Acebes et al., 2014). Som følge av dette blir forholdet mellom inntjent verdi og planlagt verdi til 1, som indikerer at prosjektet er i tide selv om det ikke trenger å være det (Acebes et al., 2014). Videre er også tidsindikatorerne enheter som ikke helt klarer å oversette den virkelige tidsforsinkelsen i prosjekter (Acebes et al., 2014).

Inntjent verdi-metodikken har også mangler når det gjelder å vise de forskjellige kostnadstypene som påløper i prosjektet. Bortsett fra de identifiserte kostnadene i prosjektet, vil det kunne påløpe andre kostnader som for eksempel kvalitetskostnader og risikorelaterte kostnader som ikke eksplisitt måles i metodikken. Dette gjør at inntjent verdi-metodikken ikke er tilstrekkelig innen kvalitetsstyring og risikostyring. For eksempel kan prosjektet være i tide og under budsjett, men kvaliteten av leveringen trenger ikke å tilfredsstillere kravene fra kunden. Dette vil være en faktor som kan føre til

ekstra tidsbruk og kostnader ved omarbeid (Aliverdi, Moslemi Naeni og Salehipour, 2013).

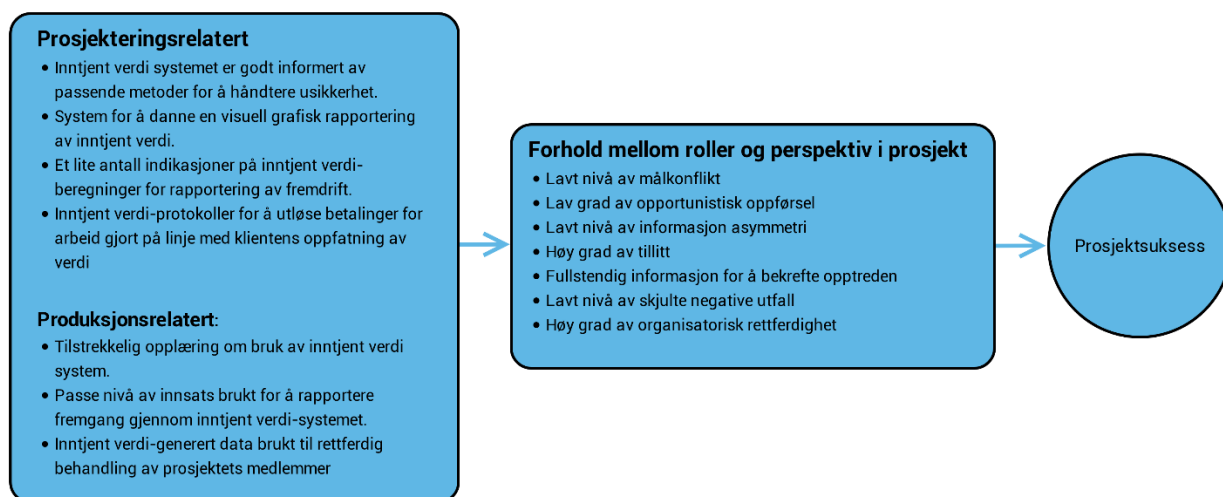
Studien til Miguel, Madria og Polancos (2019) har med bakgrunn av de ulempene som er beskrevet videreutvikle inntjent verdi-metodikken ved å legge til kvalitet- og risikoytelse.

Resultatet deres ble at de lagde flere kvalitet- og risikoytelsesindikatorer. De har videre utført beregningsekspesimenter for disse beregningene, i tillegg til tradisjonell inntjent verdi-metodikk. Konklusjonen var her at med de foreslåtte nye indikatorene kan man vise hvordan prosjektet utvikler seg innenfor tidsplan, kostnad og kvalitet, på samme tid som at man får vist risikoen. Kvalitetsytelsesmålingene viser hvordan problemer knyttet til kvalitet påvirker tidsplanrisiko og kostnader i prosjekter. Risiko og kvalitetsfaktorene er nyttig for å avdekke skjulte kostnader som kan være risikokostnader og omarbeidelseskostnader. Implementerer man disse inn i prosjektledelse og ytelsesstyring gir dette også mer synlighet for prosjektlederne. Den gir ledere mer nøyaktig fremgang i prosjektet ved alle tider, og vil være en mer realistisk metodikk å utføre enn den tradisjonelle inntjent verdi-metodikken. Avslutningsvis anbefaler de å videre teste ut modellen i flere reelle prosjekter for å imøtekomme behovene til prosjektledere i praksis (Miguel, Madria og Polancos, 2019)

#### 4.4 Conditions of success for earned value analysis in projects

Bryde, Unterhitzberger og Joby (2018) utførte en studie med hensikt på å besvare hva forholdene er for suksess for inntjent verdi-metodikk. Metodisk har de utført en litteraturstudie etterfulgt av casestudier av to prosjekter. Disse casestudiene benyttet inntjent verdi-metodikk til å overvåke fremdriften på en daglig basis. Ledelsen fra det ene prosjektet klassifiserte inntjent verdi-metodikken som vellykket, og i det andre prosjektet som mislykket.

Gjennom studiene kom Bryde, Unterhitzberger og Joby frem til et rammeverk som de mener gir suksessbetingelser for prosjekter. Disse ble oversatt til norsk og samlet i figur 12 av undertegnede. Denne figuren kan ses i stort format i bilag 1.



**Figur 12: Rammeverk for suksessfaktorer.**

I figur 12 skilles det mellom det som må ligge til grunn i prosjekteringen og produksjonen for at det skal være hensiktsmessig å benytte inntjent verdi. I prosjekteringen fremhever de behovet for enkelhet og klarhet i bruk av inntjent verdi for

at prosjektet ikke skal druknes i irrelevant data. I produksjonen skal det blant annet være en passe innsats som skal bli lagt ned i å bruke denne metoden. Det vil si at det går an å bruke for mye tid og ressurser på dette til at det vil være effektivt. Når suksessfaktorene er oppnådd forteller de at en grafisk visuell rapportering av inntjent verdi er mer effektive i å kommunisere fremgang enn kun rapportering av verdiene i tall. Man kan videre høste mange gevinster i form av forhold mellom de ulike perspektivene i byggeprosessene, i tillegg til de andre fordeler som er kjente. De trekker frem blant annet lavt nivå av målkonflikt, lav grad av opportunistisk oppførsel, høy grad av tillitt og lavt nivå av skjulte negative utfall (Bryde, Unterhitzberger og Joby, 2018).

Bryde, Unterhitzberger og Joby (2018) konkluderer med at inntjent verdi-metodikk som er prosjektert og operert på en korrekt måte ser ut til å ha innvirkning på samspillsproblemer mellom de ulike perspektivene i prosjekter. De forklarer videre at å kun sette søkelys på å utvikle inntjent verdi til å bli mer komplisert og sofistikerte er kanskje ikke den beste tilnærmingen for å bedre effektiviteten. Dette på grunn av at det kan gå på bekostning av det operasjonelle i metodikken. De viser til at hvis en av nøkkeltbetingelsen for suksess knyttet til enkelthet og brukervennlighet går tapt vil inntjent verdi-metodikk kunne påvirke effektiviteten mot sin hensikt (Bryde, Unterhitzberger og Joby, 2018).

## 4.5 Building information modeling 5D and earned value management

Full tittel: Building information modeling 5D and earned value management methodologies integrating through a computational tool.

Innledningsvis ble det forklart at for å kontrollere tidsplaner og budsjetter for å redusere kostnader og maksimere fortjeneste, kreves det en innsamling av store mengder data fra forskjellige fagpersoner som vanligvis ikke samhandler eller kommuniserer effektivt (Abadie, Raymond, Morgan, Caletka, 2013).

Rapporten til Cárdenas, Zapata og Lozano (2018) viser forskningen for å utvikle en programvare som de kaller for COST-BIM. Hensikten med denne er å forbedre styringen av prosjektets prosjektplan og budsjett, i en virtuell plass der planlegging, prosjektering, utførelse, sporing og kontroll av byggeprosjektet samles. Formålet var å integrere BIM og inntjent verdi-metodikk i et enkelt grensesnitt. Dette er et verktøy som skal kunne være interoperabelt med BIM-verktøy og hjelpe bygningsledere for å kontrollere tidsplaner og budsjett for prosjektene sine. Metodisk gikk de frem med en litteraturstudie om emnet, utarbeidelse av programvare og til slutt casestudier for å validere hvordan programvaren fungerte (Cárdenas, Zapata og Lozano, 2018).

Utviklingen med COST-BIM startet med å legge inn prosjektnedbrytning for prosjektet. Det ble så lagt inn hvem som er ansvarlig for å drifte den. Videre har kostnader på hvert BIM-element blitt lagt inn i den åpne BIM modellen, etterfulgt av alle detaljene om elementene. Dette ble så implementert i COST-BIM som allerede har prosjektnedbrytning liggende inne. Budsjett blir da automatisk laget ut fra prosjektets prosjektnedbrytning, og tidsplanen blir implementert slik at man kan utføre en 4D-simulasjon. For beregning av inntjent verdi må den faktiske kostnaden og prosent fullført skrives inn manuelt for hver aktivitet. Dette hentes fra 4D-simuleringen, med sikte for å skaffe ytelsesindikatorer for budsjett og tidsplan (Cárdenas, Zapata og Lozano, 2018).

Gjennom casestudier sier de at COST-BIM er et verktøy som er veldig nyttig i prosjekteringen fordi den gir en koordinering og visualisering av prosjektet som bidrar til

å knytte tid og kostnad for hver komponent i BIM-modellen. De fant ut at det har et stort potensial til å forbedre arbeidsflyten i byggeprosjektledelse, samt automatisering av kostnadsoverslag og budsjettforberedelsesprosess. I tillegg ble opprettelsen av grunnlinje med tid- og kostnadsdata velfungerende som en referanse for inntjent verdi analyse i enhver fremtidig tid i produksjon av et prosjekt (Cárdenas, Zapata og Lozano, 2018).

# 5 Observasjonsstudie: E69

## Skarvbergtunnelen

Masteroppgavens andre og tredje forskningsspørsmål er: «Hvordan er informasjonsflyten av fremdriftsdata i dag hos utførende aktør?» og «I hvilken grad er det hensiktsmessig å bruke de tilgjengelige fremdriftsdataene i dagens tunnelprosjekt i inntjent verdi-metodikk?».

### 5.1 Innledning: Skarvbergtunnelen og Skanska

Observasjonsstudiet fant sted hos Skanska på E69 – Skarvbergtunnelen i Porsanger kommune i Troms og Finnmark. Skanska er en meget stor og seriøs aktør som kan vise til gode resultater innen tunneldriving. Grunnen for oppstart kom av et rasfarlig parti, samt ønsket om å bytte ut dagens tunnel med en som tilfredstilte de nye kravene. Dette er et anleggsprosjekt som inneholdt både tunneldriving og vegbygging ute i dagen der kontrakten var en totalentreprise. Strekningen er totalt 6800 meter hvorav tunnelstrekningen er 3470 (Statens vegvesen, 2020b). Tunnelens og veiens planlagte bane er vist i figur 13 under.



**Figur 13: E69 Skarvbergtunnelen (Statens vegvesen, 2020a).**

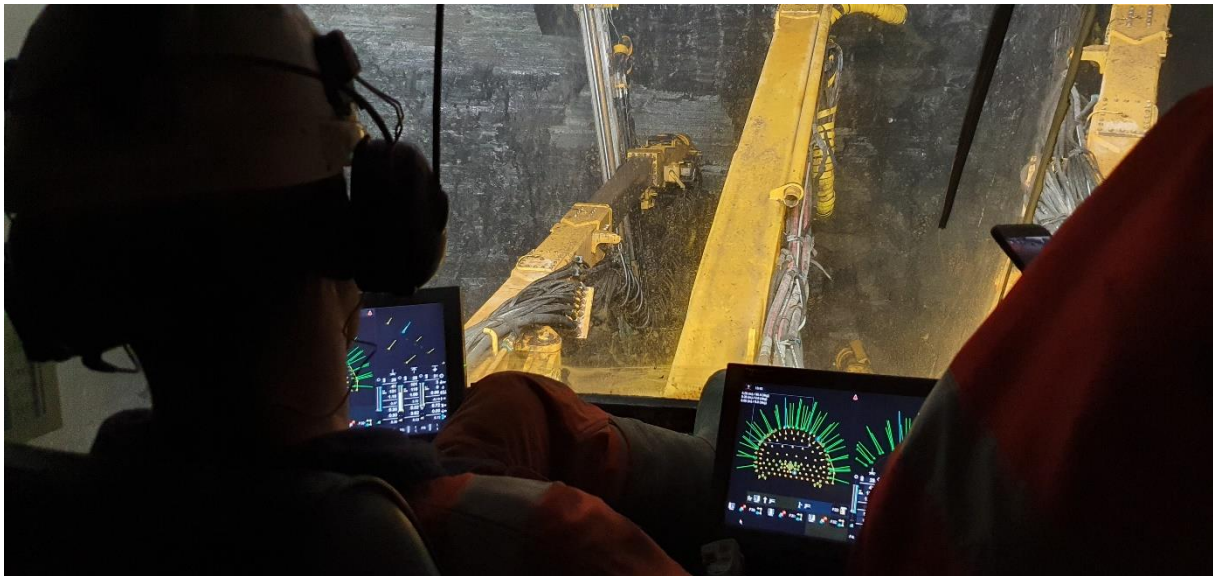
Den praktiske delen av tunneldrivingen ble utført med at man drev mot hverandre fra hvert sitt påhugg, og det ble driftet kontinuerlig med unntak av søndager. Tunneldrivingen ble utført ved hjelp av boring og skyting.

#### 5.1.1 Ikke-deltakende observasjon

Dette studiet ble utført i juni 2020 i en tidsperiode på to uker. Den første uken ble tilbrakt med formenn for å observere hvordan de praktiske oppgavene med datainnhenting ble gjennomført, og den andre uken ble tilbrakt inne på kontoret med funksjonærene for å se hvordan dataene ble tilgjengelig.

Som et hjelpemiddel for mannskapet i tunnelen og for produksjon av dokumentasjon på utført arbeid ble programvaren Bever Control benyttet. Figur 14 viser forfatters observasjon av maskinvaren av Bever Control inne i boreriggen. Denne programvaren illustrerte både destinasjon av borehullene før lading av salve, samt en logging for hvordan alle boringene ble utført. I tillegg ble det registrert automatisk antall

sikringsbolter, hvor de ble satt og profilnummeret på riggens destinasjon. Alt dette ved hjelp av GPS-system i Bever Control.



**Figur 14: Bever Control i tunnelrigg.**

Bever Control systemet var avansert, derfor ble disse dataene for det meste benyttet av personell som arbeidet med geomatikk. De hentet ut dataene og la de inn i programmet Gemini hvor alt ble samlet på en oversiktlig måte. Dette ble grunnlaget for dokumentasjonen til sikringen i tunnelen.

For at organisasjonen skulle holde kontroll over tidsbruken på de ulike aktivitetene, ble det benyttet programvaren Formworks. Denne hadde et skreddersydd oppsett for tunneldriving. Her hadde arbeidslaget i tunnelen en applikasjon på telefon eller nettbrett hvor de manuelt skrev inn tid benyttet på de ulike aktivitetene og hvor langt inne i tunnelen de var kommet. Lengden i tunnelen ble dokumentert som profilnummer som ble lest av fra Bever Control i tunnelriggen. Dataene ble sendt automatisk til en sky der de ble samlet.

Selve tunneldrivingen inneholdt flere arbeidsoppgaver på samme tid. Man kunne her for eksempel utføre boring av bolter samtidig som man boret hull for lading. Dette medførte at det ble tidkrevende for mannskapet å skrive inn alle aktiviteter som var utført til rett tidspunkt.

I tillegg til at det ble generert mye data fra både tunnelrigg med Bever Control og manuelle innskrivninger i Formworks, fikk også ledelsen muntlig informasjon fra formenn og tunnelmannskap. Dette kunne omhandle fjellforhold og vanskeligheter som kunne forekomme ved bruk av verktøy og maskiner. Denne typen informasjon ble formidlet til eventuelle reparatører, geologer, de som bestiller utstyr eller andre personer som kunne iverksette tiltak.

Etter at hver salve ble skutt, rensket og utkjørt ble fjellet undersøkt av en eller flere geologer. De bestemte da hvor tung sikring den aktuelle strekningen skulle ha i form av sikringsklasse, og skrev rapporter om dette. Disse ble lagret i en felles skytjeneste.

Fjell som var skutt måtte naturligvis omplasseres ut fra tunnelen. I dette tilfellet var det stasjonert et mellomlager for massene som skulle benyttes ute i vegbyggingen. Det ble benyttet lastebiler som kjørte skytteltrafikk for å få massene ut så fort som mulig. Selve mengdene kunne bli oppmålt av drone eller stikningspersonell, registrert med antall



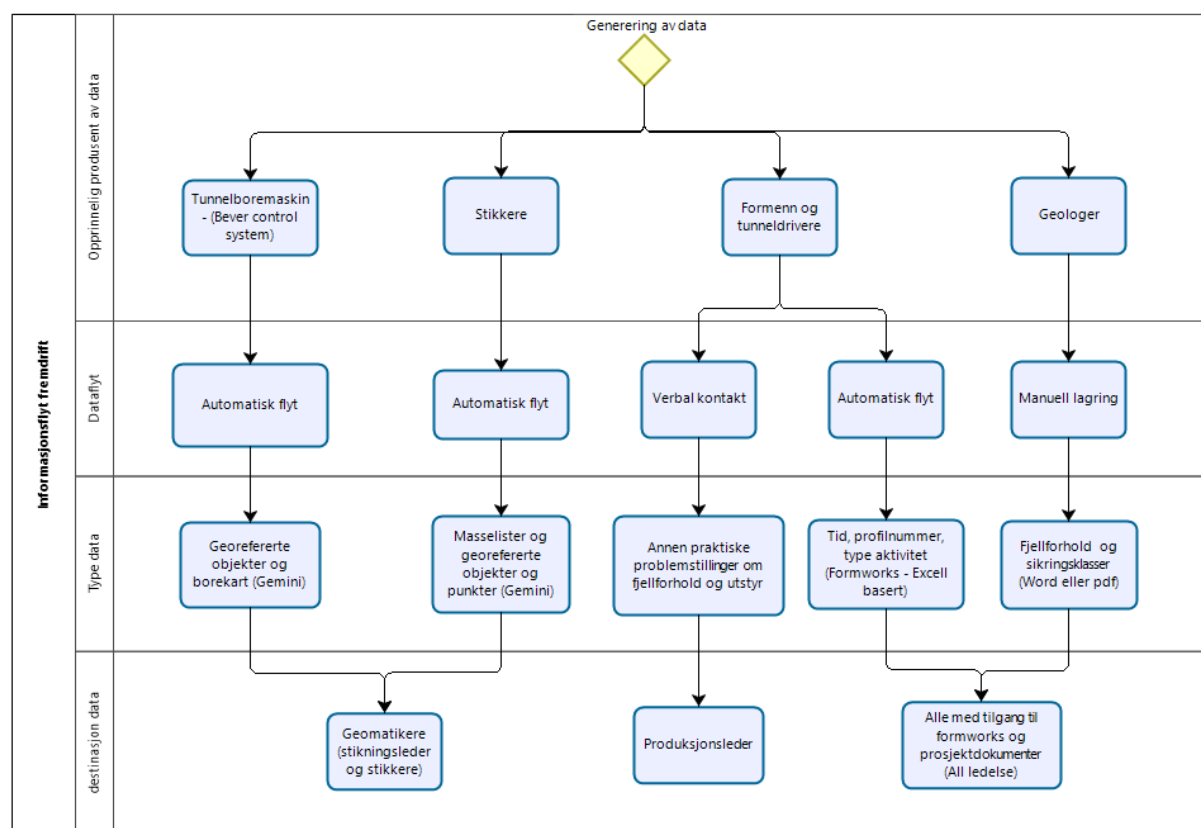
lastebillass, eller at det kunne beregnes med volumet av fjernet fjell ganget med en utvidelsesfaktor i henhold til statens vegvesen sin håndbok. Geomatikere benyttet også GPS inne i tunnelen for å blant annet dokumentere betongtykkelse med punkter eller punkttskyer.

Kildene til datagenerering ble samlet til tabell 6 av forfatter:

**Tabell 6: Datagenerering.**

Hva:	Data:
Bever Control	Profilnummer, info om bolttyper, georefererte boringer og boltinger.
Basrapporter i Formworks	Dato, aktivitet, tidsbruk, sum på stopptid ved eventuelle hindringer, merknader hvor man kunne fylle ut eventuelle spesielle notater, lengde og profilnummer.
Geologer	Sikringsklasse og fjellforhold.
Geomatikere/stikkere	Mengdeberegninger og plasseringer.

Selve informasjonsflyten til fremdriftsdataen ble samlet inn i et flytskjema av forfatter som er illustrert i figur 15 under. Stort format kan ses i bilag 2.



**Figur 15: Informasjonsflyten til fremdriftsdata.**

I figur 15 er de ulike dataprodusentene som ble beskrevet i tabell 6 oppført i kolonnen med produsent av data. Under disse er det beskrevet hvilken flyt som benyttes for å distribuere dataene. I Bever Control og stikningsdata fra geomatikere var det mulighet for automatisk flyt av data til Gemini. I teorien var dette åpent å lese for alle i ledelsen

som kunne benytte seg av Gemini. Formenn og tunnelarbeidere produserte mye data. Det er her skilt mellom det som ble distribuert verbalt og det som ble distribuert automatisk fra basrapportene til Formworks. Det som ble distribuert verbalt ble ofte sendt til mottaker under ukentlige møter, under måltider eller andre naturlige sammenkomster. Basrapportene som ble sendt inn i Formworks havnet i programvaren og på samme skytjeneste som de rapportene fra geologene. Disse ble sortert i forskjellige dokumenter og mapper. Geologene lagde manuelle rapporter som ble skrevet inn på ark og videre sendt inn til skytjenesten i form av Word- eller PDF-filformat.

### 5.1.2 Deltakende observasjon

Den deltakende studien ble utført i mars 2021 der studien gikk ut på å samle data for å regne på hvor mye mer tid som har påløpt i de ulike aktivitetene innenfor de ulike sikringsklassene. Dette skulle sees opp mot den kalkulerte tiden for å kartlegge hvor den økte tidsbruken har vært. Det var i dette tilfellet viktig å se på salvesyklusen som inneholdt aktivitetene salveboring, lading, røykpause, lasting, maskinrensk, spettrensk og opprensk. Denne studien ble utført i slutten av produksjonsfasen til tunneldrivingen.

Dataene som ble benyttet i denne studien var hentet ut fra Formworks og eksportert til Excel-format. Dette er illustrert i figur 16 som et eksempel. Her fikk man tilgang til dato på utført aktivitet, hvilken type aktivitet, tidsforbruk på aktivitet, stopptid, eventuelle merknader på aktivitetene, tidspunkt for start og slutt, profillengder, lengde på salve og sikringsklasse for den aktuelle strekningen.

Dato	Aktivitet	Sum på Tidsforbruk	Sum på Stopptid	Faktisk brukt tid [min] (Differansen mellom "sum på tidsforbruk" og "sum på stopptid")	Merknader	Startkl	Sluttkl	FraProfil	TilProfil	Meter pr. salve
fredag 13. desember 2019	08 - Opprensk	45	15	30	Slangebrudd	08:00	08:45	1001	1006	5
torsdag 12. desember 2019	08 - Opprensk	35		35		17:00	17:35	1003	1006	3
torsdag 12. desember 2019	05 - Maskinrensk	60		60		15:20	16:20	1003	1006	3

**Figur 16: Utkjørt data fra Formworks.**

Før man kunne beregne hvor mye mer tid som hadde påløpt i aktivitetene måtte dataene først sorteres og sammenstilles. De neste underkapitlene viser dette steg for steg.

#### 5.1.2.1 Sammenstilling av sikringsklasser fra geologer med Formworks

På grunn av at det skulle beregnes tidsforbruk for hver aktivitet oppdelt i ulike sikringsklasser, måtte det også hentes inn data over sikringsklasser. Dette medførte at forfatter måtte skrive inn alle sikringsklassene manuelt fra andre dokumenter.

Forfatter ble da oppmerksom på at noen aktiviteter i Formworks hadde et profilnummer i differanse fra beskrivelsene hos geologene. Dette ble diskutert med en prosjektingeniør på prosjektet og kunne komme av flere ting:

- Skrå stoff, slik at man havnet mellom to profilnummer.
- GPS i tunnelriggen var ikke oppdatert eller riktig under registrering av aktiviteter i basrappporter.
- Feilskrivinger fra mannskap eller geolog ute i tunnelen.

For selve utberegningen ga ikke dette nevneverdig feil, men det påvirket sammenstillingsprosessen til å bli mer tidkrevende.

#### 5.1.2.2 Sjekk om aktiviteter var korrekt logget

Det ble i tillegg sett på om tidsbruken stod i stil med de aktivitetene som var beskrevet. Det ble da oppdaget noen få eksempler på at flere aktiviteter ble skrevet innenfor kun en

aktivitet. Et eksempel på dette var at tidsbruken for bolting og salveboring ble logget kun i salveboringen. Grunnen til dette var at begge aktivitetene ble utført samtidig. Mannskapet hadde i disse tilfellene lagt inn en merknad der de skrev hvilke aktiviteter som ble utført så man i ettertid kunne gjøre om disse til å bli logget i hver aktivitet. Noen feilskrivninger med et tall for mye i tidsbruken måtte også endres manuelt.

Ettersom dataene i stor grad baserte seg på manuelle innskrivninger fra personell, fant forfatter noen mulige feilkilder med denne metodikken:

- Usikkerhet på profilnummer hvis riggen ikke var oppdatert.
- Feilskrivning og forglemmelse av aktivitet og tidsbruk.
- Usikkerhet hos mannskapet i tunnel for hvordan de skal utføre slike loggninger.

### 5.1.2.3 Beregning av kalkulert og prosjektert data

Etter at alle aktivitetene var påsatt sikringsklasse og gjennomgått skulle tidsbruken av hver type aktivitet innenfor hver sikringsklasse bli summert. Siden det var et Excel-ark med alle aktiviteter samlet, ble det en betydelig oppgave å sammenstille. Dette på grunn av at de vanlig summeringsformlene ikke fungerte når man bare sorterte bort de aktivitetene som ikke skulle summeres. De vanlig summeringsformlene «=summer(X:X)» ville da ta med alle aktiviteter selv om noen var sortert bort. Som et eksempel hvis man skulle summere linje 5, 7 og 9 så ville summeringsformelen også hentet inn linje 6 og 8, selv om de var sortert bort til å ikke være synlig. Løsningen var å gjøre Excel-arket om til Macro-format og kode inn formelen «=sumvisible(x:x)» til å fungere. Man måtte med denne formelen markere alle synlige tall manuelt for å få de summert. Dette medførte en høy tidsbruk for noen enkle summeringer.

Forfatter var vel vitende om at det mest trolig var mulig å kode arket slik at man får hentet ut summene automatisk, men hadde ikke oversikt over hvordan man kunne gjøre dette på daværende tidspunkt. Da summeringene var hentet ut kunne man sette de kalkulerte beregningene opp mot de prosjekterte. Et eksempel på strukturen til arket med prosjekterte tall er vist i figur 17. I denne er det satt inn nye tall for å skjerme prosjektets reelle tall.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	aktivitet	merknad	tidsforbruk pr salve pr sikringsklasse, kalkyle					
2		sikringsklasser	1	2	3	4a	4b	5
3		salvelengde meter	4,85	4,85	4,85	4,85	2,50	2,50
4	Salveboring	andel av salvesyklus	1,25	2,00	2,25	2,25	1,35	1,45
5	Lading	andel av salvesyklus	1,50	2,00	2,50	3,00	3,00	4,00
6	Boring med lading							
7	Røykpause	andel av salvesyklus						
8	Lasting	andel av salvesyklus						
9	Maskinrensk	andel av salvesyklus						
10	Spettrensk	andel av salvesyklus						
11	Opprensk	andel av salvesyklus						
12	Sprøytebetong	andel av sikringsklasse, fast mengde						
13	Bolting	andel av sikringsklasse, fast mengde						
14	Spiling 6 m	andel av sikringsklasse, regulerbart						
15	Buer enkle inks avretting, bolt, montering, innspruting	andel av sikringsklasse, regulerbart						
16	Buer dobbel inks avretting, bolt, montering, innspruting	andel av sikringsklasse, regulerbart						
17	<b>Total tid salve - meter</b>		<b>2,75</b>	<b>4</b>	<b>4,75</b>	<b>5,25</b>	<b>4,35</b>	<b>5,45</b>

Figur 17: Kalkulert tid for salvesyklus.

Selve beregningene for å finne differansen fra prosjektert tid og brukt tid ble derfor utført ved å summere tallene i et annet Excel-ark. Den tiden som ble funnet ga et konkret svar på hvilke sikringsklasser og aktiviteter som har vært mest tidkrevende, samt hvordan fremdriften i prosjektet hadde vært under den tidsperioden dataene var produsert.

## 6 Intervju – Faktiske kostnader i tunnelprosjekt

For å kartlegge de faktiske kostnadene i tunnelprosjekt ble det utført et intervju med Tor Gildestad som var prosjektleder i Skarvberg tunnelen. Intervjuet ble utført på telefon og hadde 15 minutter til rådighet.

### 6.1 Intervjuguide

Intervjuet var et kvalitativt dybdeintervju med åpne spørsmål om emnet. Spørsmålene som ble stilt var:

- Hvordan holder man oversikt over de faktiske kostnadene?
- Når regner man på om man er innenfor kostnadsestimatet?

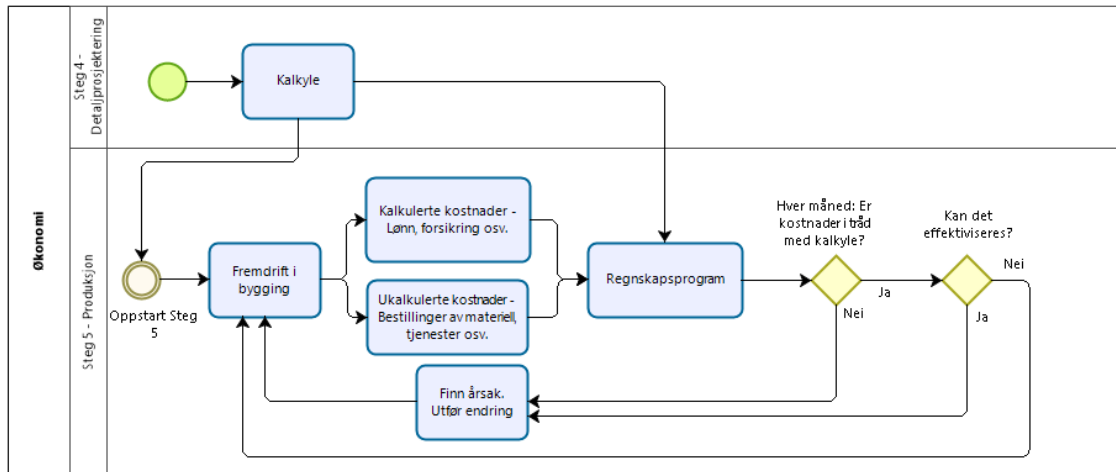
### 6.2 Intervju

Gildestad fortalte at Skanska har et regnskapsprogram som sammenstilte inntektene og utgiftene så godt det lot seg gjøre. Når ting blir bestilt må man kontere innenfor rett kategori. For eksempel må kostnaden til det spesifikke objektet betales innenfor en spesifikk post. For eksempel kontering i kostnadsposten til rigging på prosjektet. På denne måten får de en ganske nøyaktig oversikt over kostnadene knyttet til bestillingene. I tillegg var det en oversikt over hvor mye som var påløpt i lønnsutgifter i regnskapsprogrammet.

I dette systemet hadde de også samlet kalkylen til prosjektet. På denne måten så de hvor mye som har blitt brukt i forhold til hvor mye som var planlagt å bruke. For prosjektet i Skarvbergdalen hadde de en fast person som var kontrollør for dette. Denne personen så gjennom alle konteringene, og hadde derfor god kontroll på kostnadene som var bokført i forhold til de som var lagt inn i kalkylen. Han var ikke plassert på prosjektet og kunne derfor se økonomien med litt andre øyne.

Prosjektleder for Skarvberg tunnelen fortalte at han selv gikk nøye gjennom kostnadene og inntektene i systemet minst en gang i måneden. Oversikten mellom det som var estimert og det som var kalkulert ble omtalt til å være en meget god metode for å holde kontroll over kostnadene.

Som en oppsummering lagde forfatter et flytdiagram som viser hvordan regnskapsprogrammet ble benyttet. Dette er vist i figur 18 under, samt i stort format i bilag 3.



Powered by  
bizagi  
Modeller

**Figur 18: Kostnader hos utførende aktør.**

Her blir kalkylen laget i steg 4 – detaljprosjektering, og videre lagt inn i regnskapsprogrammet da det er ferdig. I steg 5 – produksjon er det kontinuerlig fremdrift i prosjektet. Der blir det både lagt inn kostnader som er kalkulert med i kalkylen og ukalkulerte kostnader. Disse blir så samlet i en oversikt som viser kostnadene i forhold til hverandre. For hver måned spør prosjektleder seg om kostnadene er i tråd med hva som er kalkulert. Får han/hun nei til svar, så finner de årsak og eventuelt gjør endringer innad i firmaet eller endringer opp mot byggherre eller andre perspektiver. Får han/hun ja som svar vil de likevel spørre seg om det kan effektiviseres ytterligere. Får man ja utfører man de endringene, får man nei fortsetter man etter den opprinnelige planen. Dette gjør man helt til prosjektet blir ferdig.

# 7 Intervju - Prosjektplattform hos Infrakit

Intervjuobjektet var Anders Tiltnes som er daglig leder for norsk utgave av prosjektplattformen Infrakit.

## 7.1 Intervjuguide

Intervjuguiden til dette intervjuet ble laget på forhånd, og er beskrevet som åpne spørsmål der det var ønsket en samtale mellom forsker og deltaker på de ulike spørsmålene. Intervjuguiden ble derfor avgrenset til spørsmålene gitt under:

- Hvem er brukerne av Infrakit?
- Hvilken data henter plattformen inn? Hvordan blir de lagret?
- Hvilken data er spesifikk for tunnel?
- Hvordan er samspillet mellom Infrakit, tidsplan og kostnadsestimat i prosjektplattformen?

Det var også ønskelig å få en gjennomgang for å se helheten av hvordan programplattformen ble benyttet, derfor ble det satt av noe tid til dette også. Intervjuet foregikk på teams og forfatter hadde en time til rådighet.

## 7.2 Intervju

### **Brukere:**

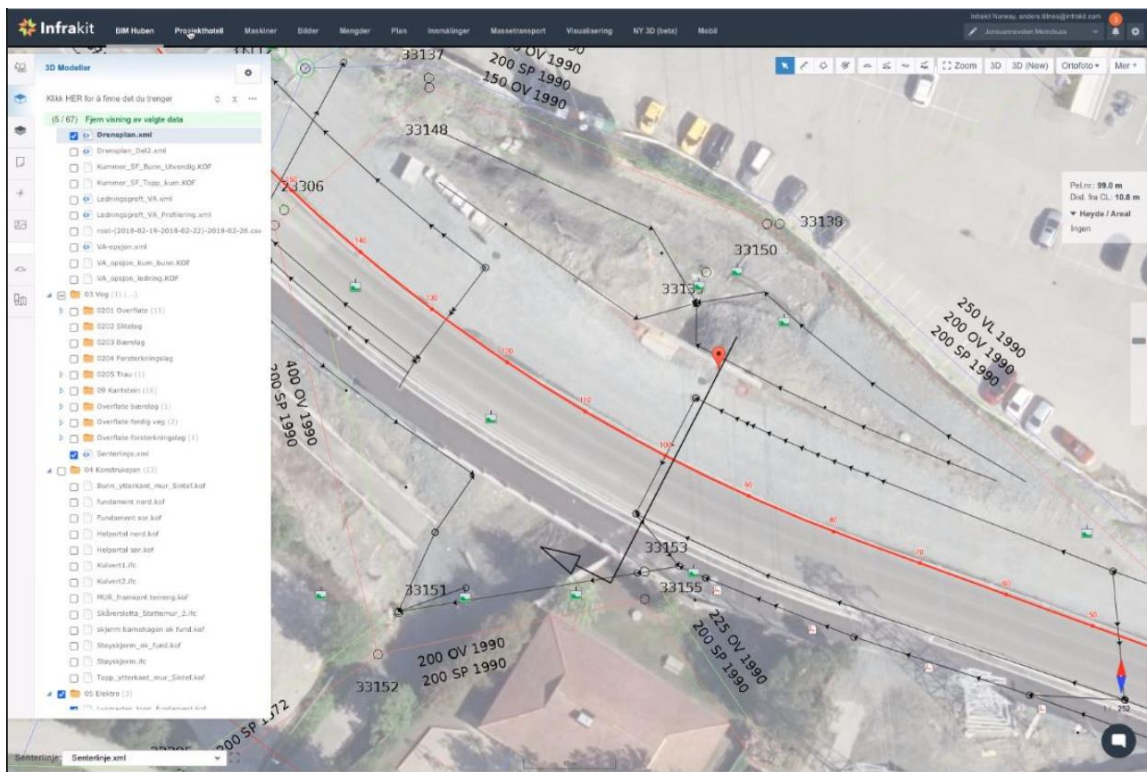
Infrakit ble forklart til å være en prosjektplattform som kobler all data opp til kart. Hovedsakelig er det entreprenører som benytter seg av plattformen, men tilgangen kan også gis til byggherrer, konsulenter og offentlige instanser hvis det var ønskelig. Med andre ord kan det brukes for alle perspektiver i byggestigen. Denne typen samhandling ble beskrevet til å være en viktig bidragsyter til at dataflyten går raskere mellom alle ledd i kjeden, og vil derfor minske risikoen for misforståelser og holde alle ledd mer oppdatert.

### **Datainnhenting:**

Plattformen lagrer store mengder med data. Man kan skille mellom det som er prosjektert og det som er produsert i byggefasen. Av det som er prosjektert har man digitale modeller i både 2D og 3D som kan importeres fra hvilket som helst format. Eksempelvis kan konsulenter lage modeller med elementer som er georeferert, som vil si at man knytter alle punkt i modellen til en spesiell plass i virkeligheten, og importere den til prosjektplattformen. Disse modellene har en stor mengde data som kan benyttes videre inn i steg 4 - detaljprosjektering, steg 5 - produksjon og leveranser, steg 6 overlevering og ibruktakelse.

I byggefasen i anleggsprosjekt skilte Tiltnes på fire datatyper som blir hentet inn til plattformen. Det er innmålinger, sjekklister, lastlister og bilder. Innmålingene kommer enten fra maskiner med maskinstyringsverktøy, stikkere med GPS og kikkert eller fra andre mennesker som har benyttet appen til Infrakit der man kan måle inn med cm nøyaktighet. Typiske mannskap som benytter seg av denne appen er formenn, ledere eller andre fagfolk ute. De aller fleste av disse dataene blir lagt automatisk inn i plattformen, bortsett fra da det blir benyttet kikkertoppstillinger som trenger noe manuell bearbeidelse i etterkant av datainnhenting. Sjekklister og lastlister ble skrevet ute i felt med app, da også med georeferering til hvor de er laget. Til alle disse datainnhentingstypene kan man knytte bilder som dokumentasjon på det som er utført.

Lagring av dataene blir både systematisert inn i kartet, og i tabeller og grupper ved siden av kartet for enkel tilgang. I plattformen danner man seg et lag av prosjektert data, og et lag for utført data. På denne måten kan man skille mellom hva som er bygget og hva som er prosjektert, og man ser kjapt om for eksempel objekter er bygget på rett plass om man drar frem begge lagene. Figur 19 viser et skjermbilde for hvordan et prosjekterte lag av VA-ledninger er fremvist i Infrakit. Dette vises i full størrelse i vedlegg 1. Klikker man seg inn på de ulike elementene (som for eksempel OV-kumme 225mm) får man all data om elementet. Man kan også her få frem veisnittet som viser detaljert de ulike lengdene for hvordan det skal ligge med tanke på avstander til andre elementer og kurvaturer.



**Figur 19: Infrakit VA. Skjermtutklipp (Tiltnes, 2021).**

Data blir derfor lagret i plattformen i de grupperingene man ser til venstre i figur 19, samt visuelt i kartet som egne elementer som man kan klikke på for å få ut all informasjon.

### **Tunnel:**

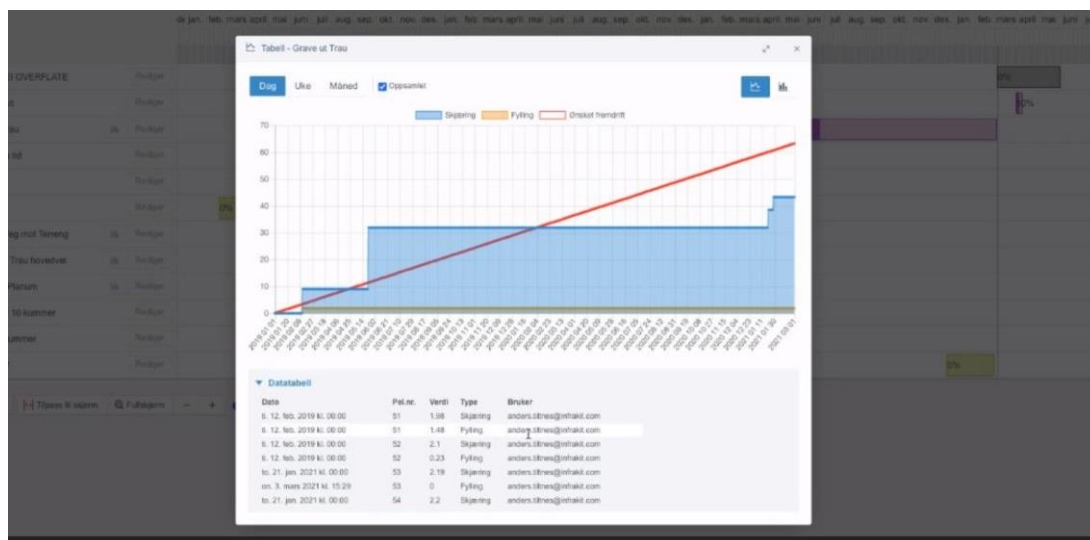
Spesifikt for tunnel er at man kan samle, se på, bruke og distribuere prosjektert grunnlag for tunneler. Dette inneholder dokumenter, tegninger, kart og modeller med filformat innenfor IFC, landxml, dxf eller PDF. De dataene som til vanlig blir produsert og innhentet til plattformen under produksjonsfasen er samlet i tabell 7 under.

**Tabell 7: Data Infrakit.**

Hva	Hvordan/hvorfor
Laserscanning	GPS utstyr som måler millioner av små punkt på objektet. Må bruke kikkert/totalstasjon på grunn av manglende GPS signal.
Innmålinger	Enkeltinnmålinger. Må bruke kikkert/totalstasjon på grunn av manglende GPS signal.
Bilder	Georefereres og kobles mot objektene det gjelder.
PDF rapporter og sjekklister	I likhet med bilder kan dette georefereres og kobles mot objektene det gjelder.
WMS	Web Map Service. Litt på siden, men det er mulig å sette sammen et ortofoto fra laserscanning til en visualisering. Ofte er 2D enklere og tilstrekkelig.

### 7.2.1 Tid og kostnad i plattformen

Tiltnes forklarte at alle tider fra innmålinger, sjekklister, lastlister og bilder blir logget i plattformen. Med grunnlag på dette kan man si at man skaper seg en digital tvilling som viser sanntidsdata og logget data for alle elementer. De har også i den siste tiden jobbet med et pilotprosjekt for en kunde hvor man kan knytte et tidsperspektiv til alle prosjekterte elementer om når de skal være ferdig bygget. Det er også mulighet for å kjøre ut Gantt-skjema fra Microsoft Project til Excel og videre importere til Infrakit. Ved å knytte alle de aktivitetene fra Gantt-skjemaet til elementer som er prosjektert, kan man lage en fremdriftsplan som automatisk blir oppdatert med prosentantall over hvor langt man er kommet i de ulike aktivitetene. Dette er styrt av maskindata som kontinuerlig blir benyttet i en utregningsprosess for hvor man er mellom det prosjekterte laget i kartet og den opprinnelige formen til terrenget. Man får da en kurve over den reelle fremdriften som ses i figur 20 under, og i full størrelse i vedlegg 2.

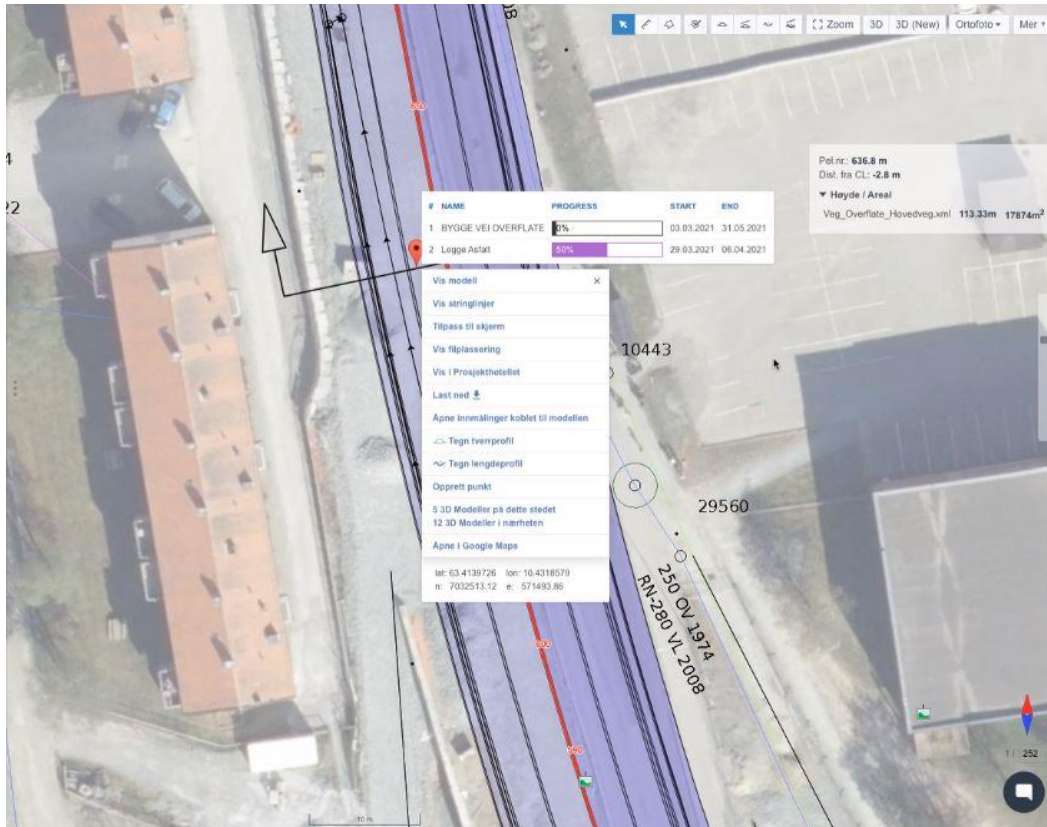


**Figur 20: Infrakit fremdrift. Skjermtutklipp (Tiltnes, 2021).**



Her vises fremdrift med skjæringen med blå rute, og ønsket fremdrift med rød strek. Man ser ut fra dette at 01.01.2019 til 16.01.2020 lå de foran planen, og videre frem til 01.01.2021 bak planen.

Figur 21 viser hvordan fremdriftsstyringen av de enkelte aktivitetene blir visualisert i kartet ved hjelp av Gantt-skjema. Her viser gantt skjemaet med lilla farge at legging av asfalt har blitt 50% utført. Full størrelse av figur 21 ligger som vedlegg 3.



**Figur 21: Infrakit fremdriftsstyring. Skjermtutklipp (Tiltnes, 2021).**

Når det gjelder kostnader har Infrakit ingen funksjoner som innhenter dette direkte. Det blir forklart at prosjektplattformen har mange aspekter som kan bidra til bedre kostnadsstyring indirekte ved for eksempel at man ser hvor høy effektivitet de ulike maskiner har og hvor mye ekstra som er utgravet i traue ut over det som er prosjektert. Det er også en funksjon hvor effektiviteten til alle maskiner med GPS blir beregnet. Denne beregningen tar utgangspunkt i når mannskapet stemplet seg inn og begynte med å jobbe, i forhold til hvor mye stille maskinen har stått i disse jobbtimene. Har arbeidstaker vært stemplet inn på jobb i maskina kl. 07:00 til 11:00 har han vært på jobb i 4 timer. Har maskinen stått stille i 2 timer innenfor denne arbeidsperioden, blir det beregnet at effektiviteten er på 50%.

## 8 Diskusjon

Den følgende diskusjonen starter med en evaluering av validitet og reliabilitet av de studiene som har blitt utført. Videre bygger diskusjonen på resultatene fra litteraturstudiet, observasjonsstudiet og intervjuene, og hvordan disse kan sees i sammenheng med teori og det som er beskrevet innledningsvis i oppgaven.

### 8.1 Validitet og reliabilitet av studiene

#### 8.1.1 Litteraturstudiet

Litteraturstudiet hadde som hensikt å finne hvilke fordeler og ulemper beregning og benyttelse av inntjent verdi medførte. Forfatter anser validiteten i litteraturstudiet som god da det svarte konkret på forskningsspørsmålet. Forbedringer som forfatter ser i ettertid, er at man med fordel kunne avgrenset søket enda mer til land som man vet har stor suksess av metodikken. Forfatter anser også reliabiliteten til litteraturstudiet til å være god. Dette på grunnlag av at det er mulig å etterprøve resultatene da fremgangsmåten er detaljert beskrevet.

Siden ingen av tekstene ga direkte fakta angående inntjent verdi i tunnelprosjekt, har det derfor vært veldig viktig å fremskaffe gode datagrunnlag slik at det var mulig å generalisere fordelene og ulempene med inntjent verdi-metodikk. Forfatter føler dette har blitt oppnådd.

#### 8.1.2 Observasjonsstudiet

Observasjonsstudiet var delt opp i to deler. Den første ikke-deltakende studien skulle kartlegge hvordan informasjonsflyten av fremdriftsdata er i dag hos utførende aktør. Gyldigheten til funnene i denne studien var god da det omhandlet oppdatert informasjon fra en entreprenør som kan vise til gode resultater innenfor tunneldriving. Resultatet ga et konkret bilde av hvordan flyten av fremdriftsdata var til entreprenør slik at forfatter kunne svare på det andre forskningsspørsmålet med høy validitet. Forfatter mener også at reliabiliteten i den ikke-deltakende studien var god siden funnene er etterprøvbare hos Skanska.

Den deltakende studien skulle gi en del av grunnlaget for å svare på i hvilken grad fremdriftsdataene som er tilgjengelig i dagens tunnelprosjekt kan bli benyttet i inntjent verdi-metodikk. Dette forskningsspørsmålet skulle også besvares ved hjelp av et intervju med Infrakit. Validiteten har blitt ansett som god siden dette har skapt et grunnlag for å se hva dataene kan brukes til. Skulle validiteten blitt enda høyere burde forfatter også benyttet disse dataene i en reel inntjent verdi beregning i dette prosjektet. Siden masteroppgaven hadde en tidsbegrensning og at forfatter ikke hadde tilgang til kostnadene og det prosjekterte grunnlaget, ble dette ikke utført. Reliabiliteten for prosjektet var høy da fremgangsmåte ble detaljert beskrevet slik at etterprøvbareheten er god.

Forfatter har påvirket svaret i observasjonsstudiene i liten grad, da han har hatt god dialog med Skanska for hvordan oppgavene skal utføres. Undertegnede har også vært bevisst på at det er en mulig feilkilde at dette skjer, derfor ble det flere ganger stoppet opp under studien for å tenke gjennom det som hadde blitt utført. Likevel er det mulig at Skanska har utført noen endringer i prosessene på grunn av forfatters tilstedeværelse, men datagrunnlaget måtte være det samme.

### 8.1.3 Intervjuene

#### 8.1.3.1 Faktiske kostnader i tunnelprosjekt

Intervjuet med Gildestad ga god informasjon over hvordan de holdt kontroll over de faktiske kostnadene og hvor ofte de sjekket disse. Det studien undersøkte svarte derfor på forskningsspørsmålet. Svakheten med kun et kvalitativt intervju er at studien ikke innhentet flere metoder på kostnadsoppfølgingen. I tillegg har forfatter ønsket seg en mer detaljert beskrivelse av hvordan flyten til hver av dataene var, men siden tiden var begrenset måtte dette holdes på et overordnet nivå. Etterprøvbareheten er god da informanten kan anses som en pålitelig kilde og studien er detaljert forklart.

Generaliserbarheten for funnet i studien vil være god da studiet omhandlet en av de største og fremste aktørene innenfor tunneldriving. Det vil likevel finnes flere metoder for hvordan kostnadene blir oppfulgt hos andre entreprenører, derfor har denne studien forbedringspotensialet ved å kvantifisere innhentingen av dataene til andre entreprenører også.

#### 8.1.3.2 Prosjektplattform hos Infrakit

Dette intervjuet var et supplement for besvarelse av hvordan informasjonsflyten av fremdriftsdata er i dag hos utførende aktør, og om det er hensiktsmessig å bruke de tilgjengelige fremdriftsdataene i inntjent verdi. Studien kartla brukere, hvilken data som var tilgjengelig og at det var mange muligheter for automatisering av data i plattformen. Dette var både nyttig for å se på en alternativ informasjonsflyt hos utførende, samt se på muligheter i hvilken grad fremdriftsdataene kan bli benyttet i inntjent verdi i form av muligheter med teknologi. Validiteten anses derfor som god da det treffer forskningsspørsmålene. Forfatter anser gyldigheten som god ettersom intervjuobjektet er leder for hele Infrakit i Norge og har høy kunnskap om fremdriftsdata. Det er også mulig å etterprøve studiens resultater ved å både utføre en observasjon av plattformen eller utføre intervju med mennesker som benytter den.

## 8.2 Forskningsspørsmål 1 – Fordeler og ulemper med inntjent verdi

Forskingsspørsmål 1:

- Hvilke fordeler og ulemper medfører beregning og benyttelse av inntjent verdi?

I de fem studiene som har blitt gjennomgått var det mange positive erfaringer med benyttelse av inntjent verdi. Susilowati og Kurniaji (2020) la frem tall som påviste at denne metodikken viste den faktiske fremdriften fra flere vinkler. Her kom kostnadene godt frem i form av både grafer og tabeller slik som Rolstadås et al. (2020) har forklart det. De fordelene som ble kartlagt i denne studien var at de fikk et reelt tall på forsinkelsene og kostnadene. Som eksempel så de at beregning av inntjent verdi den tolvte måneden ga resultater som kunne bygge opp under en tidspredikering for ferdigstilling av prosjektet. På grunnlag av dette predikerte de at det ville ta 23 måneder å ferdigstille prosjektet med den fremdriften som hadde vært. Det ble da kalkulert med at prosjektet var forsinket med 56,52% i sin helhet. I tillegg ser man i denne studien at beregning av inntjent verdi kan brukes i prosjekter i ettertid uten at det var ment å brukes fra starten av. Susilowati og Kurniaji (2020) beviste det som ble fortalt av Rolstadås et al. (2020) at en prosjektleder kan gjøre rede for den totale ytelsen til prosjektet, og at man kan forutsi kostnader og prosjektets sluttid. Imidlertid sier

artikkelen deres ingen ting om prosjektledelsen benyttet seg av denne analysen senere i prosjektet, og eventuelt om den bidro til endringer for å korte ned tidsbruken. Den muliggjørelsen av at ledelsen kunne utføre mer effektive tiltak for å sikre gunstige resultater er bare delvis bevist, da artikkelen ikke følger opp prosjektet helt til siste fase. Fordelene ved bruk av inntjent verdi som ble beskrevet i denne artikkelen kan kortes ned til:

- Gjør rede for den totale ytelsen til prosjektet.
- Forutsi prosjektets sluttid.
- Informerer ledelsen om ytelse og dermed muliggjør mer effektive tiltak.
- Kan utføre beregninger i ettertid selv om det ikke var lagt opp til bruk av denne metodikken.

Al-Fadhli og Al-Bazaz (2020) utførte en lignende studie som Susilowati og Kurniaji (2020), og kom frem til like positiv oppfatning av metodikken. I tillegg dristet de seg til å si at inntjent verdi-metodikken var en av de mest effektive metodene for å kontrollere kostnader. Selv om dette vitner til en meget positiv tilbakemelding om inntjent verdi, er det viktig å se metodikken i sin helhet. De kunne med fordel også gått dypere inn i de negative faktorene inntjent verdi medfører. Krevs det for eksempel mye ressurser, er data lett tilgjengelig og er det effektivt å gjøre det i alle stadier av prosjektet. Fordelene de hadde funnet med inntjent verdi-metodikk er:

- Registrerer avvik fra arbeidsplan og planlagt budsjett.
- Kan benyttes når som helst i prosjektet.
- Forstår bedre hvordan prosjektet har utviklet seg, for å så kunne gjøre gode endringer og kontrollere avvik i fremtiden.

I likhet med hva Rolstadås et al. (2020) skrev om prosjektstyring, sa også Miguel, Madria og Polancos (2019) at grunnleggende prosjektledelse involverer å oppnå kravene for tid, budsjett og omfang. Miguel, Madria og Polancos (2019) mener videre at prosjekter endres over tid både teknologisk og metodisk, derfor må verktøyene også videreutvikles for å imøtekomme disse skiftende behovene. De legger til grunn at inntjent verdi-metodikk nå er en så kjent metodikk at man vet at dette medfører mange gevinster ved bruk. Denne rapporten tok derfor mer utgangspunkt i de begrensningene/ulempene som forfatterne så ved bruk av denne metodikken gjennom annen litteratur. De begrensningene som de hadde funnet er samlet som:

- Variansen av planlagt verdi og inntjent verdi er lik null i slutten av prosjektene. Dette medfører at forholdet mellom inntjent verdi og planlagt verdi blir lik null som indikerer at prosjektet er i tide selv om det ikke trenger å være det (Acebes et al., 2014).
- Mangler å vise de forskjellige kostnadstypene som påløper i prosjekt - for eksempel kvalitetskostnader og risikorelaterte kostnader. Disse kan i senere tid føre til at prosjektet må gjøre omarbeid og får derfor mer kostnader og ekstra tid (Acebes et al., 2014).

Gjennom disse begrensningene ble det derfor foreslått kvalitet- og risikoytelsesindikatorer. Etter å ha utført beregninger av disse sammen med den klassiske inntjent verdi-metodikken kunne man se hvordan prosjekter utviklet seg når det gjelder kostnad, tidsplan og kvalitet, samtidig som den viste risiko. Når det gjaldt indikatorer på kvalitetsytelse, ble dette også av Willhelms og Vanhoucke (2015). De fortalte at inntjent verdi hadde et stort potensial til å beregne kvaliteten på bærekraft i byggeprosjekter i fremtiden. Dette kan indikere at næringen begynner å få et behov for

nettopp slike kvalitetsytelsesindikatorer, og at det burde forskes mer på denne videreutviklingen som Miguel, Madria og Polancos (2019) forklarte. Fordelene de fant ved bruk av inntjent verdi-metodikk med kvalitet og risikoytelsesindikatorer var:

- Viser utvikling for kostnader, tidsplan, kvalitet og risiko i prosjekter.
- Avdekker skjulte kostnader som risikokostnader og omarbeidelseskostnader, derfor en mer nøyaktig fremgang enn med ordinær inntjent verdi.

Studien til Bryde, Unterhitzenberger og Joby (2018) viste til at inntjent verdi-metodikk både kan være veldig vellykket og nyttig i noen prosjekter, og mislykket i andre prosjekter. De kartla her at det var flere betingelser som måtte ligge til grunn i prosjekter for at man kunne dra nytte av denne metodikken. Disse forutsetningene måtte være til stede i både prosjekteringsfasen og produksjonsfasen. Her var det blant annet at man allerede i prosjekteringsfasen fremhevet behovet for å tilrettelegge enkelhet og klarhet i valg av inntjent verdi beregninger, og at man her skal lage et system for å danne visuell grafisk rapportering. I produksjonsfasen måtte man blant annet ha god opplæring, et passende nivå av innsats og en riktig benyttelse av metodikken for å utløse korrektiv handling. Dette var i strid med det Susilowati og Kurniaji (2020) kom frem til. De sa at man med positiv effekt kunne benytte inntjent verdi-metodikk i prosjekter der det egentlig ikke var lagt opp til å benyttes. Som tidligere nevnt valgte de å ikke se på hvordan prosjektet dro nytte av denne metodikken, men at det kun var mulig å utføre de.

Det kreves en innsamling av store mengder data fra forskjellige fagpersoner for å kontrollere tidsplaner og budsjetter fortalte Abadie, Raymond, Morgan, Caletka (2013). Disse dataene ble omtalt til at de ikke samhandler eller kommuniserer effektivt som medfører inkompatibilitet, datalekasjer og ombehandling under integrasjonsprosessen. Slik som Aronés et al. (2021) mente innledningsvis er den tradisjonelle metoden for overvåking av fremdriften i byggeprosjekt å samle informasjon ute i felt, dokumentere denne informasjonen manuelt og deretter digitalisere den ved hjelp av etablerte formater. De to rapportene viser derfor til at man har forbedringspotensialer i hvordan man innhenter data og hvordan flyten av disse går videre i prosjektet.

Knytter man suksessfaktorene om at man skal benytte et passende nivå av innsats og at man allerede i prosjekteringsfasen skal planlegge gjennomføringene av senere beregninger til det digitale veikartet, kan man med fordel automatisere mye av dette for å få til suksessfaktorene. En slik digitalisering kan med fordel være en bidragsyter til de dristige målene byggenæringens landsforening har satt seg. Bryde, Unterhitzenberger og Joby (2018) sier at når man har alle suksessfaktorene på plass kan høste fordeler i form av:

- Grafisk visualisering er mer effektive i å kommunisere fremgang enn basert på rapportering av verdiene i kun tall
- lavt konfliktnivå
- lav grad av opportunistisk oppførsel
- lavt nivå av informasjon asymmetri
- høy grad av tillitt mellom de forskjellige perspektivene i prosjektet
- fullstendig informasjon om opptreden
- lavt nivå av skjulte negative utfall
- høy grad av organisatorisk rettferdighet.

Bryde, Unterhitzenberger og Joby (2018) konkluderer med at det å ha for kompliserte og sofistikerte beregninger av metodikken kanskje ikke er den beste tilnærmingen for å

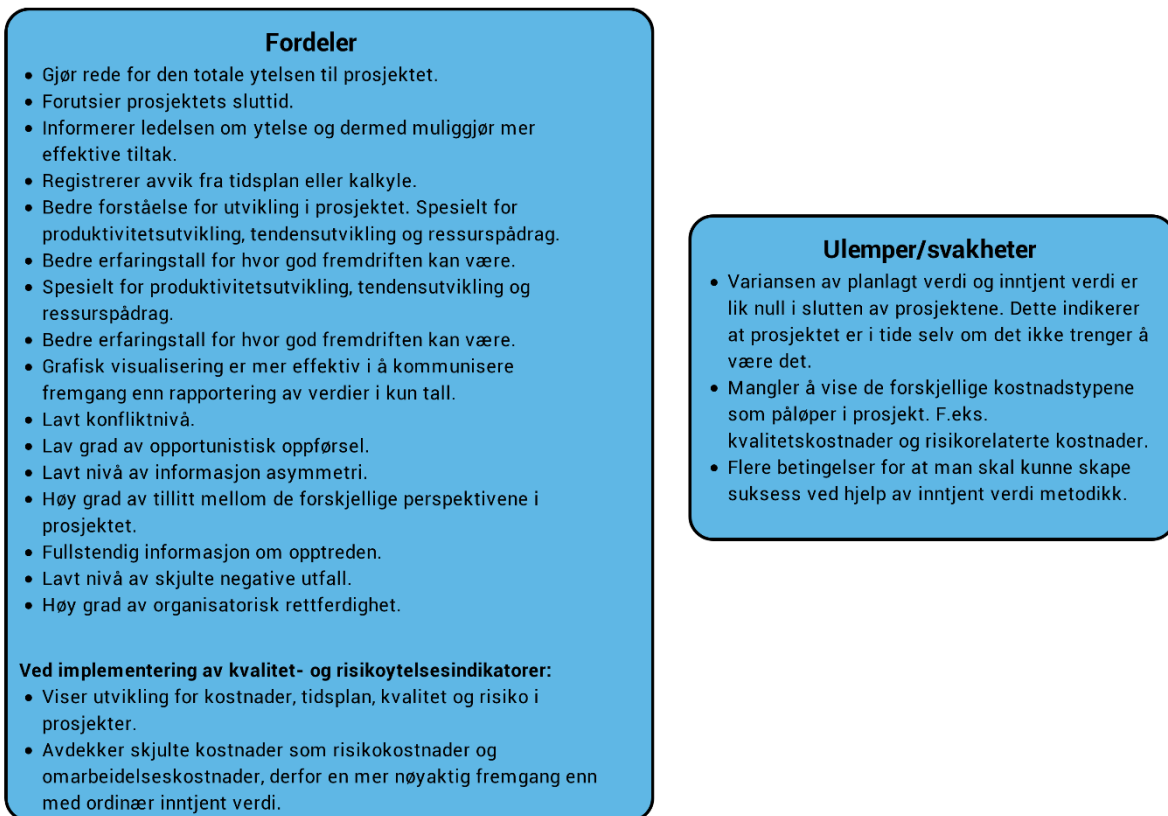
bedre effektiviteten, da det kan forekomme at det operasjonelle ikke blir tilstrekkelig tatt hensyn til. Metodikken kunne derfor påvirke effektiviteten mot sin hensikt om enkelheten og brukervennligheten går tapt. Skal man digitalisere og automatisere en del av informasjonsinnhenting og beregningene av inntjent verdi-metodikk, må man være påpasselig med at dette ikke blir for avansert og går på bekostning av enkelheten og brukervennligheten.

COST-BIM utarbeidet av Cárdenas, Zapata og Lozano (2018) skulle dra nytte av både BIM og inntjent verdi-metodikk i et verktøy. Her skulle en fullstendig integrering av både prosjektnedbrytningen og tidsplan kunne føre til en automatisk 4D-simulasjon av prosjektet, men for beregning av inntjent verdi var det behøvelig å legge inn de faktiske kostnadene og den faktiske fremdriften manuelt. Slik som Rolstadås et al. fortalte er det den reelle fremdriften som er vanskelig å kartlegge, derfor er den ikke veldig god på selve datainnhenting under produksjonsfasen. Ser man derimot på suksessfaktorene til Bryde, Unterhitzberger og Joby (2018) oppfyller de at man allerede i prosjekteringsfasen skal kartlegge hvordan man skal benytte inntjent verdi-metodikk videre i prosjektet. Det at COST-BIM legger inn en grunnlinje for å enkelt kunne sammenstille den prosjekterte tidsplanen og kostnadene kan derfor potensielt være en suksessfaktor hvis man videre får hentet inn fremdriftsdata på en enkel og brukervennlig måte. Fordelene som Cárdenas, Zapata og Lozano høstet ved å ha en beregningsplattform var:

- Stort potensiale i å forbedre arbeidsflyten i byggeprosjektledelsen
- Kan automatisere kostnadsoverslag og budsjettforberedelsesprosess

Susilowati og Kurniaji (2020) gjenfortalte at Chen, Chen og Lin (2016) sin konklusjon om at inntjent verdi kan medføre at man får mulighet til å utføre mer effektive tiltak. Disse må også planlegges, og fra det Rolstadås et al. (2020) fortalte om at bedrifter har en estimeringsdatabase som man bruker når det skal estimeres nye oppgaver vil en slik database være viktig. Siden inntjent verdi lagrer og sammenstiller alle dataene over kostnader og tider fra hele prosjektets levetid, er det stor sannsynlighet for at tall fra inntjent verdi-beregninger også kan brukes i en estimeringstalledatabase. Med slike erfaringstall kan man potensielt høste fordeler i prosjektoppfølgingen med å ha data å sammenligne med for hvor stor effektivitet som er mulig å nå i de ulike aktivitetene.

Avslutningsvis er fordelene og ulempene/svakhetene samlet og kortet ned i figur 22, og vist i stort format i bilag 4.



**Figur 22: Fordeler og ulemper/svakheter.**

Forfatter har videre vurdert at lavt konflikt nivå og lav grad av opportunistisk oppførsel ikke gjelder for å bedre prosjektoppfølgning direkte. Derfor vil ikke disse ta del i hovedkonklusjonen i denne oppgaven.

### 8.3 Forskningsspørsmål 2 – Informasjonsflyt av fremdriftsdata

Forskningsspørsmål 2:

- Hvordan er informasjonsflyten av fremdriftsdata i dag hos utførende aktør?

Informasjonsflyten til Skanska i Skarvberg tunnelen er illustrert i flytdiagrammet i Bilag 2. Her ser man at dataene både blir transportert i automatisk flyt og gjennom manuelle innsendinger. Formatene er forskjellige der noen er støttet av Gemini, noen av Excel og noen av Word eller PDF. Alle disse ble samlet i en skytjeneste for lett tilgang til filene med data, foruten noen av de som ble distribuert verbalt. Skanska holdt kontroll over kostnadene ved å ha gode rutiner for kontering av både kalkulerte og ukalkulerte kostnader samlet i regnskapsprogrammet. Prosjektleder utførte hver måned en detaljert gjennomgang av de faktiske kostnadene, og utførte endringer i takt med årsakene som ble funnet slik som vist i bilag 3. Det ser ikke ut til at det er en direkte kobling mellom kostnadene og de tilgjengelige fremdriftsdataene hos Skanska. De er samlet i to ulike siloer der det ene er regnskapsprogrammet og det andre er i skytjenesten. Det er likevel indirekte kontakt mellom de da de påvirker hverandre. Her vil mer tid brukt i gjennomføringer av aktiviteter gi mer kostnader. Forfatter ser derfor at det er rom for å flette disse mer sammen, som kan utføres ved hjelp av inntjent verdi beregninger.

Infrakit og VisionLink ser ut til å sammenstille mye av de samme dataene. Forskjellen mellom disse er at VisionLink har flere delprogrammer og Infrakit har et enkelt program.

Man kan i begge programmene kombinere målings- og prosjekteringsdata med maskindata, samt at materialbevegelsesdata, laststillinger og syklustider kan bli sammenstilt på et sted.

Infrakit og VisionLink samlet også dataene til en skytjeneste/plattform slik som Skanska. Forskjellen mellom de var at Infrakit la inn dataene som en visualisering i kart over anlegget. Dataene som ble generert hos Infrakit var noe ulike fra de som ble generert hos Skanska. Infrakit hadde en mer enkel visualisering av dataene med bilder og knytting opp mot kart, mens Skanska hadde mer detaljerte data over aktivitetene gjennom Formworks og Bever Control. Selv om Infrakit ikke inneholdt mange av de viktige dataene for tunneldriving, ble det kjent at de hadde systemer for innmelding av diverse sjekklister automatisk. Tiltnes forklarte at Infrakit var en helhetlig prosjektplattform som kunne hente inn både prosjektert data og produsert data. Det ble så vist frem at Infrakit hadde sammenstillinger over stopptid på maskiner til enhver tid og kunne beregne den totale stopptiden automatisk. Den kunne også få en fremvisning i Gantt hvor det ble beregnet automatisk hvor langt man var kommet i fremdriften ved hjelp av GPS-data fra maskiner. Med dette ser man at det er mulig i en prosjektplattform å eventuelt kunne automatisere sammenstillinger og beregninger av boredata fra basrappporter og eventuelt Bever Control i fremtiden. Når det gjelder kostnader hadde Infrakit ingen konkrete sammenstillinger av disse slik som Skanska hadde i regnskapsprogrammet.

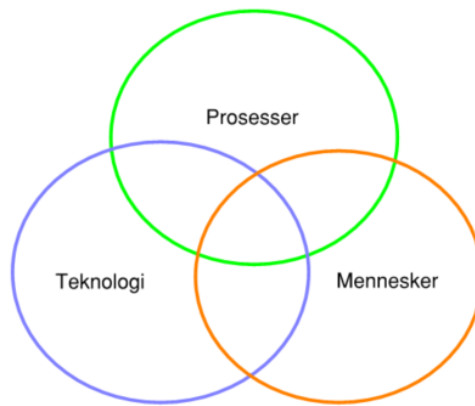
Rolstadås et al. (2020) fortalte at faktisk verdi representerte de kostnader som er påløpt i prosjektet. Disse kostnadene må da knyttes til hver aktivitet som skal utføres i prosjektet. På denne måten utførte Skanska kostnadsoppfølgingen i sine prosjekter. De samlet kalkylen inn i regnskapsprogrammet og laget egne poster som samsvarte med kalkylen. På denne måten hadde de i teorien kunnet beregnet faktisk verdi kontinuerlig ettersom de faktiske kostnadene ble kontert i de ulike postene.

Med utgangspunkt i det deltakende og ikke-deltakende observasjonsstudiet, litteraturstudiet og intervjuene ble det laget en IDDS for dagens situasjon av informasjonsflyt av fremdriftsdata hos utførende aktør.

### 8.3.1 IDDS – Dagens situasjon av informasjonsflyt av fremdriftsdata

I denne analysen har det blitt sett på informasjonsflyten og samspillet mellom prosesser, menneskene og teknologi. I en perfekt situasjon ønsker man gjerne at disse samarbeider på en best mulig måte. Sirklene er da like store siden man utnytter mulighetene innenfor prosessene, teknologien og menneskene like mye. Overlappende sirkler tyder på god forståelse og delte leveranser mellom alle. En slik ideell situasjonen har blitt vist i figur 23 under.

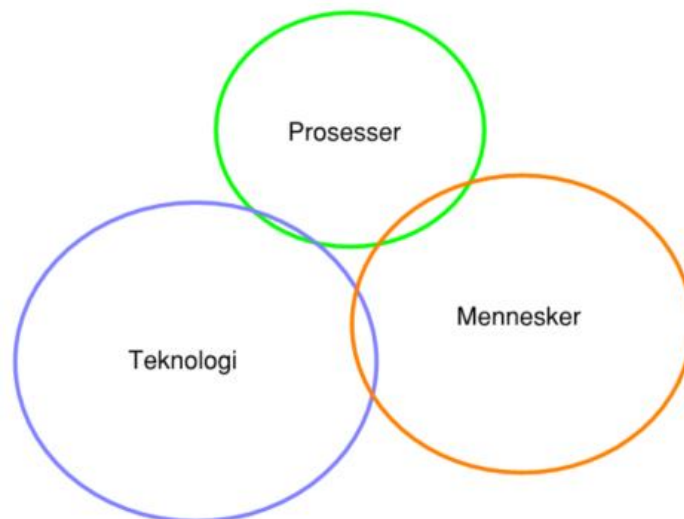




**Figur 23: Ideell situasjon.**

### 8.3.1.1 Fremdriftsdata uten kostnader

Dataene som viste fremdriften mest detaljert var dataene fra Formworks sammenstilt med dataene fra geologer. Det har derfor blitt tatt utgangspunkt i prosessene rundt disse. Dagens situasjon er illustrert i figur 24 under:



**Figur 24: Dagens informasjonsflyt av fremdriftsdata.**

Prosessene fra det å lage data i Formworks virket veldig godt innarbeidet og det fungerte bra med unntak av at det fantes menneskelige feil i innrapporteringen som nesten er umulig å unngå. Prosessene der dataene fra Formworks og geologene sine ark skulle brukes var det imidlertid litt mer innviklet. Dataene var til stede, men krevde manuelle og ganske tidkrevende prosesser for å sammenstille sikringsklasser til dataene fra Formworks. Prosessene fra da man skal benytte dataene kan med fordel bli effektivisert enda mer, derfor er sirkelen for prosess mindre enn de andre.

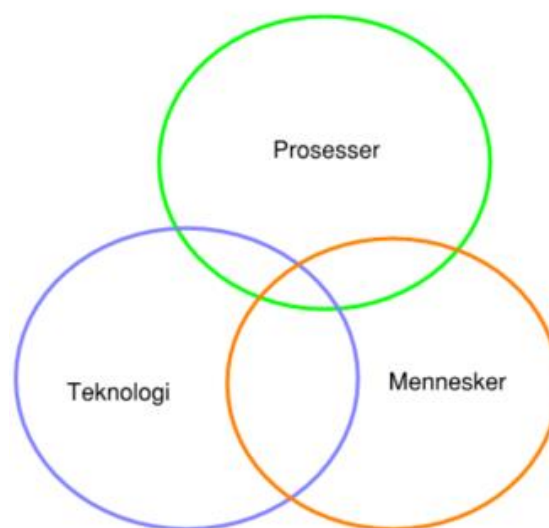
Når det gjelder mennesker er de godt innarbeidet i de prosessene som har vært, med unntak for bruk av dataene. Det har blitt laget gode datagrunnlag for beregning av fremdriften, og det er både muntlig og skriftlige leveranser mellom leddene. Menneskene har derfor fått litt større sirkel enn prosessene og samarbeider til dels med teknologi og prosesser.

Gjennom intervju med Infrakit der alle de automatiske løsningene er illustrert og beskrevet, gir det indikasjon på at det er mulig å effektivisere det datagrunnlaget som

blir laget i tunneldrivingen i dag. Teknologien har derfor størst sirkel av alle de tre faktorene. Hadde man fått automatisert beregningene, samt at sikringsklasser fra geologene blir sammenstilt med data over utførte aktiviteter i basrapportene, hadde man kunnet høstet gevinster i form av mindre ressursbruk og kanskje mer korrekt sammenstilling. Når det gjelder manuell innskrivning av basrapporter har menneskene klart dette i det store bildet veldig bra. Likevel kan det oppstå menneskelige feil ved innskrivningene som gjør at dokumentasjonen over aktivitetene blir feil. En potensiell effekt av automatisering er at selve tunneldrivingsprosessen blir mer effektivisert som følge av at mannskap bruker mindre tid på logging av aktiviteter, samt en lavere usikkerhet på de dataene som blir distribuert inn i Formworks. Selv om Skanska med fordel kunne automatisert mer, har de i dag begynt prosessene med å digitalisere fremdriftsdataene på en veldig god måte. Dette muliggjør det å digitalisere mer på en relativ kort tid da prosessen allerede er i gang. Det fører til at teknologien havner litt innenfor menneskene og litt innenfor prosessene. Med dette ser man også at man har potensiale i å forbedre seg.

### 8.3.1.2 Fremdriftsdata i form av kostnader

Prosessene med kostnadene virket å være godt innarbeidet hos menneskene og teknologien. De så på det kalkulerte grunnlaget opp mot de reelle kostnadene som kan relateres mye til beregning av faktisk verdi i inntjent verdi-metodikk. Det ble derimot ikke sett noen direkte kobling mot de fremdriftsdataene som var til stede, derfor viser figur 25 at prosessen er litt lengre ut fra mennesker og teknologi, men at de har god kontroll på disse.



**Figur 25: Fremdriftsdata i form av kostnader.**

Det ble til slutt laget en sammenstilling for foreslått videre arbeid hos Skanska for forbedring av flyten av fremdriftsdata. Dette kan bidra til en effektivisering uavhengig om de eventuelt skal beregne inntjent verdi eller fortsette med dagens oppfølgingsprosesser. Dette er vist i figur 26 under.

## Foreslått videre arbeid for fremdriftsdata hos Skanska

### Sammenstilling av sikringsklasser fra geologer med Formworks:

- Data fra geologer/produksjonsleder kan med fordel sammenstilles med data fra Formworks automatisk.

### Sjekk om aktiviteter var korrekt logget:

- Logging av aktiviteter i tunnelen kan med fordel logges automatisk for å minske usikkerhet for feilskrivinger.

### Beregning kalkulert og prosjektert:

- Lage valg for hvordan eksportering av data fra Formworks til Excel skal gjennomføres med tanke på systematisering. Eksempel skrive ut data ferdig systematisert i aktiviteter i alle sikringsklassene som er brukt.
- Lage formler/system for beregning av tidsbruk av aktiviteter i de ulike sikringsklasser på forhånd.

### Bever Control:

- Undersøke muligheter med å sammenstille tidsdata og profilnummer for boringer fra Bever Control med Formworks

Figur 26: Foreslått videre arbeid for fremdriftsdata hos Skanska.

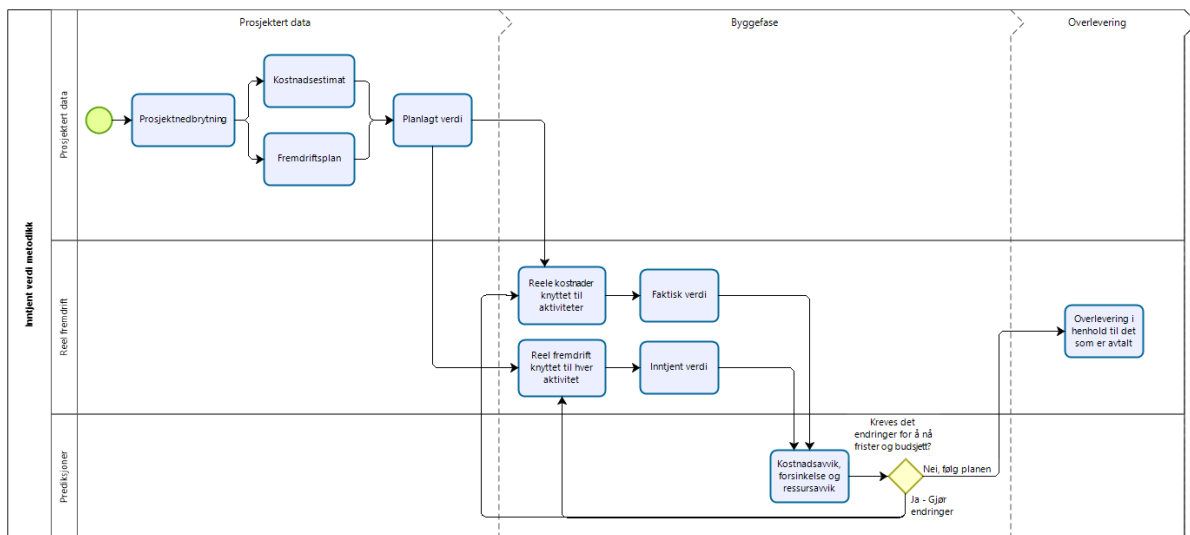
## 8.4 Forskningsspørsmål 3 – Bruk av fremdriftsdataene i inntjent verdi

Forskingsspørsmål 3:

- I hvilken grad er det hensiktsmessig å bruke de tilgjengelige fremdriftsdataene i dagens tunnelprosjekt i inntjent verdi-metodikk?

Det deltakende observasjonsstudiet kartla at fremdriftsdataene fra Formworks har logget tidsbruken på de fleste aktiviteter og ga dermed et godt bilde av tiden som ble brukt. Knytter man dette til Rolstadås et al. sine utsagn om at man må ha en felles måleenhet som beskriver omfanget til prosjektoppfølgingen vil derfor standard timeverk være best i dette tilfellet. En slik måleenhet vil også gjøre at fremdriftsdataene kan brukes i bedriftens estimeringsdatabase. Med hensyn på at det trengs en felles måleenhet vil dataene fra Formworks knyttet til sikringsklasser fra geologer være potensielle data å benytte i inntjent verdi-metodikk da de måler tidsbruk.

For å finne ut om disse dataene kunne benyttes i inntjent verdi måtte forfatter først se på hvordan flyten for beregning av inntjent verdi er. Dette støttes opp mot det fasenormen Neste Steg sier om at informasjonsflyten er essensielt for å bevege seg mellom stegene i byggeprosessen. Forfatter har derfor laget et flytskjema for å sammenstille aktivitetene i steg 4 – detaljprosjektering, steg 5 – produksjon og leveranser og steg 6 – overlevering og ibruktakelse i inntjent verdi. Siden Rolstadås et al. og alle kildene i litteraturstudien er samstemte om hvordan inntjent verdi beregnes, har forfatter klart å sammenstille et flytdiagram over prosessene som vist i figur 27. Denne kan sees i stort format i bilag 5.



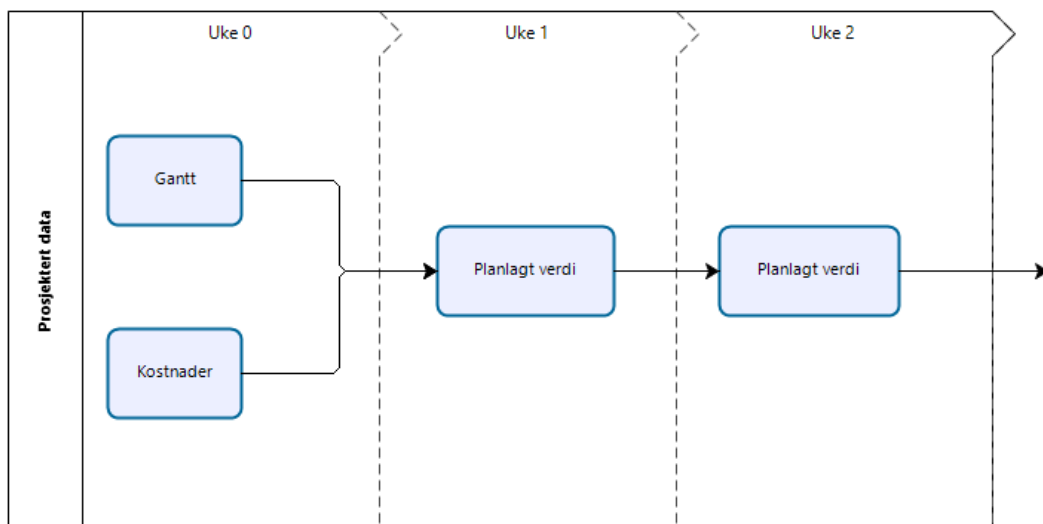
Powered by  
bizagi  
Modeller

**Figur 27: Flyt av inntjent verdi.**

I denne figur 27 ser man at kostnadsestimat og fremdriftsplan blir laget av prosjektnedbrytningsstrukturen. Videre blir det laget planlagt verdi som brukes som grunnlag til beregning av faktisk verdi og inntjent verdi. Faktisk verdi blir laget av planlagt verdi og de reelle kostnadene knyttet til aktiviteter. På samme måte blir inntjent verdi laget av planlagt verdi og reel fremdriftsdata knyttet til hver aktivitet. Dette brukes så til å se på blant annet kostnadsavvik, forsinkelse og ressursavvik. Videre spør man seg om at det kreves endringer for å nå fristelser eller være innenfor budsjett. Kreves det endringer gjør man dette slik at fremdriften og kostnadene endres i kommende fremtid, og hvis det ikke kreves endringer fortsetter man planlagt arbeid til overleveringen.

#### 8.4.1 Planlagt verdi

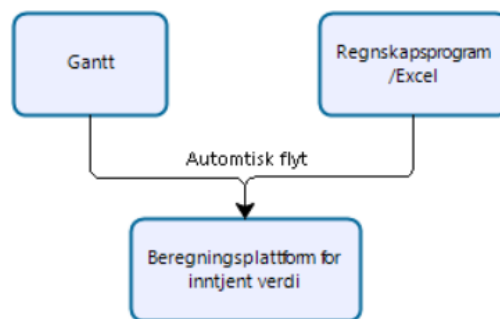
Som man ser i første kolonne med prosjektert data i figur 27 er planlagt verdi beregnet av kostnadsestimat og fremdriftsplan. Kostnadsestimatet hos Skanska var lett tilgjengelig i regnskapsprogrammet ifølge Gildestad, og tar man utgangspunkt i at det fantes et Gantt-skjema som beskrevet i inntjent verdi eksempelet i kapittel 2.1, hadde de all data tilgjengelig for å beregne planlagt verdi. På bakgrunn av dette, ble det laget et eksempel for hvordan flyten av planlagt verdi med fordel kan utføres i figur 28.



Powered by  
**bizagi**  
Modeller

**Figur 28: Planlagt verdi flyt.**

I figur 28 beregnes den planlagt verdien for hver uke ut fra Gantt skjema og kostnadskalkylen. I eksemplet om inntjent verdi i kapittel 3.3 ser man at dette er en ganske omfattende jobb å utføre når det blir mange aktiviteter og en lang tidsplan. Det er derfor å foretrekke å ha en automatisk flyt mellom disse programvarene som vist i figur 29. Som Rolstadås et al. (2020) forklarte om prosjektoppfølgning blir store revisjoner utført på opprinnelig prosjektnedbrytning, tidsplan og kostnadsestimat. Med en automatisk flyt fra den opprinnelige tidsplanen og regnskapsprogrammet til en plattform hvor beregning av planlagt verdi blir utført og visualisert, vil derfor disse endringene bli tatt med. Dette vil da fungere litt som Cárdenas, Zapata og Lozano (2018) sin COST-BIM plattform med en grunnlinje for de planlagte verdiene i prosjektet.



**Figur 29: Automatisering av planlagt verdi.**

Infrakit er en aktør som har løst en lignende automatisering. I intervjuet ble det forklart at de hadde en automatisk flyt fra maskindata som ga grunnlag for beregningene over fremdriften i et gantt-skjema. Med dette vet vi at teknologien og prosessene allerede finnes. Det er også stor mulighet for at VisionLink eller andre plattformer har dette tilgjengelig, derfor trenger man nødvendigvis ikke å lage en helt ny beregningsplattform eller systemer for å få til dette.

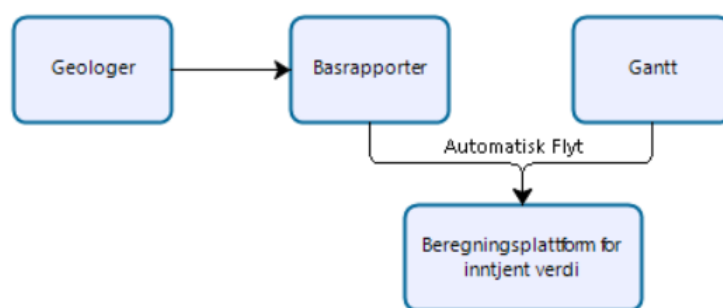
#### 8.4.2 Faktisk og inntjent verdi

De reelle kostnadsdataene og kalkylen utgjør at man kan beregne den faktiske verdien. For Skanska var disse sammenstilt i regnskapsprogrammet, og de hadde gode rutiner for å sjekke disse. Det at både kalkylen og kostnadene allerede var sammenstilt gjør at det å regne på faktisk verdi blir enda enklere. Barrieren er her lik som på den planlagte verdien, da det er flyten mellom regnskapsprogrammet til beregningsplattformen som er

det vanskelige. Når dataene fra Formworks blir eksportert til Excel, vil det mest trolig være mulig å benytte ferdige satte formler for beregning hvis man har systematisert dataene godt.

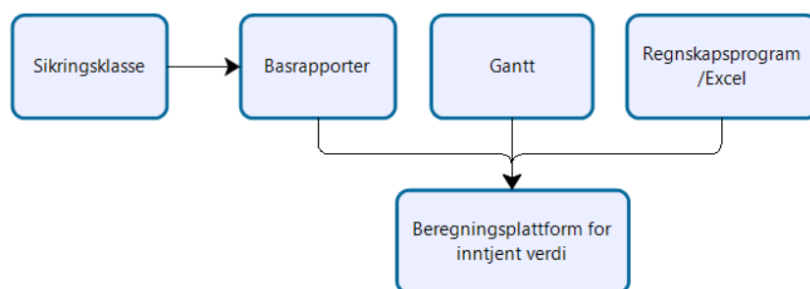
Beregning av selve inntjent verdi-grafen er litt mer komplisert med det datagrunnlaget som ble funnet. Likevel er dataene gode nok til å fortelle hvor langt man er kommet i fremdriften. Som flyten i figur 27 beskriver er inntjent verdi avhengig av den planlagte verdien. Man skal her klare å vise til hvor langt man er kommet i hver aktivitet. Er en aktivitet bare 50% fullført i forhold til det som var planlagt, vil den inntjente verdien for denne aktiviteten være 50% av den planlagte kostnaden på det aktuelle tidspunktet.

Som vi så fra den deltakende studien brukte forfatter mye tid på å sammenstille dataene fra geologer med dataene fra basrapportene. Dette kunne med fordel blitt automatisert hvis man ser på suksessbetingelsen funnet i litteraturstudiet om inntjent verdi. På denne måten får man et bedre grunnlag å regne på fremdriften, samt at man kan benytte disse som erfaringsdata til de neste prosjekt som har like fjellforhold. En slik flyt er illustrert i figur 30.



**Figur 30: Fremdriftsdata flyt.**

Hos Skanska er det mulig å beregne planlagt verdi, faktisk verdi og inntjent verdi med det datagrunnlaget som er til stede. Skal man gjøre dette på en effektiv og ikke for ressurskrevende måte som oppfyller suksessbetingelsene til Bryde, Unterhitzberger og Joby(2018), burde det blitt dannet en automatisk flyt fra basrapporter og Gantt-skjema til beregningsplattformen som vist i sin helhet i figur 31. Dette kan løses på flere måter. For eksempel kan utførende, i dette tilfellet Skanska, inngå et samarbeid med Infrakit for å danne en slik beregningsplattform da de allerede har system som sammenstiller fremdriftsdata med tidsplan. Andre muligheter er å søke etter flere mulige programvarer på markedet eller benytte seg av programmerere som lager systemer for det som trengs å eksporteres og sammenstilles.



**Figur 31: Beregning av fremdrift.**

### 8.4.3 IDDS – Automatisert beregning av inntjent verdi i tunnelprosjekt

For å vurdere en utarbeidelse av automatisk flyt av inntjent verdi for det utøvende perspektiv i tunnelprosjekt ble det utført en IDDS. Her ble det trukket frem faktorer innenfor drivere for endring, muliggjørere, barrierer og muligheter. Videre ble det sett på tidsperspektiv for implementering av dette og effekter av mulighetene. Det som er skrevet baserer seg både på data hentet inn i dette studiet, samt forfatters faglige vurderinger om en slik implementering av inntjent verdi.

En bruk av automatisk beregning av inntjent verdi hos utførende aktør med foreslått flyt i figur 31 kan karakteriseres som en blanding av innovasjonsnivå 2 og 3 som beskrevet i det digitale veikartet. Her blir eksisterende arbeidsprosesser fortsatt gjennomført, men i andre rekkefølger. Prosjektoppfølgingen blir også endret totalt i og med at man skal benytte seg av en ny metodikk som bruker de tilgjengelige fremdriftsdataene. Er man opp på disse nivåene kan man bidra til at næringen skal nå målet med 33% lavere kostnader, 50% raskere leveringstid og 50% mindre klimagassutslipp. Tabell 8, 9 og 10 tar for seg drivere for endring, muliggjørere, barrierer og muligheter i integrerte prosesser, samarbeid mellom mennesker og teknologi. Her har faktorer fra hele oppgaven blitt kategorisert for hvordan de fungerer for en slik implementering.

**Tabell 8: IDDS om integrerte prosesser.**

<b>Integrerte prosesser</b>	
<b>Drivere for endring</b>	Bedre effektivitet
	Krav for benyttelse av inntjent verdi beregning hos entreprenør
	Digitalt veikart
	Heving av driftsmarginer i anleggsbransjen
<b>Muliggjørere</b>	Teknologi er til stede
	Allerede innarbeidet struktur for samling av kostnader og kalkyle
<b>Barrierer</b>	Tids- og ressurskrevende å lage systemer for en beregningsplattform
	Ikke alle forstår inntjent verdi-metodikk
<b>Muligheter</b>	Krever mindre ressurser for å utføre samme oppfølging
	Kostnader og tidsbruk går ned.
	Bedre erfaringstall til beregning av neste tunnelprosjekt
	Kan implementere ytelses- og kvalitetsindikatorer

Tabell 9: IDDS, samarbeid mellom mennesker.

Samarbeid mellom menneskene	
<b>Drivere for endring</b>	Perspektivene (Byggherre, utførende, rådgivere og det offentlige) er interessert i å se en slik beregning for prosjekter for å senke konfliktnivå.
	Entreprenør ønsker lavt nivå av skjulte negative utfall
	Personell innad i bedriften ønsker innsyn i fremdriften for å få høyere organisatorisk rettferdighet
<b>Muliggjørere</b>	Mer motivasjon når man forstår fremgangen til prosjektet
	Menneskene er positive til endring
	Slipper mange manuelle og kjedelige oppgaver i fremdriftsoppfølging
<b>Barrierer</b>	Må bruke dataene på riktig måte hvis ikke alle er automatisert
	Tar tid å forstå metodikken
	Ikke alle ser nytten
<b>Muligheter</b>	Mindre tid blir brukt på forklaringer og kommunikasjon mellom perspektiver
	Skaper erfaringsdeling med andre deler av byggebransjen hvis flere bruker det
	Mestringsfølelse ved måloppnåelse hos personell på prosjektet

Tabell 10: IDDS, teknologi.

Teknologi	
<b>Drivere for endring</b>	Digitalt veikartet
	Enklere å vise datagrunnlaget for eventuelle krav/endringer entreprenør har til byggherre
<b>Muliggjørere</b>	Teknologi er til stede
	Programmerere kan lage system
<b>Barrierer</b>	Krever stor tidsbruk for å implementere og lage foreslått flyt
	Noen må ta ansvar for systemet

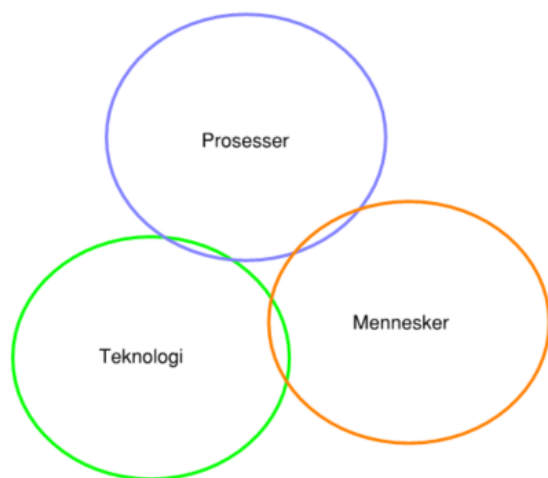


<b>Muligheter</b>	Mindre barrierer for videre utvikling av inntjent verdi-metodikk og andre hjelpemidler som benytter digitale datagrunnlag
	Kan føre til erfaringsdeling fra andre næringer. F.eks. innhenting og bearbeidelse av data fra maskiner i fabrikker

### 8.4.3.1 Tidsperspektiv for implementering

Kort sikt (0 – 12 mnd.)

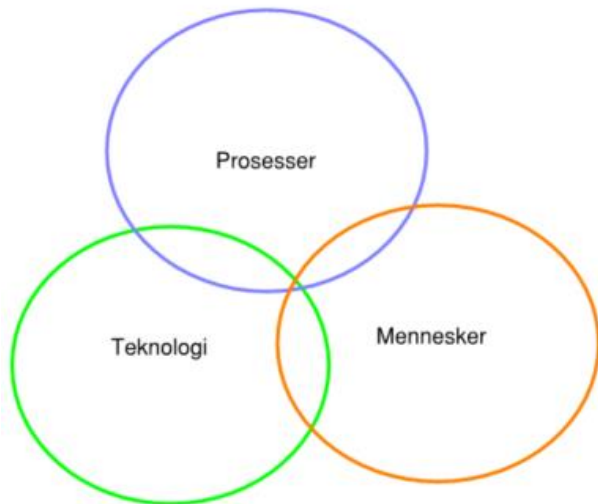
Ved kort sikt vil det være en utprøvningsfase med ulike programvarer og prosesser for flyten til fremdriftsdataene og beregningene. For eksempel kan man få Infrakit til å lage en beregningsplattform siden de allerede har teknologien for sammenstilling av fremdriftsdata med Gantt-skjema, eller så kan programmerere eller andre plattformer lage systemer til utførende aktør. Den interoperable teknologien vil derfor være i en testfase. Etter ca. 12 måneder vil det være mulig at utførende har funnet systemer som klarer å danne en slik foreslått automatisert flyt som foreslått i figur 31. Dette medfører at utførende har et klarere bilde for hvordan prosessene kan bli utført med den tilgjengelige teknologien. Man har fortsatt mange av barrierene som er nevnt i IDDS i foregående kapittel, men noen vil falle bort innen de 12 første månedene. Det burde da blitt kartlagt hvem som har ansvaret for å følge opp systemet, og at fleste forstår metodikken. I figur 32 er det derfor illustrert at prosessene og menneskene begynner å bli like store fordi man er mer bevist på at alle tre faktorene er like viktig.



**Figur 32: Tidsperspektiv for implementering (kort sikt).**

Mellomlang sikt (12 – 24 mnd.)

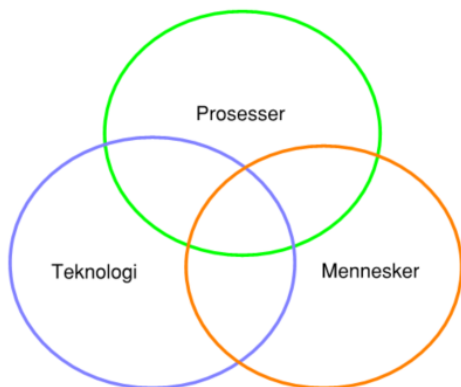
Ved mellomlang sikt har menneskene forstått prosessene og teknologien. Man begynner gradvis å se at automatiseringene fungerer, men det vil likevel avdekkes feil som må utbedres. På denne tiden ser man også hvordan teknologien kan integreres i prosesser, samt hvordan samarbeidet med menneskene drar nytte av disse beregningene. Etter 24 måneder vil man derfor se effekter av bruken av en slik automatisert beregning, men samspillet mellom teknologien, prosessene og menneskene kan fortsatt bli perfektionert ytterligere. Figur 33 viser hvordan forfatter spår denne utviklingen.



**Figur 33: Tidsperspektiv for implementering (mellomlang sikt).**

Lang sikt (24+ mnd.)

På lang sikt begynner prosessene, teknologien og samarbeidet mellom menneskene å arbeide godt sammen. Menneskene klarer å bruke prosessene bra både på kontoret og ute i tunneldriften, og de har kommet frem til en teknologi som står i stil med fremdriftsdatainnhenting og beregninger etter behovene. Det er på det tidspunktet at man høster gode gevinster av inntjent verdi beregninger at utførende kan begynne å se videre på risiko- og kvalitetsytelsesindikatorer. Her er prosessene, teknologien og samarbeidet mellom mennesker illustrert i figur 34 når man har kommet til dette tidspunktet.



**Figur 34: Tidsperspektiv for implementering (lang sikt).**

#### **8.4.3.2 Effekt av automatisert beregning av inntjent verdi i tunnelprosjekt**

Effekten ved en foreslått automatisert beregning av inntjent verdi i tunnelprosjekt er forklart i tabell 11, 12 og 13. Her blir det sett på direkte effekt, indirekte effekt og eventuelle «spin-off» effekter av de mulighetene som ble funnet. Dette er basert på forfatter sine faglige vurderinger og drar de mulighetene som ble kategorisert i tabell 8, 9 og 10 ut i et videre bransjeperspektiv.

Tabell 11: Automatisert prosess.

Prosess		
Direkte effekt	Indirekte effekt	Spin-off
<b>Krever mindre ressurser for å utføre samme oppfølging.</b>	Mer ressurser til å utføre andre arbeid.  Mindre kostnader for å gjøre samme jobben.	Bedre økonomisk bærekraft i tunnelprosjekt.
<b>Kostnader og tidsbruk går ned.</b>	Flere tunneler i infrastrukturen.	Kortere reisetid i Norge.
<b>Bedre erfaringstall til beregning av neste tunnelprosjekt.</b>	Perspektivene er mer samstemte for tids- og kostnadsbruk i tunnelprosjekt i bransjen.	Bedre økonomisk bærekraft i tunnelprosjekter.
<b>Kan implementere og teste ytelses- og kvalitetsindikatorer i metodikken.</b>	Estimere fremgang i prosjektet på en mer realistisk måte.	Bransjen får øynene opp for å se på kostnader og tid på en annen måte.
<b>Skaper rutiner i prosjektoppfølging.</b>	Mer konkrete arbeidsoppgaver.  Gir regelmessig og helhetlig oppfølging da man ser på kostnader og fremdriften samtidig.  Større sjanse for å levere tunnelprosjektene til rett tid og pris.	Flere tunnelutbygginger

Tabell 12: Automatisert samarbeid mellom mennesker.

Samarbeid mellom mennesker		
Direkte effekt	Indirekte effekt	Spin-off
<b>Mindre tid blir brukt på forklaringer og kommunikasjon mellom perspektiver.</b>	Mindre risiko for uenigheter og misforståelser hvis alle får tilgang til inntjent verdi beregningene.	Mer enighet om tidsbruk og kostnad i tunnelbransjen hvis inntjent verdi beregningene samles og deles som erfaringstall.
<b>Skaper erfaringsdeling med andre deler av byggebransjen hvis flere bruker det.</b>	Anleggsbransjen kan få øynene opp for å benytte nye verktøy og prosesser.	Mer samstemt bygge- og anleggsnæring.
<b>Mestringsfølelse ved måloppnåelse.</b>	Bedre arbeidsmoral og motivasjon for personell når man ser prosjektets direkte fremgang.	Billigere tunnelprosjekt.

Tabell 13: Automatisert teknologi.

Teknologi		
Direkte effekt	Indirekte effekt	Spin-off
<b>Mindre barrierer for videre utvikling av inntjent verdi-metodikk og andre hjelpemidler som benytter digitale datagrunnlag.</b>	Mer automatiserte prosesser hos utførende aktør.	Billigere prosjekter for alle perspektiv.
<b>Kan føre til erfaringsdeling fra andre næringer. F.eks. innhenting og bearbeidelse av data fra maskiner i fabrikker.</b>	Større muligheter for å skape smarte løsninger.	Mer digitalisert anleggsbransje.

#### 8.4.4 Gradvurdering

Fremdriftsdataene som er tilgjengelig fra Formworks og regnskapsprogrammet gir gode muligheter for å beregne faktisk verdi og inntjent verdi. Dette krever imidlertid mye ressurser og tid da det er arbeidskrevende å sammenstille alle dataene og beregne de. Dette er selvfølgelig avhengig av hvor ofte man vil utføre beregningene. Skal de utføres ofte vil de kreve mer tid, men man vil også kunne få mer kontroll over prosjektet som følge av de fordelene litteraturstudiet har fremmet.

Studien til Bryde, Unterhitzberger og Joby (2018) fortalte at man skal benytte et passe nivå av innsats i bruk av inntjent verdi-metodikk for å skape suksess. Slik som det er i dag anser forfatter det som for mye innsats til at utførende kan dra nytte av denne

metodikken, men hvis man utfører en automatisering av dataflyten og beregningene vil man potensielt høste de gevinster som er kartlagt i litteraturstudiet. Dagens fremdriftsdata kan derfor i høy grad bli benyttet i inntjent verdi-metodikk hvis dataflyten og beregningene blir automatisert. Ifølge forfatters egen analyse for implementering av en slik automatisering vil utførende aktør kunne høste alle gevinstene etter anslagsvis 24 måneder fra utviklingen starter. Her er det også kartlagt noen direkte, indirekte og «spin off» effekter. Hvis utførende fortsetter prosessene som de ble kartlagt i observasjonsstudiet, og at det ikke blir utført en automatisering, vil det ikke være hensiktsmessig å bruke de tilgjengelige fremdriftsdataene i inntjent verdi-metodikk.

## 9 Konklusjon

Denne masteroppgaven tok utgangspunkt i problemstillingen «Hvordan kan bruk av inntjent verdi bedre prosjektoppfølgning i tunnelprosjekter?». For å besvare problemstillingen har det blitt benyttet tre forskningsspørsmål. Disse konkluderes hver for seg i dette kapitlet, og til slutt besvares problemstilling.

- Hvilke fordeler og ulemper medfører beregning og benyttelse av inntjent verdi?

Fra litteraturstudiet ble det kartlagt 14 fordeler for bruk av inntjent verdi. Metoden legger til rette for å skape bedre erfaringstall for å anslå fremtidig fremdrift. Videre er grafisk visualisering mer effektiv i å kommunisere fremgang enn presentasjon av absolutte tall. Metoden bidrar også til lavt konfliktnivå mellom perspektivene i byggeprosessen, og man kan bedre forståelsen for utvikling i prosjektet med tanke på produktivitetsutvikling, tendensutvikling og ressurspådrag. Hvis man i tillegg implementerer kvalitet- og ytelsesindikatorer i metodikken kan man avdekke skjulte kostnader som risikokostnader og omarbeidelseskostnader.

Inntjent verdi hadde også flere ulemper. Variansen av planlagt verdi og inntjent verdi er lik null i slutten av prosjektet, hvilket indikerer at prosjektet overholder tidsskjema selv om dette ikke nødvendigvis er tilfelle. Metodikken er heller ikke egnet til å vise kostnader knyttet til kvalitet og risiko. I tillegg må enkelte betingelser i prosjektet oppfylles for at benyttelsen skal være lønnsom: Innsatsen som legges ned i bruk av metodikken må være på et slikt nivå at man ikke bruker for mye tid og ressurser på de aktuelle beregningene. Dette kan gå på bekostning av effektiviteten slik at det til slutt ikke blir lønnsomt. Det er også viktig at enkelthet og brukervennlighet blir ivaretatt slik at prosjektet ikke druknes i irrelevant data.

- Hvordan er informasjonsflyten av fremdriftsdata i dag hos utførende aktør?

I Skanska sitt tunnelprosjekt på E69 Skarvberg tunnelen ble det skilt mellom data som omhandlet fremdriften og data som omhandlet kostnadene. Informasjonsflyten vedrørende prosjektets fremdrift inneholdt data produsert av tunnelboremaskin, geomatikere, formenn, tunnel drivere og geologer. Her hadde tunnelboremaskinene et GPS-system som logget boreaktiviteter og sendte disse videre med automatisk flyt til programvaren Gemini. På samme måte hadde geomatikere automatisk flyt til Gemini med sine georefererte data. Formenn og tunnel drivere logget aktivitetene sine med en automatisk flyt der dataene ble tilgjengelig på en skytjeneste. I tillegg hadde formenn og mannskapet verbal kontakt med ledelsen, og geologer lagret manuelt sin dokumentasjon i form av PDF dokumenter i skytjenesten.

Skanska holdt kontroll over sine kostnader ved å samle alt inn i et regnskapsprogram. Her ble både prosjektert kalkyle og de påløpte kostnader i produksjonsfasen samlet. Ut fra informasjonen gitt i regnskapsprogrammet ble det utført korrektive tiltak hvis kalkyle og påløpte kostnader ikke overgikk hverandre.

- I hvilken grad er det hensiktsmessig å bruke de tilgjengelige fremdriftsdataene i dagens tunnelprosjekt i inntjent verdi-metodikk?

Det ble funnet at fremdriftsdataene som er tilgjengelig i dagens tunnelprosjekter kan bli brukt i inntjent verdi-metodikk. Man har gode tall på både kostnader og fremdrift, hvilket vil gi et solid grunnlag for de aktuelle beregningene. Likevel ble det i det deltakende observasjonsstudiet sett at det er behov for mange manuelle oppgaver som er både tid- og ressurskrevende for å sammenstille dataene. Kostnadsdataene og fremdriftsdataene

ligger i hver sin silo, som medfører at man må eksportere dataene ut, sortere de og beregne de manuelt. En av suksessbetingelsene for bruk av inntjent verdi er å bruke passende nivå av innsats og at det ikke skal kreves for omfattende prosesser eller være for mye overflødige data. Således vil det ved dagens prosesser være lite hensiktsmessig å benytte seg av inntjent verdi. Hvis derimot utførende aktør automatiserer og effektiviserer dataflyten og beregningene, er det i høy grad hensiktsmessig å bruke de tilgjengelige fremdriftsdataene i inntjent verdi-metodikk. I denne rapporten ble det funnet ut at en slik automatisering var høyst oppnåelig da prosjektplattformen Infrakit allerede besitter den aktuelle teknologien for å sammenstille dataene.

- **Problemstilling: Hvordan kan bruk av inntjent verdi bedre prosjektoppfølgning i tunnelprosjekter?**

Ved en ikke-automatisert dataflyt og beregning av inntjent verdi vil man ikke kunne bedre prosjektoppfølgningen nevneverdig. Dette på grunn av at man ikke klarer å oppfylle suksesskriteriet om å ha passe nivå av innsats ved bruk av metodikken. I verste fall kan bruk av inntjent verdi påvirke effektiviteten negativt hvis beregningene blir for omfattende og kompliserte å utføre. Hvis man derimot utfører en automatisering og effektivisering av dataflyten og prosessene av fremdriftsdataene, kan prosjektoppfølgningen i tunnelprosjekt bedres betraktelig med hele 12 fordeler. Blant disse er at man kan skape bedre erfaringstall for å anslå hvor høy effektivitet som er oppnåelig, og grafisk visualisering er mer effektiv til å kommunisere fremgang enn bare tall. Videre muliggjør metodikken mer effektive tiltak og man får bedre forståelse for utviklingen i prosjektet med tanke på produktivitetsutvikling, tendensutvikling og ressurspådrag. I analyse med hjelp av IDDS kom det frem at dette er fordeler som kan høstes på lang sikt på 24 måneder eller mer. Mulig indirekte effekt av en automatisert beregning av inntjent verdi, er at ulike perspektiv i byggeprosessen kan bli mer samstemt for tids- og kostnadsbruk, og at anleggsbransjen kan få øynene opp for å teste nye verktøy og prosesser i prosjekter.

## 10 Videre arbeid

Veien videre vil være å innvilge mer penger til å forske på hvordan inntjent verdi kan bedre prosjektoppfølgingen i tunnelprosjekt i alle faser av produksjonsprosessen. Det vil være hensiktsmessig å utføre en casestudie der foreslått flyt blir implementert og brukt i en beregning av inntjent verdi. Det vil videre være nødvendig å kartlegge hvordan de negative faktorene ved inntjent verdi påvirker prosjektet, samt forske mer på bruk av de foreslåtte kvalitet- og ytelsesindikatorerne av Miguel, Madria og Polancos (2019).



# Referanser

Abadie, R. *et al.* (2013) *orrecting the course of capital projects Plan ahead to avoid time and cost overrunsdown the road*. Tilgjengelig fra: <https://www.pwc.com/gx/en/capital-projects-infrastructure/pdf/pwc-correcting-the-course-of-capital-projects-v3-pdf.pdf>

Acebes, F. *et al.* (2014) A new approach for project control under uncertainty. Going back to the basics, *International Journal of Project Management*, 32(3), s. 423-434. doi: 10.1016/j.ijproman.2013.08.003.

Al-Fadhli, S. K. I. og Al-Bazaz, S. H. (2020) Applying Earned Value to Construction Projects, i. Institute of Physics Publishing.

Aliverdi, R., Moslemi Naeni, L. og Salehipour, A. (2013) Monitoring project duration and cost in a construction project by applying statistical quality control charts, *International Journal of Project Management*, 31(3), s. 411-423. doi: 10.1016/j.ijproman.2012.08.005.

Andersen, G. (2019) *Valg av forskningsmetode*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/nb/subject:1:80f10045-2faa-4f6f-be0f-4c7ec9618186/topic:3:186530/topic:2:70510/resource:1:56937> (Hentet: 15.02.2021 2021).

Andersen, G. (2020) *Kvalitative intervjuundersøkelser*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/nb/subject:1:9bb7b427-3f5b-4c45-9719-efc509f3d9cc/topic:1:432baee9-5671-47ce-870e-48b8fc3b7a42/topic:1:1db7bf3c-3a7b-44af-b632-e3c5ff2a999e/resource:201ce19e-7011-49a6-b415-91fd42d5dfe9> (Hentet: 04.03 2021).

Aronés, M. *et al.* (2021) Use of Data Acquisition Technologies to Optimize Construction Progress Monitoring Times in Residential Buildings, i Iano, Y., *et al.* (red.) (b. 201, s. 605-615): Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. doi: 10.1007/978-3-030-57548-9\_58.

Aveyard, H. (2010) *Doing a literature review in health and social care : a practical guide*. McGraw-Hill/Open University Press. Tilgjengelig fra: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/ntnu/reader.action?docID=771406>.

Balali, A. *et al.* (2020) Improving the results of the earned value management technique using artificial neural networks in construction projects, *Symmetry*, 12(10), s. 1-17. doi: 10.3390/sym12101745.

Bryde, D., Unterhitzberger, C. og Joby, R. (2018) Conditions of success for earned value analysis in projects, *International Journal of Project Management*, 36(3), s. 474-484. doi: 10.1016/j.ijproman.2017.12.002.

Bygg21 (2015) *Fasenormen "NESTE STEG"*. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg21.no/resultater/fasenormen-neste-steg/> (Hentet: 16.09.2019).

Byggenæringens Landsforening (2017) *Digitalt veikart*. Tilgjengelig fra: <https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/digitalt-veikart-2017---full-rapport.pdf> (Hentet: 12.11 2020).

Cárdenas, C., Zapata, P. og Lozano, N. (2018) Building Information Modeling 5D and Earned Value Management methodologies integration through a computational tool, *Revista Ingenieria de Construccion*, 33(3), s. 263-278. doi: 10.4067/S0718-50732018000300263.

Chen, H. L., Chen, W. T. og Lin, Y. L. (2016) Earned value project management: Improving the predictive power of planned value, *International Journal of Project Management*, 34(1), s. 22-29. doi: 10.1016/j.ijproman.2015.09.008.

Colin, J. *et al.* (2015) A multivariate approach for top-down project control using earned value management, *Decision Support Systems*, 79, s. 65-76. doi: 10.1016/j.dss.2015.08.002.

- Dalsegg, H. og Lidsheim, T. (2019) *Ny analyse om bygg- og anleggsbransjen: Stor vekst, men rekordlave marginer og høy risiko*. Tilgjengelig fra: <https://www.bdo.no/nb-no/nyheter/2019-nb/ny-analyse-om-bygg-og-anleggsbransjen-stor-vekst,-men-rekordlave-marginer-og-h%C3%B8y-risiko> (Hentet: 04.06.2021 2021).
- Espinosa-Garza, G. og Loera-Hernández, I. (2017) Proposed model to improve the forecast of the planned value in the estimation of the final cost of the construction projects, *Procedia Manufacturing*, 13, s. 1011-1018. doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.103.
- Fange, K. (2015) *Kvalitativ metode*. Tilgjengelig fra: <https://www.forskningsetikk.no/ressurser/fbib/metoder/kvalitativ-metode/> (Hentet: 16.02 2021).
- Grøv, E., Strømsvik, H. og Van Oosterhout, D. (2020) *Tunnelbransjen digitaliseres*. Tilgjengelig fra: <https://blogg.sintef.no/sintefbuilding-nb/tunnelbransjen-digitaliseres/> (Hentet: 16.02 2021).
- Holmeid, Å. (2021) *Vegvesenet tar i bruk ny byggetidsmodell i tunnelkontrakter*. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/vegvesenet-tar-i-bruk-ny-byggetidsmodell-i-tunnelkontrakter/1467618!/> (Hentet: 30.05.2021 2021).
- Hugseth, R. og Nordahl, R. (2020) *Tunnel*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/tunnel> (Hentet: 13.03.2021 2021).
- Infrakit (u,å) *Prosjektplattform*. Tilgjengelig fra: <https://infrakit.com/no/prosjektplattform/> (Hentet: 03.03 2021).
- Johansen, A. (2020) Forelesning: TBA4415 Prosjektledelse og gjennomføringsmodeller for digitaliserte BAE-prosjekt (2020) vår. Tittel: Professor ved NTNU. (Hentet: 03.02.2020)
- Midttun, F. (2018) *Konkurranseskraft og lønnsomhet i bygg, anlegg og næringseiendom*. Tilgjengelig fra: <https://www.bdo.no/nb-no/bloggen/konkurranseskraft-og-l%C3%B8nnsomhet-i-bygg,-anlegg-og-n%C3%A6ringseiendom> (Hentet: 04.06. 2021).
- Miguel, A., Madria, W. og Polancos, R. (2019) Project Management Model: Integrating Earned Schedule, Quality, and Risk in Earned Value Management, i. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., s. 622-628.
- NTNU (2017) *Kildekritikk av artikler: T-O-N-E prinsippet*. Tilgjengelig fra: [https://www.youtube.com/watch?v=rs5PFX5SIHc&ab\\_channel=NTNUbibliotek](https://www.youtube.com/watch?v=rs5PFX5SIHc&ab_channel=NTNUbibliotek) (Hentet: 02.02 2021).
- Owen, R. L. et al. (2013) *Research Roadmap Report CIB Integrated Design and Delivery Solutions (IDDS)*. Tilgjengelig fra: [https://site.cibworld.nl/dl/publications/pub\\_373.pdf](https://site.cibworld.nl/dl/publications/pub_373.pdf) (Hentet: 20.03.2021).
- Pedersen, G. A. (2018) *Litteraturstudie som metode*. Tilgjengelig fra: [https://www.youtube.com/watch?v=KF3PtpaDsm8&ab\\_channel=NTNUUndervisning](https://www.youtube.com/watch?v=KF3PtpaDsm8&ab_channel=NTNUUndervisning) (Hentet: 30.01 2021).
- Project management institue (2017) *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)–Sixth Edition*. Project Management Institute.
- Rolstadås et al. (2020) *Praktisk prosjektledelse*. Fagbokforlaget. s.56-60, s.381-400,s.172,
- Sander, K. (2019a) *Reliabilitet*. Tilgjengelig fra: <https://estudie.no/reliabilitet/> (Hentet: 15.02 2021).
- Sander, K. (2019b) *Validitet*. Tilgjengelig fra: <https://estudie.no/validitet/> (Hentet: 15.02 2021).
- Sander, K. (2019c) *Positivisme*. Tilgjengelig fra: <https://estudie.no/positivisme/> (Hentet: 15.02 2021).
- Sander, K. (2020) *Induktiv og deduktiv studier*. Tilgjengelig fra: <https://estudie.no/induktiv-deduktiv/> (Hentet: 15.02 2021).

Scopus (2019) *Scopus*. Tilgjengelig fra:  
[https://www.elsevier.com/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0017/114533/Scopus\\_GlobalResearch\\_Factsheet2019\\_FINAL\\_WEB.pdf](https://www.elsevier.com/__data/assets/pdf_file/0017/114533/Scopus_GlobalResearch_Factsheet2019_FINAL_WEB.pdf) (Hentet: 30.01 2021).

Skanska (2017a) *Digitalisering*. Tilgjengelig fra: <https://www.skanska.no/hvem-vi-er/innovasjon-og-digitalisering/digitalisering/> (Hentet: 04.03 2021).

Skanska (2017b) *Tunnel og underjord*. Tilgjengelig fra: <https://www.skanska.no/hva-vi-gjor/anlegg/tunnel-og-underjord/> (Hentet: 27.04 2021).

Statens vegvesen (2020a) *Bruk av eRoom*. Tilgjengelig fra:  
<https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/om+organisasjonen/om-vegvesenno/ikt/e-room>  
(Hentet: 05.03. 2021).

Statens vegvesen (2020b) *E69 Skarvberg tunnelen*. Tilgjengelig fra:  
<https://www.vegvesen.no/Europaveg/e69skarvbergtunnel>.

Susilowati, F. og Kurniaji, W. M. (2020) Effective Performance Evaluation to Estimate Cost and Time Using Earned Value, i Haryanto (red.). Institute of Physics Publishing.

Tiltnes, Anders (2021) *Dybdeintervju Infrakit (03.03.2021)*. Tittel: Daglig leder og geomatiker.

VisionLink (u,å) *VisionLink*. Tilgjengelig fra: <https://www.myvisionlink.com/no/> (Hentet: 08.04.2021 2021).

Willems, L. L. og Vanhoucke, M. (2015) Classification of articles and journals on project control and earned value management, *International Journal of Project Management*, 33(7), s. 1610-1634. doi: 10.1016/j.ijproman.2015.06.003.

You, Z. og Wu, C. (2019) A framework for data-driven informatization of the construction company, *Advanced engineering informatics*, 39, s. 269-277. doi: 10.1016/j.aei.2019.02.002.

# Bilag og vedlegg

Bilag er egenproduserte elementer og vedlegg er andres arbeid.

**Bilag 1:** Suksessbetingelser. Bygget på Bryde, Unterhitzberger og Joby (2019) sin figur over suksessbetingelser.

**Bilag 2:** Informasjonsflyten til fremdriftsdata

**Bilag 3:** Kostnader hos utførende

**Bilag 4:** Fordeler og ulemper/svakheter

**Bilag 5:** Flyt av inntjent verdi

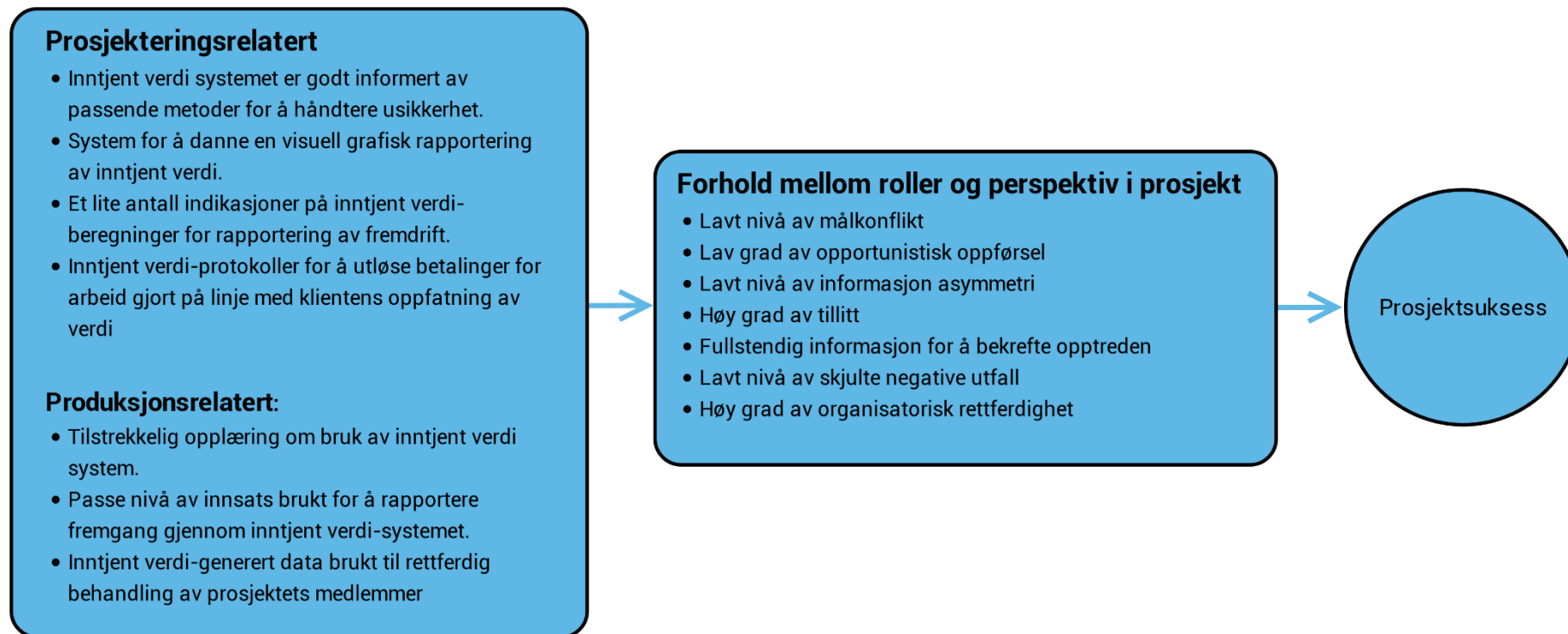
**Vedlegg 1:** Infrakit VA (Tiltnes, 2021)

**Vedlegg 2:** Infrakit Fremdrift (Tiltnes, 2021)

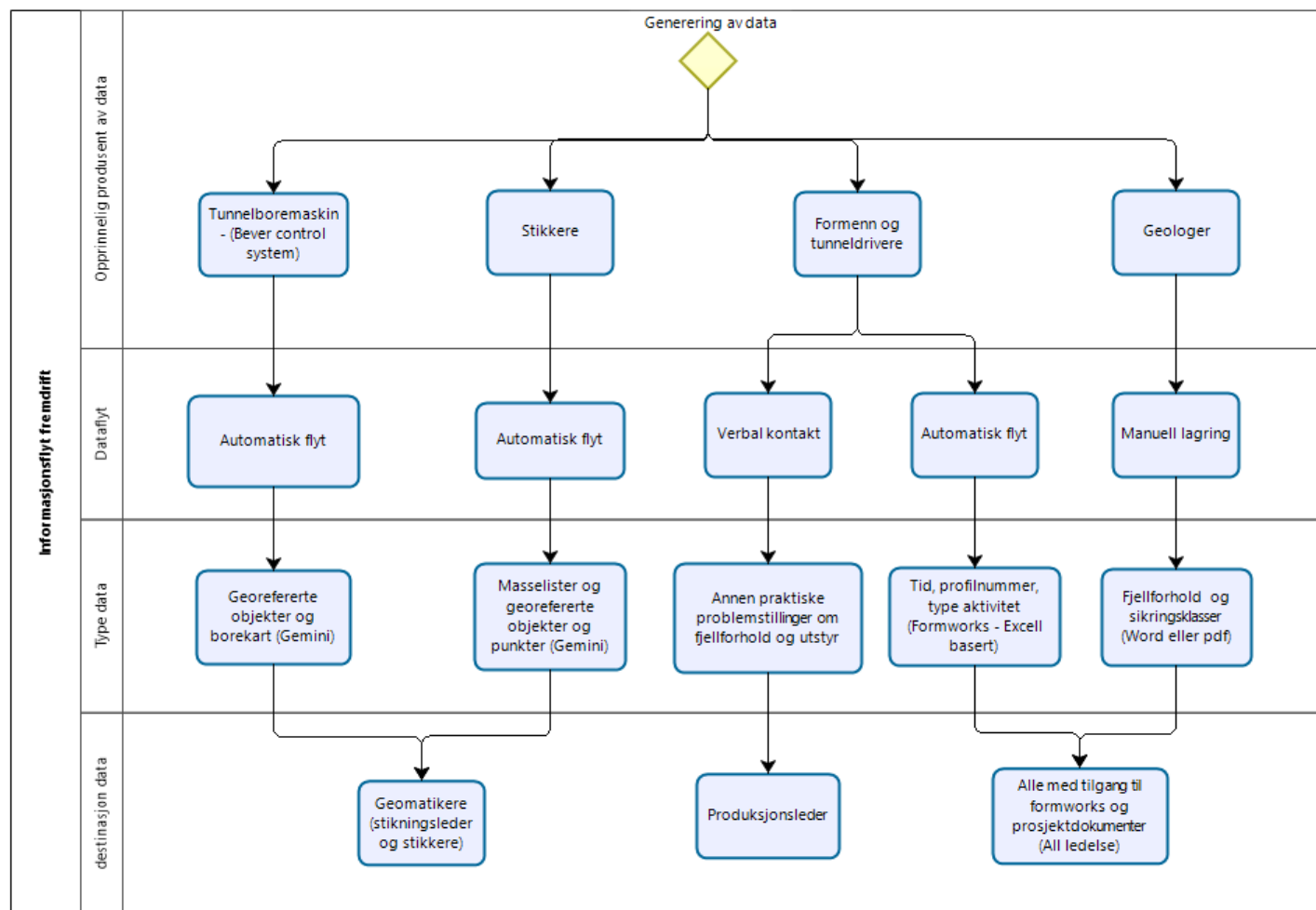
**Vedlegg 3:** Infrakit Fremdriftsstyring (Tiltnes, 2021)

## Bilag 1: Suksessbetingelser

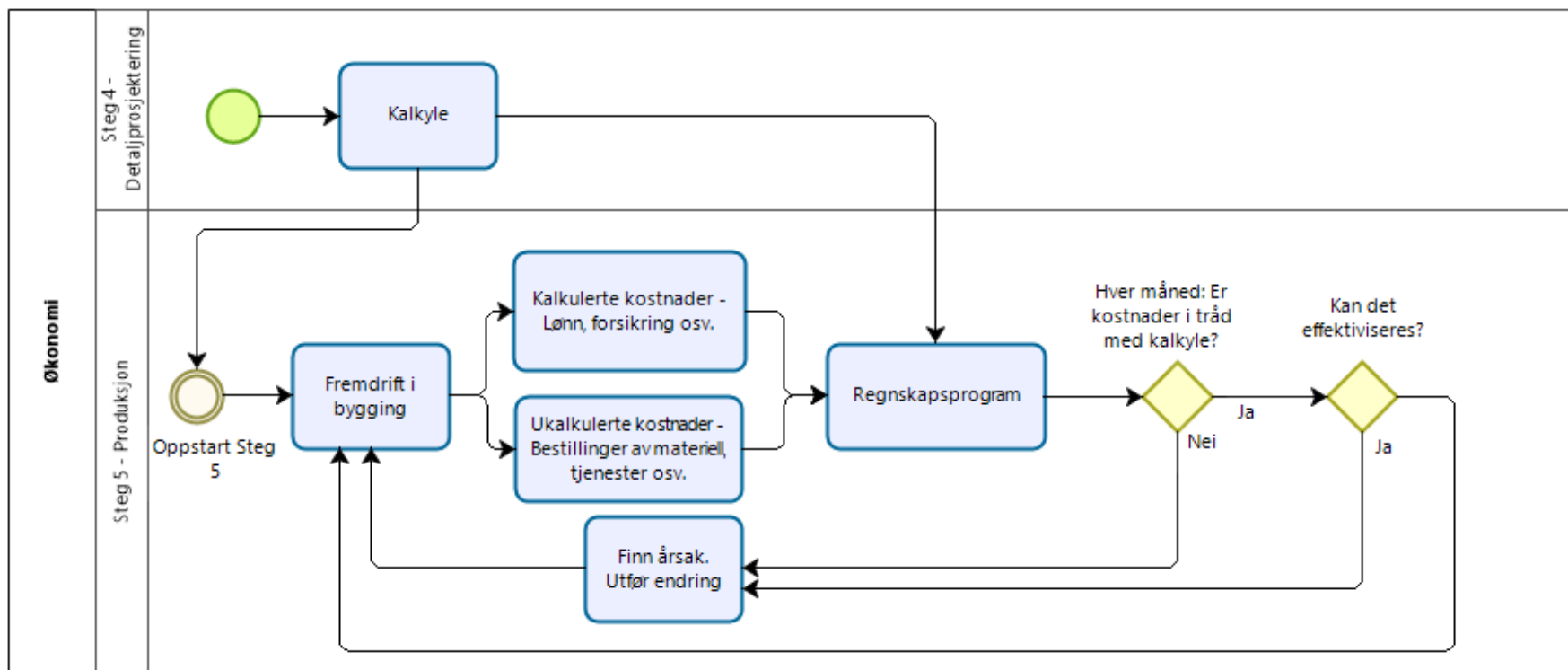
Suksessbetingelser. Bygget på Bryde, Unterhitzberger og Joby (2019) sin figur over suksessbetingelser.



## Bilag 2: Informasjonsflyt til fremdriftsdata



### Bilag 3: Kostnader hos utførende



## Bilag 4: Fordeler og ulemper/svakheter

### Fordeler

- Gjør rede for den totale ytelsen til prosjektet.
- Forutsier prosjektets sluttid.
- Informerer ledelsen om ytelse og dermed muliggjør mer effektive tiltak.
- Registrerer avvik fra tidsplan eller kalkyle.
- Bedre forståelse for utvikling i prosjektet. Spesielt for produktivitetsutvikling, tendensutvikling og ressurspådrag.
- Bedre erfaringstall for hvor god fremdriften kan være.
- Spesielt for produktivitetsutvikling, tendensutvikling og ressurspådrag.
- Bedre erfaringstall for hvor god fremdriften kan være.
- Grafisk visualisering er mer effektiv i å kommunisere fremgang enn rapportering av verdier i kun tall.
- Lavt konfliktnivå.
- Lav grad av opportunistisk oppførsel.
- Lavt nivå av informasjon asymmetri.
- Høy grad av tillitt mellom de forskjellige perspektivene i prosjektet.
- Fullstendig informasjon om opptreden.
- Lavt nivå av skjulte negative utfall.
- Høy grad av organisatorisk rettferdighet.

#### Ved implementering av kvalitet- og risikoytelsesindikatorer:

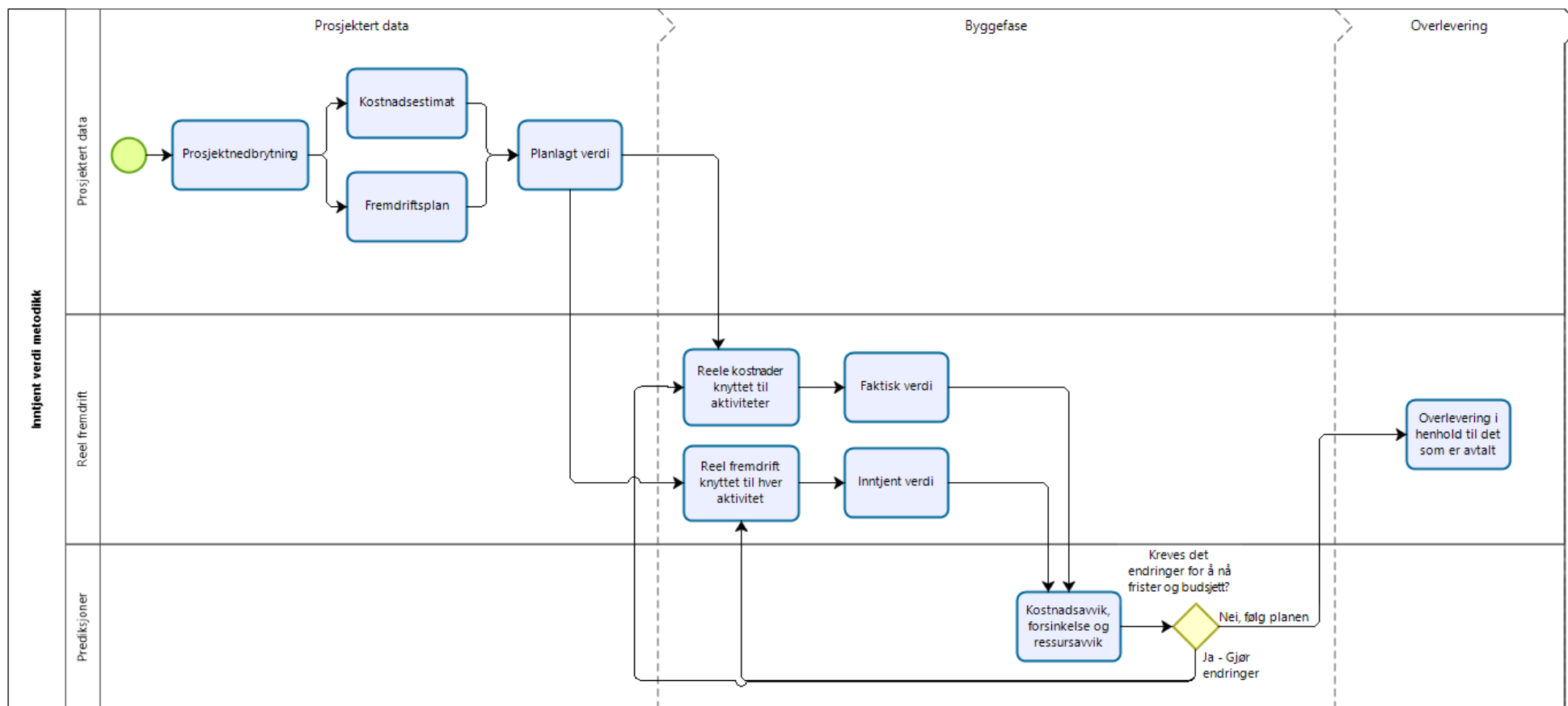
- Viser utvikling for kostnader, tidsplan, kvalitet og risiko i prosjekter.
- Avdekker skjulte kostnader som risikokostnader og omarbeidelseskostnader, derfor en mer nøyaktig fremgang enn med ordinær inntjent verdi.

### Ulemper/svakheter

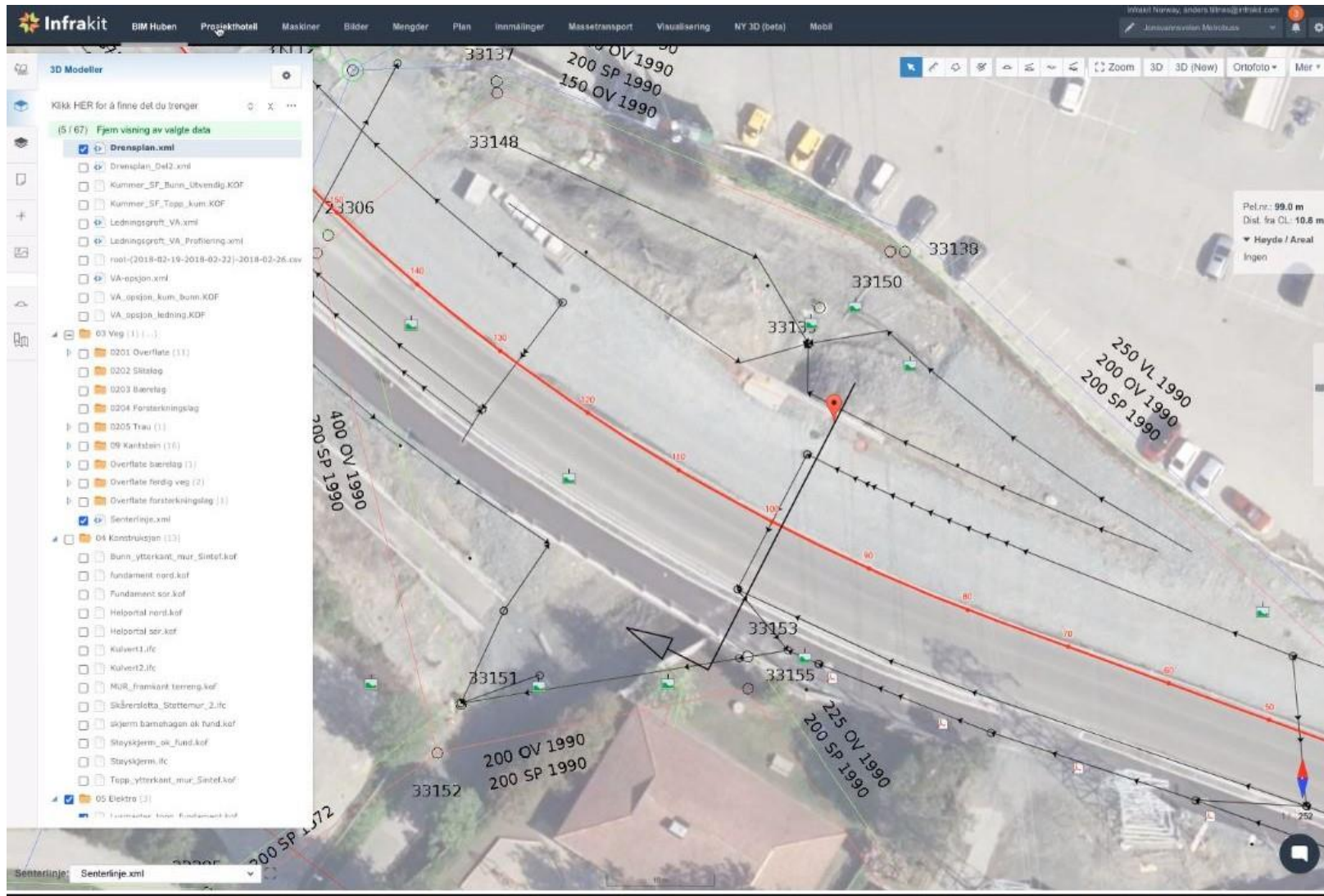
- Variansen av planlagt verdi og inntjent verdi er lik null i slutten av prosjektene. Dette indikerer at prosjektet er i tide selv om det ikke trenger å være det.
- Mangler å vise de forskjellige kostnadstypene som påløper i prosjekt. F.eks. kvalitetskostnader og risikorelaterte kostnader.
- Flere betingelser for at man skal kunne skape suksess ved hjelp av inntjent verdi metodikk.



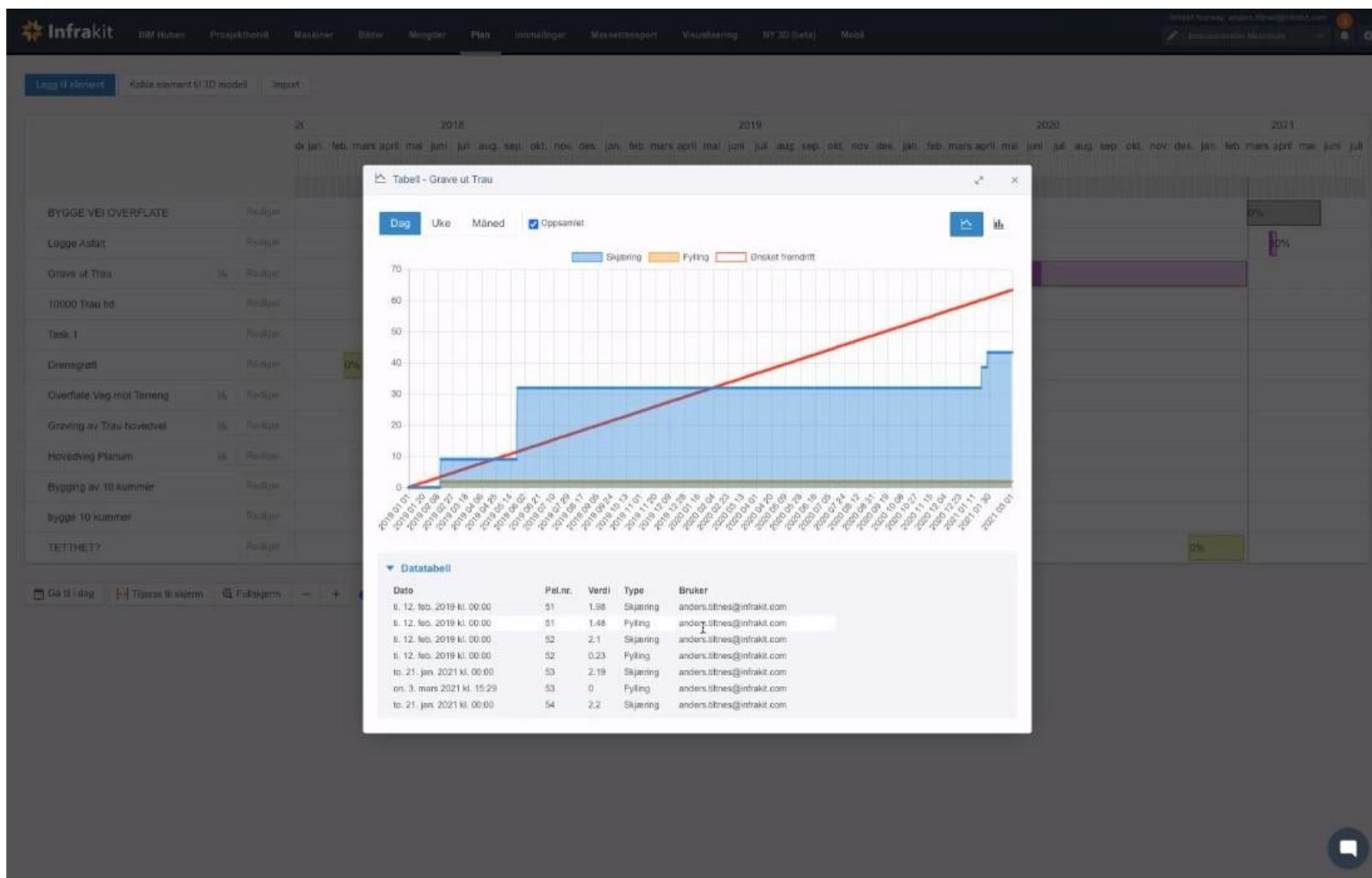
# Bilag 5: Flyt av inntjent verdi



# Vedlegg 1: VA infrakit (Tiltnes, 2021) – Skjermutklipp



## Vedlegg 2: Infrakit fremdrift (Tiltnes, 2021) – Skjermtutklipp



### Vedlegg 3: Infrakit fremdriftsstyring (Tiltnes, 2021) - Skjermtutklipp

