

Stine Stølsnes Faanes

# Kan 3D-modeller bidra til flere drift og vedlikeholdsinnsparinger i planprosessen?

Masteroppgave i Bygg og miljøteknikk

Veileder: Alex Klein-Paste

Desember 2019



Elgeseter gate ved Nidarosdomen i Trondheim kommune fra VR-modellen



Stine Stølsnes Faanes

# Kan 3D-modeller bidra til flere drift og vedlikeholdsinnsparinger i planprosessen?

Masteroppgave i Bygg og miljøteknikk  
Veileder: Alex Klein-Paste  
Desember 2019

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



## Forord

Helt fra starten av studiet har jeg visst at fagområdet veg har vært det jeg ønsker å arbeide med. Etter å ha hatt faget «TBA 4203 Vegplanlegging» og hatt sommerjobb hos Norconsult har jeg blitt enda sikrere på at jeg har valgt riktig. Inspirasjonen for temaet til oppgaven kom derimot fra sommerjobb hos Mesta og etter å ha tatt faget «TBA 4340 Drift, vedlikehold og rehabilitering av veger», da jeg innså hvor viktig drift og vedlikeholdspremissene er i planleggingsfasen for å sikre at vegene fungerer optimalt. Ved å knytte sammen faglig kunnskap, erfaring fra sommerjobber og mitt store ønske om å bli vegplanlegger, har gjort at temaet både er engasjerende og spennende å arbeide med.

Masteroppgaven er tatt ut ved NTNU og er skrevet i samarbeid med Norconsult. Etter å ha jobbet hos dem en sommer, fikk jeg gleden av å arbeide med reguleringsplanlegging av Elgeseter gate, hvor det ble laget både 2D-tegninger og VR-modell av vegprosjektet. Når prosessen med å definere masteroppgaven, var det naturlig for meg å skulle ta kontakt med Norconsult for å høre om jeg kunne benytte meg av nettopp dette prosjektet. Ved å være kjent med prosjektet på forhånd, har gjort at jeg har hatt større tilknytning til oppgaven.

Jeg ønsker å takke min veileder Alex Klein-Paste, professor ved Instituttet for bygg og miljøteknikk, for god støtte, gode råd, hjelp og veiledning gjennom hele prosessen. Videre ønsker jeg å takke familie og venner som har hjulpet meg underveis, både ved støttende ord og troen på at dette skal gå bra. En takk rettes òg til mine kollegaer i Norconsult. En ekstra stor takk gis til dere som har deltatt i forsøkene; Tor Erik Saltnes, Øystein Larsen, Stein Arild Pedersen, Øyvind Bjelland, Roald Ballestad, Hanne hos Risa AS, Audun Hagerud, Rabbira Saba, Kurt hos Ramlo Sandtak, Tor Alf Høye, Jon Sandvik, Karl Terje Hansen, Arne Iversen, Jenny Myrenget Sjøli, Fredrik Simonsen, Joakim Hjertum og Kine Nilsen. Uten dere hadde ikke oppgaven blitt en realitet!

Trondheim, desember 2019

*Stine Stølsnes Faanes*

Stine Stølsnes Faanes

## Sammendrag

En vegs livsløp består av flere faser; planleggingsfasen, byggefasen og driftsfasen. I hver av fasene er det flere prosesser som må utføres før vegen skal bli til. Hver prosess skal kvalitetssikre vegens trase og utforming. Videre skal vegen fungere på en god og trafikksikker måte, og det er derfor viktig at det planlegges slik at drift og vedlikehold kan utføres på en optimal og effektiv måte igjennom hele året. I håndbok N100 (Statens vegvesen, 2019) står det at «Veg- og gateanlegg skal utføres slik at drift og vedlikehold kan utføres effektivt og sikkert». Det er altså et krav om å ta hensyn til drift og vedlikehold når vegen planlegges. Retningslinjene sier derimot lite om hvordan dette kan gjøres, og det er opp til vegplanleggeren å inkludere det i sitt arbeid.

I litteraturen er det funnet en del publisert litteratur om viktigheten av drift og vedlikehold i planfasen, men hvordan drift og vedlikehold skal inkluderes er ikke beskrevet på samme måte. Statens vegvesen (Statens vegvesen, 2018) påpeker i håndbok R760 viktigheten av å komme tidlig inn i vegprosjekt. Jo tidligere en kommer inn i vegprosjektet, jo større er muligheten for å påvirke prosjektet uten at kostnadene øker nevneverdig. Staten vegvesen har også laget en erfaringsamling (Statens vegvesen, 2013), hvor gode og dårlige drift- og vedlikeholdsløsninger blir presentert med både bilde og kommentarer. Etter inspirasjon fra jernbanen, har Vegdirektoratet utviklet RAMS-analyser for både tunnel (Vegdirektoratet, 2015) og veg i dagen (Johansen, 2019), slik at prosjektene sjekkes opp mot pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikeholdsbehov og sikkerhet. På den måten kan drift og vedlikehold bli premissgivende når en ny veg skal planlegges.

I denne oppgaven skal en metode for å inkludere drift og vedlikehold i planprosessen. Formålet med studien er å undersøke om potensielle drift og vedlikeholdsutfordringer er lettere å oppdage ved å bruke en VR-modell i stedet for tradisjonelle 2D-tegninger, og hvor i planprosessen det ville vært nyttig med en slik gjennomgang. Studien kartlegger også hva det som er ønskelig og nødvendig av informasjon for at en slik gjennomgang skal være optimal.

Oppgaven tar utgangspunkt i vegprosjektet omregulering av Elgeseter gate i Trondheim kommune. I alt 17 deltakere, med ulik bakgrunn innen vegfaget, deltok i et forsøk hvor hver deltaker enkeltvis skulle utføre en drift og vedlikeholdsgjennomgang av vegprosjektet. Gjennomgangen utføres to ganger, først en gang ved å bruke 2D-tegninger og andre gang ved å bruke en VR-modell. Hver gang det ble nevnt en hindring eller en utfordring knyttet til drift og vedlikehold, ble det notert ned. Hver gjennomgang varte i maks 20 minutter. Etter at gjennomgangene var utført, ble deltakerne bedt om å svare på et evalueringsskjema. Skjemaet, sammen med antall registrerte hindringer eller utfordringer, dannet grunnlaget for videre analyse.

Det ble oppdaget 81,3% flere hindringer og eller utfordringer ved bruk av VR-modell enn ved bruk av 2D-tegningene. Videre analyse av faktorer som arbeidsbakgrunn og erfaring fra drift og vedlikehold understrekte dette. Ved å bruke VR-modell klarte en med 2-5 års erfaring med drift og vedlikehold i snitt å oppdage flere hindringer enn det en med over 20 års erfaring klarte ved hjelp av 2D-tegningene. Uavhengig av om en arbeidet hos en driftsentreprenør, byggherre/konsulent eller i en kommune, var snittet for antall registrerte hindringer omtrent det samme ved bruk VR-modellen. Ved bruk av 2D-tegninger var det derimot et stort sprik mellom driftsentreprenører og de to andre arbeidsgruppene på antall registrerte hindringer.

Svarene fra evalueringsskjemaene forsterket svarene i resultatet. Helhetsinntrykket av det ferdige prosjektet og detaljer som «blir borte» på tegningene gjorde det lettere å oppdage utfordringer knyttet til drift og vedlikehold i VR-modellen. Samtlige deltakere synes bruk av VR-modell for drift og vedlikeholdsgjennomgang kan være nyttig metode å bruke i fremtiden, og ønsket at gjennomgangen skulle utføres minst to ganger i løpet av planprosessen. En gang i reguleringsplanfasen, for å sikre tilstrekkelig areal, og en gang i byggeplanfasen, for å luke vekk dårlige valg som blir detaljert og planlagt.

Ved å se resultatene og svarene fra evalueringsskjemaet i sammenheng er det derfor tydelig at det er betydelig lettere å oppdage potensielle drift og vedlikeholdsutfordringer i VR-modellen enn på 2D-tegningene.

## Summary

The life cycle of a road consists of several stages; the planning phase, the construction phase and the operational phase. The first two phases includes several processes that must be done before the road is finished and the operational phase starts. Each phases must ensure the quality of the road design, to make sure that the road functions as intended. Therefore, it is important to include operations and maintenance in the planning and the construction phase. Handbook N100, from the Norwegian Public Roads Administration (2019), stats that “Roads shall be designed so operation and maintenance can be preformed efficiently and safely”. This means that maintenance and operation factors are required focus when planning roads. However, the guidelines does not say how this should be done.

There are published a lot of operation and maintenance literature. Some includes the planning phase, like the Norwegian Public Road Administrations handbooks. In handbook R760 (Statens vegvesen, 2018) it’s pointed out the importance of early involvement of maintenance and operation in road projects. The earlier the involvement the easier it is to change a solution without increasing the cost. In 2013 the Norwegian Public Road Administration (Statens vegvesen, 2013) made a collection of good and poorly solutions in the maintainability and operation perspective. The idea was to use the collections of experience to help the road planners to choose good solutions. Following inspiration from railway, the Directorate of Public Road has developed RAMS-analyses for tunnels (Vegdirektoratet, 2015) and roads (Johansen, 2019) to make sure the projects are reliable, available, maintained and safe to use. This makes sure that operation and maintenances factors become a priority in planning of a new road.

This thesis includes a new method to involve operation and maintenance in the planning phase The purpose of the study is to investigate whether potential operation and maintenance challenges are easier to detect by using a VR-model instead of traditional 2D-drawings, and to see where such a review can be included in the planning phase. The study also identifies which information that is necessary in order to do the review properly.

The thesis is based on a reregulation of Elgeseter street in Municipality of Trondheim. The experiment had 17 participants, who had different backgrounds in the road industry. Each participants did the experiment individually, where they should do a review of the road project with focus on operation and maintenance. The review was done twice, once using 2D-drawings and a second time with using a VR-model. Once a operation and maintenance challenges was discovered, it was written down. Each review lasted a maximum of 20 minutes. After, the participants were asked to fill out an evaluation form. Together, the evaluation form and the number of challenges registered, form the basis for further analysis.



In total, more than 81.3% challenges, tied to operation and maintenance, were found when using VR-model instead of using 2D-drawings. Further analysis of different factors such as work background or experience from operations and maintenance, emphasized it. By using the VR-model, could a person with 2-5 years of experience on average discover more obstacles than what a person with over 20 years of experience could by using 2D-drawings. Regardless of whether one worked at an operation contractor, as a consultant or in a municipality, the average number of barriers registered were pretty much the same when using VR-model. By using 2D-drawings there was quite a difference between the average number of barriers registered between working at an operation contractor and the other two working groups.

The responses from the evaluation forms reinforced the results. The overall impressions of the finished project and details that easily “gets lost” in drawings were two things the participants mentioned that were easier to detect in the VR-model. All of the participants found that using the VR-model for an operation and maintenance review of the project could be a useful method in the future, and the review should be done at least twice in the planning process. Once in the zoning phase, to ensure sufficient area of operation and maintenance chores, and once in the construction phase, to ensure good solutions when the last details are planned.

By looking at the results and the responses from the evaluation forms together, it is clear that it is considerably easier to detect potential operations and maintenance challenges and obstacles when using a VR-model than using 2D-drawings.

# Innhold

Forord .....	i
Sammendrag.....	ii
Summary .....	iv
Figurliste.....	viii
1. Introduksjon .....	1
1.1 – Omfang og mål.....	2
1.2 – Oppgavens oppbygning.....	3
1.3 – Ordliste.....	4
2. Litteraturstudiet .....	5
2.1 – Retningslinjer og normer for vegplanlegging .....	5
2.2 - Erfaringsamling.....	6
2.3 – RAMS-analyser av tekniske systemer .....	8
2.4 – Alt henger sammen .....	11
2.5 – Værutfordringer .....	12
2.6 – 3D-modell kontra 2D-tegning.....	13
2.7 - Oppsummering .....	13
3. Metode .....	15
3.1 – Forskningsspørsmål .....	15
3.2 – Elgeseter gate.....	15
3.3 – Deltakere.....	15
3.4 – Beskrivelse av forsøket .....	15
3.5 – Bearbeiding av resultatene .....	16
4. Resultater .....	18

4.1 – Bakgrunnsinformasjon.....	18
4.2 – 2D-tegning kontra VR-modell.....	19
4.3 – Evalueringsskjema .....	22
5. Diskusjon.....	25
5.1 – 2D-tegninger kontra VR-modell .....	25
5.2 – Ønskelig og nødvendig informasjon for en optimal gjennomgang .....	27
5.3 – VR-briller i møtesituasjoner .....	30
6. Konklusjon.....	32
Referanser.....	33
Vedlegg A.....	i
Vedlegg B.....	vi
Vedlegg C .....	ix

## Figurliste

Figur 1: Sammenheng mellom de politiske styringsdokumentene og et vegprosjekts faser fra start til slutt.....	5
Figur 2: Påvirkningsmulighetene i et vegprosjekt sett i et tidsperspektiv .....	6
Figur 3: Kostnadsutvikling i et vegprosjekt sett i et tidsperspektiv .....	6
Figur 4: Figuren beskriver når det bør utføres RAM-analyser, Drift og vedlikeholdsrevisjon og Drift og vedlikeholdsinspeksjoner i de ulike fasene i et vegtunnelprosjekt. (Vegdirektoratet, 2015) .....	9
Figur 5: Trinnene i en RAM-prosess for at RAM-kravene for en vegtunnel er tilfredsstilt .....	10
Figur 6: Grafisk fremstilling av hvor lenge deltakerne i forsøket har arbeidet med drift og vedlikehold .....	18
Figur 7: Antall hindringer registret totalt fra alle forsøkene. 321 hindringer eller utfordringer ble registret i VR-modellen mot 177 på 2D-tegningene.....	19
Figur 8: Gjennomsnittet av antall registrerte hindringer eller utfordringer per person .	19
Figur 9: Gjennomsnittet av antall registrerte hindringer eller utfordringer ut i fra antall års erfaring med drift og vedlikehold.....	20
Figur 10: Gjennomsnittet av antall registrerte hindringer eller utfordringer ut i fra hvor deltakeren arbeider. ....	21
Figur 11: Grafen viser om deltakerne opplevde noe ubehag knyttet til bruken av VR-brillene. ....	22
Figur 12: Grafen viser om deltakerne fikk et mer helhetlig inntrykk i VR-modellen av hvordan det ferdige vegprosjektet ville se ut. ....	23
Figur 13: Grafen viser at deltakerne synes det var lettere å oppdage drift og vedlikeholdshindringer og utfordring i VR-modellen.....	23
Figur 14: Fremstilling av hvordan deltakerne opplevde forsøket.....	24
Figur 15: Grafen viser om deltakerne synes denne metoden er nyttig å bruke i fremtiden. ....	24

## 1. Introduksjon

En vegs livsløp består av tre faser; planleggingsfasen, byggefasen og driftsfasen. Driftsfasen er den lengste i vegens levetid da den gjelder fra vegen er ferdig bygget til vegen ikke skal brukes lengre. Det er derfor viktig at vegen skal fungere på en god og trafikksikker måte, uten store vedlikeholdsoppgaver i 20 år. For å få til dette er det viktig at vegen planlegges slik at drift og vedlikehold kan utføres på en trygg og god måte gjennom hele vegens levetid.

Statens vegvesen gir grunnleggende premisser for hvordan en veg skal planlegges gjennom sine håndbøker og veiledere. Håndbok N100 *Veg og gateutforming* (Statens vegvesen, 2019) beskriver alle standardkravene for utforming av alle offentlige veger og gater. I håndboken står det:

*Veg- og gateanlegg utformes slik at drift og vedlikehold kan utføres effektivt og sikkert. Driftsopplegg for sommer- og vinterdrift vurderes og kan gi behov for spesielle arealer. Plass til snø og snøopplag vurderes spesielt med hensyn til utforming av tverrsnitt. Det tas hensyn til fremtidige klimaendringer.*

Det betyr i praksis at drift og vedlikehold er premissgivende når vegen skal planlegges, men det er ikke oppgitt spesifikke krav til hvordan det skal utføres. Det henvises til håndbok R610 *Standard for drift og vedlikehold av riksveger* (Statens vegvesen, 2018) for hvordan drift og vedlikehold skal utføres, men det nevnes i liten grad hvordan vegens utforming kan bidra til å gjøre drift og vedlikehold enklere og mer trafikksikkert. Eksempelvis er det viktig at det i planleggingsfasen tenkes på hvor det er muligheter for snølagring eller hvor potensielle snuplasser for driftskjøretøyene kan være. Om dette ikke tas hensyn til i planleggingsfasen, kan det føre til ulemper for gjennomføringen av drift og vedlikeholdet, og det kan komme ekstrakostnader knyttet til tiltak som må utføres for at vegens standard skal holdes vedlike.

Som det kommer frem i teksten over, er det i dag få rutiner for å inkludere drift og vedlikehold i planlegging av en vegstrekning, annet enn at det skal være en premissgivende faktor når vegen planlegges. Det er gjort flere forsøk på å bevisstgjøre nytten av å ha fokus på drift og vedlikehold, blant annet har Staten vegvesen laget en erfaringssamling (Statens vegvesen, 2013) for å gi vegplanleggere innspill i planprosessen for å gjøre vegene mer drift- og vedlikeholdsvennlige. Det har derimot tatt tid å få satt nok fokus på viktigheten av hva en drift og vedlikeholdsgjennomgang betyr for det ferdig vegprosjektet. Etter at Nye veier AS kom på banen har drift og vedlikehold fått en større betydning i planleggingsfasen, ettersom de opererer med at entreprenørene også har drift- og vedlikeholdsansvaret i 20 år etter at vegen har åpnet (Nye veier AS, 2019). Ved å inkludere entreprenørene i et tidlig stadiet av planprosessen og gi dem hovedansvaret for vegen, vil valg av tekniske løsninger, som for eksempel asfaltdekket, bli nøye vurdert. Det settes likevel spørsmålstegn om hvordan drift og

vedlikehold kan bli en naturlig del av planprosessen og hvordan en slik inkludering kan utføres på en god og effektiv måte.

## 1.1 – Omfang og mål

Målet med denne oppgaven er å undersøke potensielle drift og vedlikeholdsutfordringer er enklere å oppdage ved bruk av VR-modeller i stedet for tradisjonelle 2D-tegninger, og hvor i planprosessen det er nyttig med en slik gjennomgang. Studien kartlegger også hva som er ønskelig og nødvendig av informasjon for at en slik gjennomgang vil være optimal.

I denne oppgaven blir det gjort undersøkelser for å se på en metode for å inkludere drift- og vedlikeholdspersonell i en tidligfase av et vegprosjekt. Undersøkelsen består av en drift og vedlikeholdsgjennomgang av en reguleringsplan av Elgeseter gate i Trondheim kommune, og utføres ved bruk av 2D-tegninger og ved bruk av VR-modell av veg strekket. En VR-modell er et verktøy for å visualisere BIM-modellen på en helt annen måte enn det en tradisjonell 3D-modell ville gjort. En tradisjonell 3D-modell vil vise hvordan prosjektet vil se ut fra forskjellige vinkler, men mer som et fotografi som det er mulig å bevege seg i. VR-modellen visualiserer prosjektet i 360 grader og fremstiller derfor prosjektet på en mer realistisk måte i form av blant annet bevegelige bilder, lyder og muligheter for å gå eller å kjøre bil. Det gjør at det oppleves som at en selv er fysisk tilstede og at det skapes et mer helhetlig inntrykk av hvordan det ferdig vegprosjektet vil se ut.

Forsøket utføres ved å gjennomføre en drift og vedlikeholdsgjennomgang to ganger, først ved bruk av 2D-tegninger og deretter ved bruk av VR-modell. Det vil bli registret antall hindringer eller utfordringer som nevnes, som kan knyttes mot utføring av drift og vedlikehold for hver av gjennomgangene. For å begrense oppgavens størrelse, registres derfor antall ganger en hindring eller utfordring blir nevnt, ikke om det er positivt eller negativt for utføringen av drift og vedlikehold.

## 1.2 – Oppgavens oppbygning

*Kapittel 1* inneholder innledningen, oppgavens innhold, mål, hensikt og oppbygning.

*Kapittel 2* består av et litteraturstudie. Det er undersøkt flere rapporter, håndbøker og artikler om blant annet beskriver hvordan vegprosjekter i Norge skal utføres fra start til slutt, hvordan RAMS-analysen har fått en større innvirkning på planleggingen av ulike prosjekter, samt hvilke fordeler 3D-modellering har på å se flere funksjoner i et prosjekt sammen.

*Kapittel 3* inneholder en beskrivelse av forsøket og hvordan det utføres. Bakgrunnsinformasjon av deltakerne blir også gitt her.

*Kapittel 4* viser resultatene av forsøkene og evalueringsskjemaene.

*Kapittel 5* består av en diskusjon. Diskusjonen er basert på resultatene som er funnet og beskrevet i kapittel 4, og hva som kommet frem i evalueringsskjemaene etter utført forsøk.

*Kapittel 6* tar for seg konklusjonen av forsøkene og en anbefaling av prosjektet.

Opgaven avslutter med vedlegg med svar fra evalueringsskjemaene og masteravtalen med Instituttet for bygg og miljøteknikk og med Norconsult.

### 1.3 – Ordliste

**NTP** – Nasjonal Transportplan. Den representerer regjeringens transportpolitikk.

**VR-modell** – Virtual Reality – Virtuell virkelighet. En modell som skal skape en illusjon av å være fysisk til stede. For å få full effekt må det brukes VR-briller som dekker hele synsfeltet og gir en tredimensjonalitet og dybdesyn.

**BIM-modell** – En 3D-modell som inneholder informasjon om det som skal bygges.

**RAMS** – Reliability, availability, maintainability og safety. På norsk Pålitelighet, Tilgjengelighet, Vedlikeholdstilpasning og Sikkerhet. Et samlebegrep om teknisk sikkerhet.

**RAMS-analyse** – En teknisk sikkerhetsanalyse av et produkt eller et prosjekt.

**RAM** – Et forkortet uttrykk av RAMS, men med mindre fokus på sikkerhet.

**RAM-analyse** – En teknisk sikkerhetsanalyse av et produkt eller et prosjekt, men med mindre fokus på sikkerhet enn i en RAMS-analyse.

**Gamification modell** – En 3D-modell som har spilldesignelementer og er bygget opp med etter spillprinsipper. Mindre avansert enn en VR-modell, men fortsatt med elementer av å være fysisk til stede.



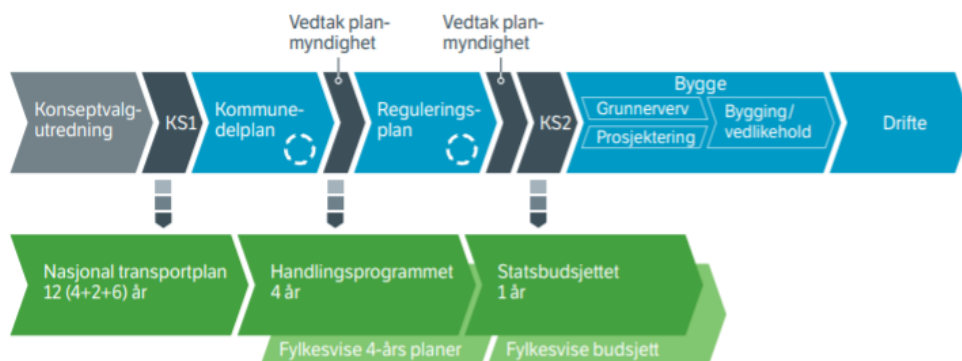
## 2. Litteraturstudiet

Det er skrevet mye om hvordan drift og vedlikehold kan implementeres i planleggingsfasen, både i form av hvor i planprosessen det kan passe med innspill fra fagområdet og av hva slags type involvering som kan være til størst hjelp for planleggerne. Likevel er det ikke blitt noen faste rutiner hvor i planprosessen det kan passe med innspill, hva slags type innspill som er ønskelig, eller om en slik involvering er noe som bør gjøres flere ganger.

### 2.1 – Retningslinjer og normer for vegplanlegging

I Norge er det Statens vegvesen som lager retningslinjene, normer og veiledere for hvordan en veg skal utformes og hvordan vegen skal driftes i løpet av sin levetid. Normene er kravdokumenter som gjelder for all offentlig veg og gate, og er hjemlet i Vegloven (Statens vegvesen, 2019). Normene og retningslinjene blir gitt ut som forskjellige håndbøker med ulike temaer. Veilederne gis også ut som håndbøker, men er ikke gjeldende som et kravdokument, selv om de har hjemmel i lovverket. Det er derfor svært interessant for å se nærmere på hvordan Statens vegvesen inkluderer drift og vedlikehold i sine håndbøker.

I håndbok R760 *Styring av vegprosjekter* (Statens vegvesen, 2018) stilles det konkrete krav til hvordan vegprosjekter skal utføres, fra start til slutt. I håndboken defineres det blant annet hvilke roller som kreves ved større vegprosjekter, hvordan prosjektene skal gjennomføres i henhold til lover, forskrifter og normaler, samt hvordan prosjektet kan styres på mest mulig effektiv måte.



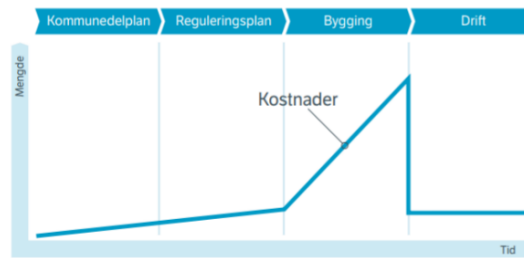
Figur 1: Sammenheng mellom de politiske styringsdokumentene og et vegprosjekts faser fra start til slutt.

Helt fra bestillingen av vegprosjektet fra Samferdselsdepartementet til vegen er ferdig bygd og skal begynne og driftes er beskrevet i håndbok R760, og er fremstilt i figur 2. Etter at prosjektet er kommet inn i NTP, skal det gjennomføres en kommunedelplan og en reguleringsplan. Kommunedelplanen skal blant annet fastsette vegtrasé og standarden på vegen, mens reguleringsplanen skal inneholde avklare arealbehovet for den valgte vegtraséen, og har en teknisk plan som grunnlag. Når kvalitetssikring to, KS2, er utført kan prosjektering og bygging av vegen starte. Driftsfasen starter i det vegen er

ferdig bygd og varer resten av levetiden til vegen. Muligheten for å påvirke vegprosjektet er størst i tidligfase av prosjektet, mens kostnadene for utførelse av endringer øker jo lengre ut i prosjektet en kommer, som vist i figur 2 og 3.



Figur 2: Påvirkningsmulighetene i et vegprosjekt sett i et tidsperspektiv



Figur 3: Kostnadsutvikling i et vegprosjekt sett i et tidsperspektiv

Samfunnsnyttan av vegen kommer først når vegen er ferdig bygd og kan tas i bruk. Vegens oppetid er en av de viktigste måleparametrene for en vegs samfunnsnytte. Det er derfor svært viktig at løsningene som er bygd robuste gjennom hele året. Om valgte løsninger ikke er optimale på for eksempel vintertid, kan for eksempel vanskelige brøytemuligheter føre til at kvaliteten på vegen ikke er god nok, og samfunnsnyttan av vegen vil da kunne synke siden vegen antagelig ikke kan brukes og må stenges. Det er derfor viktig at drift og vedlikehold tas hensyn til i alle de ulike fasene til et vegprosjekt. Håndbok R760 gir ikke noen klare linjer på hvor i de ulike fasene drift og vedlikehold skal inkluderes, men henviser til at håndbok N100 krever at vegen skal bygges slik at drift og vedlikehold kan utføres på sikker og effektiv måte (Statens vegvesen, 2019).

## 2.2 - Erfaringssamling

I 2016 samlet Statens vegvesen en arbeidsgruppe for å lage en erfaringsbank for å kunne vise løsninger som fungerer bra eller dårlig i driftsfasen, slik at det kan være et hjelpemiddel i plan- og byggefasen. Samlingen fikk navnet «Fra plan til drift: erfaringsamling» og er rapport nr. 209 (Statens vegvesen, 2013). Erfaringssamlingen var ment å være et supplement til håndbok R610 *Standard for drift og vedlikehold av riksveger* og håndbok R760 – *Styring av vegprosjekter*. Samlingen tar for seg ulike aspekter ved ulike løsninger ved vegutformingen i dag, som enten er gode eksempler for drift og vedlikehold eller som gjør at det er vanskeligere å kunne utføre drift og vedlikehold på en sikker og tilfredsstillende måte. Samlingen er delt inn i 6 ulike temaer, som tar for seg ulike vegobjekter eller løsninger i egne underkapitler. Ett eksempel kan være temaet «Veg og sideområde» som blant annet tar for seg kantstein, trafikkdelere, midtdelere og gang- og sykkelveger. Hvert underkapittel starter med å beskrive formålet og funksjonen til objektet eller løsningen, og deretter henvises det til relevante håndbøker hvor beskrivelse og eller krav til utførelse står beskrevet. I siste del av underkapitlet vises flere eksempler på løsninger som er dokumentert med bilder og kommentarer om hva det er som fungerer bra og eller dårlig med tanke på drift og vedlikehold.

I rapport 209 inkluderes det også ett kapittel hvor kravet til gjennomføring av og hensynet til drift og vedlikehold skal bli tatt vare på i planprosessen. Det vises til både

HMS (helse, miljø og sikkert) og YM (ytre miljø), hvor det er beskrevet krav til hvordan gjennomføringen av risikovurderinger skal utføres til alle aktiviteter i byggefasen og driftsfasen, samt hvordan sammensetningen av kompetanse skal være for styring av planprosjekter. Ved planprosjekter er det viktig at gruppen av personer sikrer tilstrekkelig og tverrfaglig kompetanse gjennom hele prosjektet, uavhengig av hvilken fase prosjektet er i. Videre diskuteres det hvilke grep som kan gjennomføres for at drift og vedlikehold skal bli ivaretatt på en god og naturlig måte i planprosessene. Vegvesenet har flere muligheter for å gjennomføre ulike grep for økt fokus på drift og vedlikehold, gjennom å f.eks.:

- I større grad etterspørre fagområdet i prosjektene sine
- Stille krav om det i tilbudsgrunnlaget som et eget fagområdet på lik linje med f.eks. konstruksjon og VA
- Utføre revisjonsrunder og RAMS-analyser, hvor drifts- og vedlikeholdspersonell er med å bidra
- Utvikle regionale team som skal ivareta drift og vedlikehold i planlegging
- Sørge for at vegplanleggeren har nødvendig drift- og vedlikeholdskompetanse, f.eks. gjennom erfaringssamlinger og kursing

Det diskuteres videre hvordan erfaring og kompetanse kan overføres fra prosjekt til prosjekt, både inn i plan-, bygge- og drift- og vedlikeholdsfasen. Erfaringsoverføring kan utføres ved å samle inn dokumentasjon på gode løsninger eller ved å invitere planleggerne med ut for å se løsningene. Det kan utføres både før vegen er åpen eller for eksempel ved en garantibefaring, som utføres 3-5 år etter at vegen er åpen.

Som erfaringssamling nr. 209 (Statens vegvesen, 2013) nevner, er det flere grep Statens vegvesen kan gjøre for at fokuset på drift og vedlikehold skal bli en naturlig del av prosessene i planprosessen. Et av grepene som blir nevnt i erfaringssamlingen er utførelse av revisjonsrunder. Frem til mars 2019 har det ikke vært noe krav om at det skal utføres revisjonsrunder for veg i dagen, men det har vært et krav om at det skal utføres drift og vedlikeholdsrevisjoner ved tunnelbygging. I 2015 (Vegdirektoratet, 2015) ble det utviklet en veileder som beskriver hvordan prosessene rundt vegtunneler skal utføres ved planlegging, prosjektering, bygging og rehabilitering. Vegdirektoratet tok utgangspunkt i Statens vegvesen sin strategi for tunneler, som gjør at drifts- og vedlikeholdsfunksjoner blir til en premissgivende rolle ved nye tunnelprosjekter. Med det menes at drift og vedlikeholdshensyn skal være grunnleggende ved alt fra planlegging til rehabilitering av tunneler på en slik måte at kunnskap og erfaring fra andre prosjekter optimaliserer nye tunnelprosjekter. Ved beregning av oppetid<sup>1</sup> for tunnelen, hvor alle drifts og vedlikeholdshensyn blir lagt inn som ulike parametere, kan levetidskostnadene knyttet til bygging og rehabilitering av tunnelen optimaliseres. Det

---

<sup>1</sup> Oppetid er tiden tunnelen er tilgjengelig for trafikantene.

kan også lages en drift og vedlikeholdsplan ut fra de samme beregningene slik at en sikrer at tunnelen er mest mulig tilgjengelig for trafikantene.

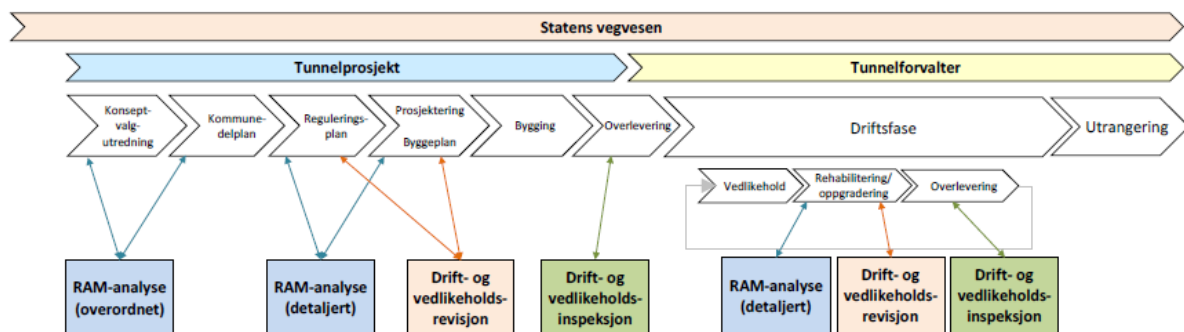
### 2.3 – RAMS-analyser av tekniske systemer

I moderne teknologi kan RAMS-analyser benyttes som en kvalitetssjekk av arbeidet som er utført, ettersom RAMS-begrepet betyr pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikeholdbarhet og sikkerhet. RAMS-analysen kontrollerer derfor at prosjektet utøver en forventet funksjonalitet, kan fungerer som det skal innenfor et gitt tidsintervall, holder standarden ved å utføre normalt vedlikehold og ikke utgjør for stor risiko ved bygging eller bruk. RAMS er ikke bare benyttet i forbindelse med infrastruktur, men også andre næringer, som f.eks. petroleum. Saraswat og Yadava (Saraswat & Yadava, 2007) lagde i 2007 en oversikt over hvordan RAMS er blitt brukt i ingeniørarbeid mellom 1988 og 2005. Ved bruk av RAMS i designet, fremstillingen og installeringsfasen, vil antall feil og konsekvenser bli redusert til et minimum (Saraswat & Yadava, 2007). Ved å knytte dette til vegplanlegging, kan det antas at inkludering av drift og vedlikehold i tidligfase vil gjøre at det blir lettere å oppdage dårlige/utfordrende løsninger og erstatte dem med bedre løsninger. Saraswat og Yadava har i sin oversikt skrevet at mye er gjort i forbindelse med RAMS-begrepet slik vi kjenner det i dag, men at det opp igjennom historien har blitt laget modeller og teorier basert på de ulike RAMS-parameterne. Med dette mener de at det er gjort undersøkelser enten tilknyttet pålitelighet eller tilknyttet sikkerhet, men ikke sett undersøkelsene i en sammenheng. På 90-tallet presenterte derimot Cockerill en fullverdig RAM-analyse av turbingenerator systemer (Saraswat & Yadava, 2007). Selv om det er gjort mange forskjellige typer undersøkelser i tilknytning til ett eller to av RAMS-begrepene, er det gjort få undersøkelser hvor alle fire komponentene er tatt hensyn til samtidig. Det er i midlertidig er det gjort flere RAM-analyser, men her tas det ikke hensyn til sikkerhetsaspektet. Det har derimot fått større betydning i nyere tider. Saraswat og Yadava peker også på at arbeidet som er gjort med RAMS frem til 2005 er enten knyttet til spesifikke case-studier eller spesifikke industrier, som f.eks. forsvaret eller flyindustrien hvor det er vanskelig å hente ut informasjon pga sikkerhet. I nyere tider er det derimot utviklet flere RAMS-analyser, og jernbanen er blant dem som har brukt dette siden 2007.

Inspirasjonen til en veileder om RAMS-analyser for vegtunneler, som Vegdirektoratet utarbeidet i 2015, er blant annet hentet fra jernbanen. I jernbanesektoren har det vært utført RAMS-analyser i lengre tid (Statens jernbanetilsyn, 2007) for å sikre opptid på hele jernbanenettverket. RAMS-analysen skulle bidra til to viktige målsetninger; sørge for pålitelige systemer og sørge for at oppetiden vedvarer over tid ved utførelse av nødvendig drift og vedlikehold. Analysen utføres i to steg, hvor den første er en såkalt Bottom-up feilmodeanalyse (Jernbaneverket, 2015), som kan identifisere alle aktuelle feilmodi på strekningen. Det andre steget utføres en konsekvensanalyse med utgangspunkt i feilmodeanalysen. Bottom-up feilmodeanalysen skal hente inn informasjon om feilrater, konsekvenser av feil, reparasjonstid og deteksjonsmetode for feilene. Konsekvensanalysen skal da kunne beregne gjennomsnittlig årlige

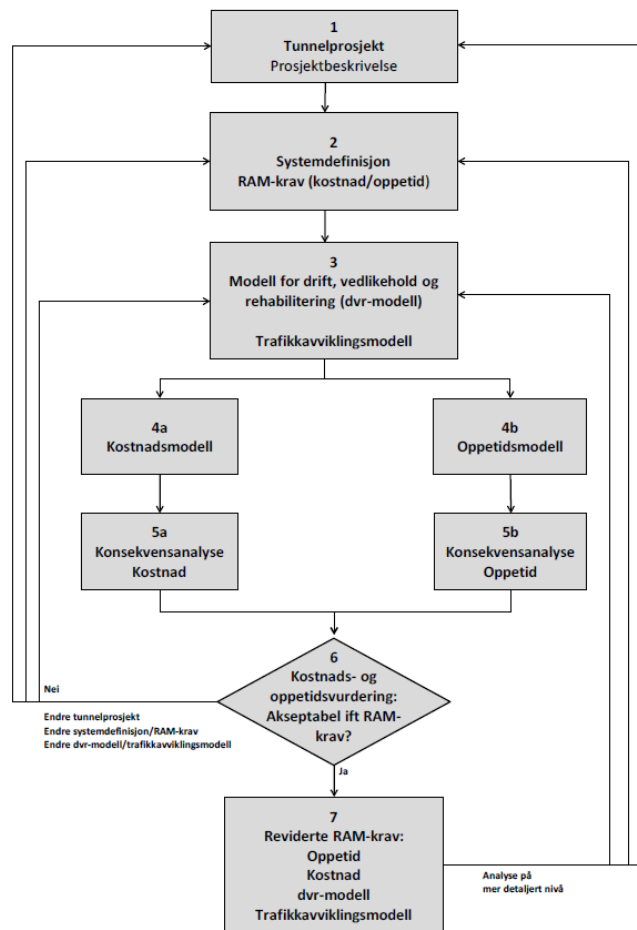
forsinkelsestimer fra hvert system. På den måten skaffer analysene oversikt over hvor ofte det trengs å utføres vedlikehold på de ulike komponentene langs strekningen, hvor lang tid det tar å reparere dem og hvor lenge strekningen må være stengt for kunne utføre reparasjonen. Ved å utføre analysene tidlig i prosjektene tvinges planleggerne å tenke ut gode løsninger og tiltak som sørger for høy oppetid og god tilgjengelighet for brukerne. Analysene gjør også at det kan lages en drifts- og vedlikeholdsplan som sørger for høyest mulig oppetid. På den måten hindrer en at komponentene langs strekningen må skiftes helt ut slik at stengtiden blir lengre.

RAMS-analysene som gjøres for jernbane er ikke veldig ulik den som gjøres for vegtunneler. Veilederen (Vegdirektoratet, 2015) er bygget opp slik at revisjon av tiltakene skal ivare drifts- og vedlikeholdspremissene, og beskriver tre tiltak som bør gjennomføres i et tunnelprosjekt. Dette blir fremstilt i figur 4. I konseptutvalgutredning og i kommunedelplanen bør det utføres en RAM-prosess på det overordnede systemet, mens det i regulerings-, prosjekterings- og byggeplanen bør utføres en RAM-prosess på detaljert nivå. I den samme delen bør også drifts- og vedlikeholdsrevisjon utføres. Drifts- og vedlikeholdsinspeksjoner bør først utføres etter overlevering, hvor det er mulig å undersøke om løsningene er gunstige.



Figur 4: Figuren beskriver når det bør utføres RAM-analyser, Drift og vedlikeholdsrevisjon og Drift og vedlikeholdsinspeksjoner i de ulike fasene i et vegtunnelprosjekt. (Vegdirektoratet, 2015)

RAM-analysen tar hensyn til alle feil eller mulige feil som kan oppstå, samt alle hendelser som kan oppstå i f.eks. trafikken eller pga været. Alt dette kan være med på påvirke oppetiden til tunnelen og eventuelle skader som må repareres.



Figur 5: Trinnene i en RAM-prosess for at RAM-kravene for en vegtunnel er tilfredsstillt

RAM-prosessen, vist i figur 5, blir videre beskrevet i veilederen (Vegdirektoratet, 2015). Prosessen starter ved en generell beskrivelse av prosjektet, som dermed blir en tidlig input til krav om oppetid og kostnader knyttet bestemt til det prosjektet. Det sees i sammenheng med hvilke systemer, objekter og funksjoner langs veg- og trafikksystemet som kan ha innvirkning på oppetiden og kostnadene tilknyttet prosjektet. Dette danner grunnlaget for to modeller, en for drift, vedlikehold og rehabilitering, som skal ta hensyn til alle aktivitetene som skal utføres og frekvensen de skal utføres i, og en for trafikkavviklingsmodell, som må utarbeides ved stengt eller delvis stengt tunnel for å kartlegge alle mulige omkjøringsveier. Ut ifra de to modellene kan det lages modeller for kostnader og oppetid, samt konsekvensanalyser ved oppetid og tiltakene som utføres. Resultatet fra konsekvensanalysen skal sees i sammenheng med RAM-kravene som er blitt definert i starten, og vurdere om det er akseptable resultater eller ikke. Om resultatet ikke er akseptabelt må det skje endringer, enten i prosjektet, i systemdefinisjonen og eller i drifts- eller trafikkavviklingsmodellen. Når resultatet er akseptabelt, kan en gå videre til neste fase i planprosessen. Det utføres dermed en ny RAM-analyse, men nå på et mer detaljert nivå. Alle fasene som utføres i RAM-prosessen skal dokumenteres i en rapport. På den måten sikrer byggherren seg dokumentasjon av RAM-kravene med begrunnelse og konsekvensanalyser.

Etter et par år med en RAMS-analyse på vegtunneler har Vegdirektoratet, i 2019, utarbeidet en Veg-RAMS for vegprosjekter (Johansen, 2019). Prinsippet bak den nye veilederen er den samme som for *VegRAMS for vegtunneler*; å sikre at drift, vedlikehold og rehabilitering legges til grunn for planlegging og bygging av vegprosjekter, og at løsninger som medfører økte livssyklus kostnader og redusert oppetid blir oppdaget og endret på i de ulike planfasene av prosjektet. Erfaring og kunnskap dannet i et prosjekt blir dokumentert og kan overføres til andre tilsvarende prosjekter.

## 2.4 – Alt henger sammen

Hawzheen Karim og Rolf Magnusson (Karim & Magnusson, 2008) gjorde i 2008 en undersøkelse for å identifisere ulike faktorer som kan være til hinder for fremtidig vedlikeholdsarbeid under planleggingsfasen av en ny veg i Sverige. Ettersom Sverige og Norge har relativt like forhold og prosesser rundt vegplanlegging, gir det muligheter til å knytte deres resultater over til norske forhold. Karim og Magnusson gjorde intervjuer med alle involverte parter i et vegprosjekt; konsulenter, drift og vedlikeholdsentreprenører, vegplanleggere og drifts- og vedlikeholdspersonell, samt undersøkte dokumenter og retningslinjer om vegplanleggingsprosessen for å inkludere alle aktivitetene. Dette ble analysert ved hjelp av «The change analysis», som kan analysere problemet og målene, formulere og beskrive hvor det er behov for forandringer og hvordan dette kan løses. The change analysis ble gjort i fire steg; analyse av problemene, aktivitetene, målene og behov for forandringer.

Ved analyse av problemene, oppdaget Karim og Magnusson at flere problemer hang sammen. For eksempel kan problem C være et resultat av problem A og B, og som igjen utgjorde problem D. For å kunne eliminere problem C og D, må det finnes en løsning på problem A og B (Karim & Magnusson, 2008). Det betyr at utfordringene ikke kan løses enkeltvis, men må sees i sammenheng for hele prosjektet. Det komplekse bildet av utfordringene kan derfor resultere at vedlikeholdshensyn ikke blir tatt tilstrekkelig hensyn til under planleggingsfasen. Ved å se på utfordringene og problemene i sammenheng kan løsning på et problem eliminere et annet problem. Det er derfor viktig å skape en arena for diskusjoner og erfaringsutveksling mellom drifts- og vedlikeholdspersonell, vegplanleggerne og andre involverte i planleggingsfasen. Karim og Magnusson foreslår å utvikle en systematisk evalueringsprosess av vegprosjektet for å sørge for at vedlikeholdshensyn blir en del av kvalitetssikringssystemet (Karim & Magnusson, 2008). Et eksempel på dette kan være RAMS-analysen som Johansen (Johansen, 2019) har utviklet på vegne av Vegdirektoratet i Norge. Som nevnt over ønsker Vegdirektoratet at vegprosjektet skal gjennomgå en kvalitetskontroll, og RAMS-analysen vil dermed være et godt verktøy på hvordan dette kan utføres. Ved utførelse av RAMS-analysen er det viktig at det finnes kvalifiserte fagfolk som kan vurdere ulike aspekter av vegprosjektet med hensyn til drifts og vedlikeholds behov.

Videre foreslår Karim og Magnusson at det bør opprettes dokumenter, retningslinjer og hjelpemidler som kan hjelpe vegplanleggeren til å ta hensyn til drifts og

vedlikeholdsbehov underveis i prosjektet (Karim & Magnusson, 2008). Det kan gjøres ved å sørge for tydelige krav i retningslinjene og normaler som brukes underveis i planleggingen, og det kan gjøres ved å utvikle en erfaringsbank hvor gode og dårlige løsninger blir presentert. Erfaringssamlingen som Statens vegvesen (Statens vegvesen, 2013) har opprettet er en av mange muligheter for å danne en database med erfaringer. Ved å informere og bevisstgjøre vegplanleggeren på drifts og vedlikeholdsutfordringer som er oppdaget etter at vegene er åpnet, kan en hindre at samme feil blir gjort i neste prosjekt. Ved å samle både vegplanleggerne og driftsentrepreneurere sammen for å utveksle erfaringer, bidrar dette til å øke kunnskapen hos begge parter. Dette er et annet poeng som kom frem i analysen til Karim og Magnusson (Karim & Magnusson, 2008).

Karim og Magnusson (Karim & Magnusson, 2008) konkluderer med at implementering av foreslåtte tiltak ikke vil øke drifts- og vedlikeholdskostnadene, og heller ikke øke prisen på vegprosjektene. Tvert imot, vil et økt fokus på drift og vedlikehold i vegprosjekter kunne føre til bedre utnyttelse av drifts- og vedlikeholdsbudsjettene, ettersom drifts og vedlikeholdsoppgavene utføres mer effektivt. Det vil igjen si at vegene kan leve lengre på samme budsjett enn tidligere. Karim og Magnusson trekker midlertidig frem at det kreves flere studier for å kunne fastslå om dette gir tydelige effekter på vegnettet og i vegplanleggingsprosessen.

## 2.5 – Værutfordringer

Det er gjort forsøk på å finne ulike tilnærminger for å inkludere drift og vedlikehold i planprosessen. I Norge er det store utfordringer knyttet til vinterdrift og hvor en kan lagre snø fra kjørebanelen. Dette er en av hovedutfordringene til driftsentrepreneurere i tettsteder og byområder. Etter hvert som det snør, skal kjørebanelen brøytes fortløpende for å sikre en trygg og fremkommelig veg. Ved brøyting av kjørebanelen lagres ofte snøen midlertidig på fortauene, som igjen hindrer fotgjengere og syklisters fremkommelig. Snøen må derfor transporteres bort til deponier, noe som er en svært kostbar og tidkrevende jobb for driftsentrepreneureren. Det er derfor ønskelig å ha tilgjengelige områder langs kjørebanelen som kan brukes til snølagring. Områdene kan være utvidelse av vegbredden, slik at snøen kan lagres som brøytekanter eller i åpne områder hvor det kan lages et snødeponi. Aurora M. Dupuy (Dupuy, 2017) har gjort undersøkelser av ulike parametere knyttet til snølagring for å kunne gjøre en vurdering mellom å transportere bort snø eller å utvide vegen for å lagre snø. Formålet var å lage en brøytekant modell som kan anslå det akkumulerte snøvolumet ved brøyting og bredden av brøytekantene slik at det kan dannes et sammenligningsgrunnlag for vurdering av om snøen må transporteres bort eller om vegen må utvides. På den måten kan modellen være et hjelpemiddel for vegplanleggerne ved utforming av nye veger.



## 2.6 – 3D-modell kontra 2D-tegning

I dag er det helt vanlig å bruke 3D-modeller for å kontrollere arbeidet som er sammensatt fra forskjellige fagområder, slik at en er sikker på at de ulike delene passer sammen. For eksempel består et vegdekke av mer enn bare asfalten, det kan gjerne ligge ledninger og vann- og avløpsrør under bakken. Det er derfor viktig å sørge for at dette ikke kolliderer med hverandre. I 2005 (Perdomo, et al., 2005) ble det publisert en rapport som undersøkte bruken av 3D-visualisering for bedre forståelse av konstruksjoner i undervisningssammenheng. Det ble brukt mange ulike teknikker i undervisningen for å forklare hvordan bygninger er satt sammen av ulike komponenter ved hjelp av 2D-tegninger. Eksempelvis er ikke en vegg alltid en vegg, men den kan bestå av rammeverk, ledning, rør, membraner, isolasjon, osv. Det er ikke alltid like enkelt å forstå all informasjonen som er tegnet ut på 2D-tegninger, og Perdomo et al (2005) ønsket derfor å undersøke om studentene forstod av konstruksjonsdetaljer bedre om det ble brukt 3D-modeller i stedet for 2D-tegninger. Det ble fort klart for Perdomo et al at studentene synes 3D-modeller var svært hjelpsom for å oppdage de ulike komponentene i konstruksjonen. 3D-visualiseringen viste alle komponentene samlet i en modell mot å ha flere 2D-tegninger av de ulike komponentene, og gjorde at lettere å forstå sammenhengen mellom dem når de så dem i 3D-modellen.

Som nevnt er det i dag vanlig praktisk å bruke 3D-modeller ved prosjektering for å lettere samle inn all informasjonen og skape muligheter for å lettere samarbeide på tvers av fagområder. Teknologien har gjort det lettere å lagre prosjekter på servere slik at en ikke er avhengig av å arbeide på samme sted, men kan sitte i ulike deler av landet å likevel jobbe på samme prosjekt. Samtidig har spillteknologien utviklet seg og gjør det mulig å lage en virtuell virkelighet av prosjektet. Den virtuelle virkeligheten presenteres i en VR-modell og ved bruk av VR-briller kan brukeren oppleve hvordan prosjektet vil se ut når det er ferdig bygget. Det skaper nye muligheter for å inkludere personer som ikke til daglig ikke arbeider med 2D-tegninger til å bidra inn i prosjekter for å kunne gjøre løsningene enda bedre.

## 2.7 - Oppsummering

Som litteraturstudien viser, er det gjort forskjellige forsøk på å inkludere drift og vedlikehold i de ulike fasene av et vegprosjekt. Erfaringsoverføring mellom prosjekter og viktigheten av inkludering av vedlikeholdspersonell i de ulike fasene av et vegprosjekt er kunnskap som går igjen i forskjellig litteratur. Ved å opprette en erfarings-samlings database, kan vegplanleggeren selv få kunnskap om hvilke type løsninger som er optimal med hensyn til drift og vedlikehold. Som Karim og Magnusson (2008) referer til, er økt kunnskap om drift og vedlikehold hos vegplanleggeren med på å bidra til at det blir færre dårlige løsningene og at kunnskap overføres mellom de ulike prosjektene. Erfarings-samlingen (Statens vegvesen, 2013) som Statens vegvesen har laget er derfor et skritt i rett retning. Ny teknologi gjør det også muligheter for å inkludere personer som ikke bruker 2D-tegninger til vanlig. Inkludering av

driftspersonell i planfasen kan gjøres ved å invitere dem i møter for gjennomgang av prosjektene, hvor vegmodellen kan vises i 3D- og VR-modeller, og kan bidra til diskuteres underveis i møte. Litteraturen peker på at det er lettere å forstå informasjonen i en 3D-modell mot informasjonen som kommer frem på 2D-tenginger i et komplekst prosjekt. Det kan bety at involvering av driftspersonell i planlegging av vegen, på lik linje med fokus på trafiksikkerhet, og ved bruk av 3D-modeller kan ha positiv innvirkning. Det er derfor noe som bør undersøkes videre.

## 3. Metode

I dette kapittelet blir det valgte prosjektet, deler av forprosjektet og forsøket beskrevet. Det blir også gitt en kort begrunnelse av til hvorfor deler av forsøket ikke blir brukt som en del av resultatene.

### 3.1 – Forskningsspørsmål

Innledningsvis, i kapittel 1.1. blir målet og hensikten med oppgaven presentert. Oppgaven tar utgangspunkt i forskningsspørsmålet «Er det lettere å oppdage drift og vedlikeholdsutfordringer i et vegprosjekt som er konstruert i VR-modell kontra vanlige tradisjonelle 2D-tegninger?». Hensikten med oppgaven er finne ut om VR-modeller gjør at det oppdages flere potensielle hindringer eller utfordringer enn det som ville blitt oppdaget på 2D-tegninger, samt å undersøke når en drift og vedlikeholdsgjennomgang ville vært nyttig i planprosessen? For å kunne utføre forsøket trengs det et vegprosjekt som består av både 2D-tegninger og en VR-modell. Norconsult gjorde dette i forbindelse av omregulering av Elgeseter gater, og det ble derfor naturlig å spørre om et samarbeid med dem i forbindelse med denne oppgaven.

### 3.2 – Elgeseter gate

I forbindelse med sommerjobb hos Norconsult var jeg med i et prosjekt knyttet til omregulering av Elgeseter gate. Elgeseter gate er hovedgaten inn til Trondheim sentrum fra sør, og den delen av gaten som skulle omreguleres er ca. 1,7 km lang. Prosjektet passet perfekt for oppgaven da det ble laget både 2D-tegninger og en VR-modell, samt at vegprosjektet i seg selv var en reguleringsplan. Elgeseter gate skulle omreguleres for å se på alternativer på plassering av kollektivtrafikken, slik at bussene får høyere prioritet igjennom byen. Ettersom Elgeseter gate prosjektet inneholdt tre viktige punkter for oppgaven, ble derfor naturlig å velge dette prosjektet for denne oppgaven.

### 3.3 – Deltakere

Det var flere som ønsket å bidra til å undersøke om VR-briller kunne være en metode for å inkludere drift og vedlikehold. I utgangspunktet var det driftsentreprenører som var mest interessant for oppgaven da det er de som har mest kunnskap og erfaring med drift og vedlikehold. Det oppstod litt utfordringer med å få nok deltakere til å delta på prosjektet, så det ble besluttet at også vegplanleggere og andre fagpersoner med tilknytning til drift og vedlikehold også kunne delta. Til slutt var det 17 personer med ulik vegrelatert bakgrunn som gjennomførte forsøket.

### 3.4 – Beskrivelse av forsøket

Deltakerne skulle ta en drift og vedlikeholdsvurdering av et vegprosjekt to ganger. Første gang med 2D-tegninger og andre gang ved bruk av VR-briller og VR-modell. Forsøket varte ca. en time, og skulle utføres en og en. Ved gjennomgangen skulle det registreres antall hindringer og utfordringer som deltakeren nevnte, samt tiden når det ble

nevnt, både i 2D og i VR-modellen. Deltakeren fikk først utdelt et bakgrunnsskjema, hvor informasjon om blant annet alder, yrkesstatus og antall år med drift og vedlikeholdserfaring ble registret.

Det startet med at den deltagende først fikk utdelt 2D-tegningene, med beskjed om å ta en drift og vedlikeholdsgjennomgang av prosjektet. Fokuset skulle ligge på hindringer eller utfordringer, både positive og negative, med tanke på utføring av drift og vedlikeholdsarbeid. Det ble gitt litt generell informasjon om prosjektet, som for eksempel hensikten med omreguleringen, forklaring på hva de ulike linjene i 2D-tegningene representerte, samt hva som var kollektivfelt og kjørebane. Deltakeren fikk 20 minutter til å gjennomgå tegningene og komme med kommentarer eller bemerkninger, som ble notert ned underveis. Etter at de 20 minuttene var gått, ble tegningene samlet inn og deltakeren fikk prøve VR-modellen.

VR-modellen er en visualiseringsmodell i 3D av 2D-tegningene når den ble laget. Den er derfor identisk med 2D-tegningene, men en foreløpig landskapsplan var også lagt til i modellen. På samme måte som ved gjennomgangen av 2D-tegningene, skulle deltakeren gjennomføre en drift og vedlikeholdsgjennomgang av prosjektet. Fokuset lå fortsatt på drift og vedlikehold, hvor hindringer og utfordringer, positive som negative, skulle kommenteres. Alt som deltakeren så i VR-brillene kunne også sees på PCskjermen, slik at jeg kunne se alt deltakeren kunne se. Var derimot brillene av, var modellen heller ikke aktiv. Deltakeren ble også bedt om å kommentere ting som de hadde nevnt på 2D-tegningene, slik at det ble tydelig om de også oppdaget de samme utfordringene i VR-modellen. Også denne delen hadde en tidsbegrensning på 20 min.

Etter at gjennomgangene var ferdig ble deltakerne bedt om å fylle ut et evalueringsskjema, for å kunne evaluere hvordan de opplevde denne gjennomgangen, når de kunne tenke seg å gjennomføre en slik gjennomgang og om det var noe de synes manglet underveis.

### 3.5 – Bearbeiding av resultatene

Det ble undersøkt flere metoder for hvordan det er mulig å måle effekten av involveringen fra fagpersoner i et vegprosjekt. Både tidsdifferanse og antall kommentarer ble diskutert. Underveis i forsøket ble det derfor registret antall ganger en hindring eller utfordring ble nevnt, samt tiden for når det ble nevnt første gang. Ved gjennomgang av resultatene ble det derimot vanskelig å undersøke hvor raskt ting ble oppdaget da gjennomgangen av Elgeseter gate hadde ulike hindringer på ulike plasser i gaten. Det ble derfor besluttet å kun se på antall hindringer og utfordringer som ble nevnt, samt ta utgangspunkt i svarene fra evalueringsskjemaene.

Underveis i forsøkene oppstod det noen ganger tekniske problemer med VR-utstyret. I noen tilfeller klarte jeg å gjøre slik at utstyret virket igjen, men i noen av tilfellene måtte en gå over i gamification modell. Deltakerne som opplevde dette, fikk da styre en

«drone» over det samme prosjektet slik at de fikk se det samme som de ville gjort i VR-modellen. Virkelighetsfølelsen vil ikke være så sterk, ettersom 360 graders-opplevelsen ikke er til stede på en skjerm, men bruk av gamification modellen antas at ikke vil svekke resultatene i denne studien.

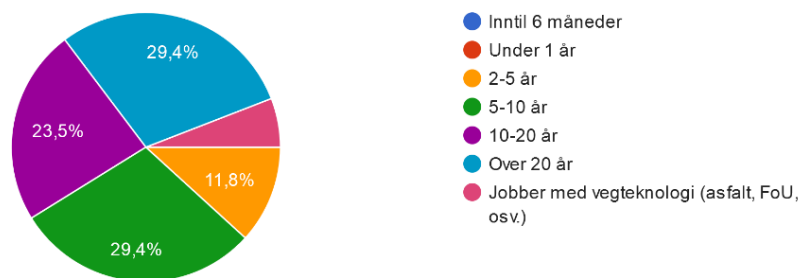
## 4. Resultater

### 4.1 – Bakgrunnsinformasjon

Det var 17 deltakere med i forsøkene, med 17,6% kvinner og 82,4% menn. Deltakerne var i alderen 26-65 år. En av deltakerne hadde ikke jobbet med drift og vedlikehold, men har arbeidet med vegteknologi i mange år. Resten av deltakerne hadde arbeidet i minimum to år med drift og vedlikehold i en eller annen sammenheng, som vist i figur 6. 29,4% av deltakerne hadde arbeidet med drift og vedlikehold i over 20 år.

Hvor lenge har du jobbet/arbeidet med drift og vedlikehold?

17 svar



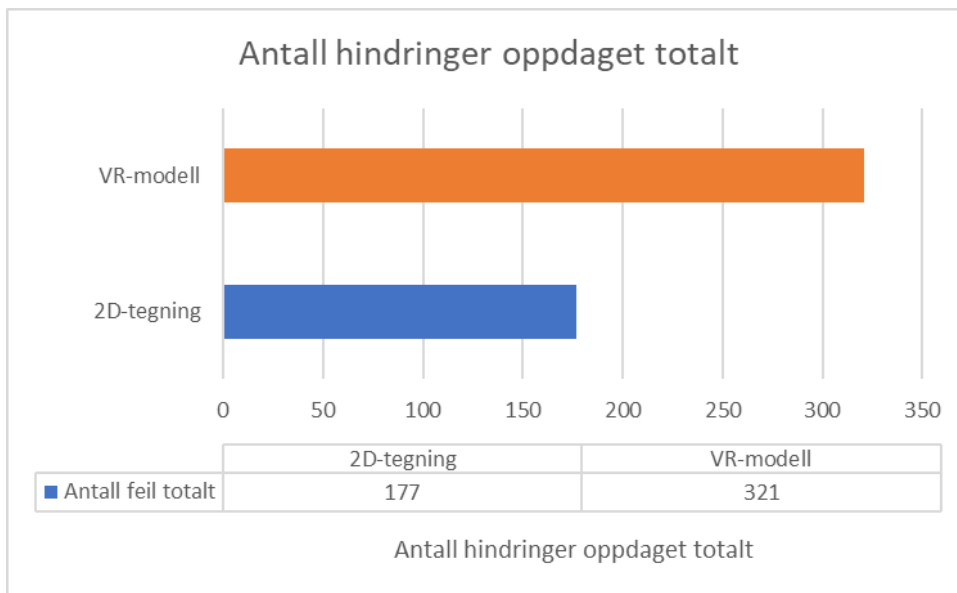
Figur 6: Grafisk fremstilling av hvor lenge deltakerne i forsøket har arbeidet med drift og vedlikehold

Seks av deltakerne arbeider hos drift- og vedlikeholdsentreprenører, åtte av deltakerne arbeider hos konsulenter eller byggherrer, mens de resterende tre deltakerne jobber i kommuner. 82,4 % av deltakerne opplyser at de til daglig arbeider med drift og vedlikehold.

## 4.2 – 2D-tegning kontra VR-modell

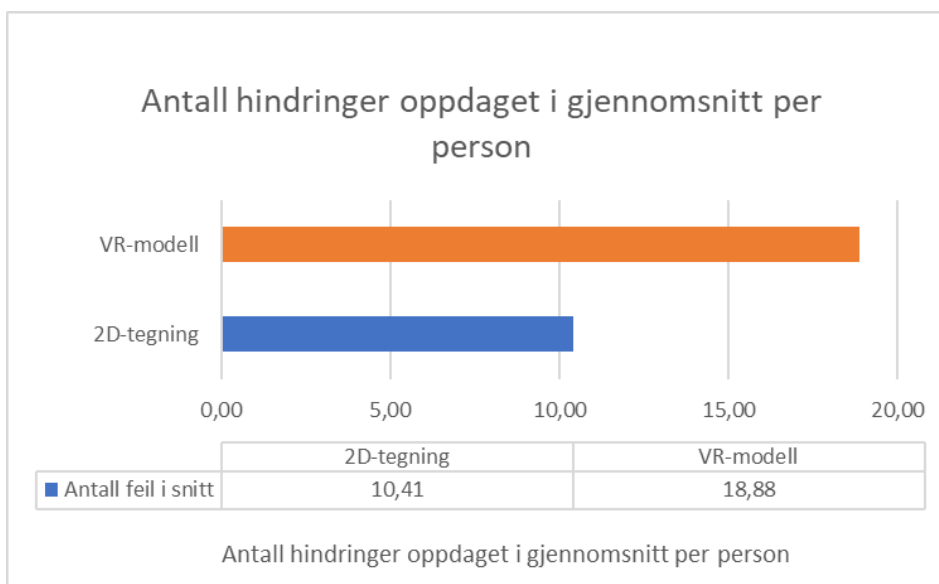
### 4.2.1 – Totalt antall hindringer oppdaget

Det ble, som nevnt i kapittel 3.4, registrert en hindring eller en utfordring for drift og vedlikeholdet hver gang dette ble nevnt. Figur 7 viser at det oppdages totalt 321 hindringer eller utfordringer i VR-modellen, mens det oppdages 177 hindringer eller utfordringer på 2D-tegningene. Det oppdages altså 81,3% flere hindringer eller utfordringer i VR-modellen enn på 2D-tegningene.



Figur 7: Antall hindringer registrert totalt fra alle forsøkene. 321 hindringer eller utfordringer ble registrert i VR-modellen mot 177 på 2D-tegningene

Figur 8 viser at det i gjennomsnitt per person ble det oppdaget 10,41 hindringer på 2D-tegningene mot 18,9 hindringer i VR-modellen. Det vil si at bare 55 % av hindringene som oppdages i VR-modellen, oppdages på 2D-tegningene.

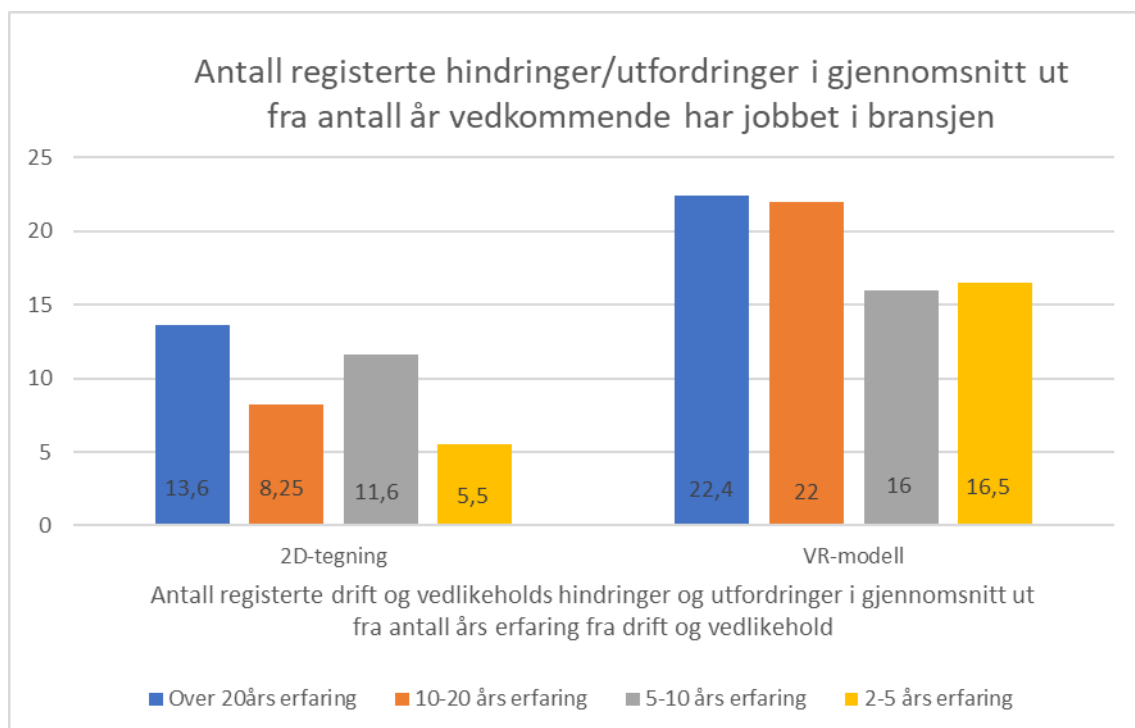


Figur 8: Gjennomsnittet av antall registrerte hindringer eller utfordringer per person

#### 4.2.2 – Erfaring fra drift og vedlikehold

Det ble gjort undersøkelser for å se om det hadde noen sammenheng mellom om hvor mange års erfaring deltakeren har med drift og vedlikehold og antall hindringer eller utfordringer som ble oppdaget.

Figur 9 viser i gjennomsnitt per person som ble registrert knyttet opp mot antall år med drift og vedlikeholdserfaring. Som forventet viser figur 9 en trend om at en med mer erfaring kan identifisere flere hindringer og utfordringer, både på 2D-tegningene og i VR-modellen. Likevel viser figuren at uavhengig av erfaringsgrad oppdages det flere hindringer i VR-modellen. Det vil si at en med 2-5 års erfaring klarer å identifisere flere hindringer ved å bruke VR-modellen enn en med over 20 års erfaring klarer å identifisere med 2D-tegningene.

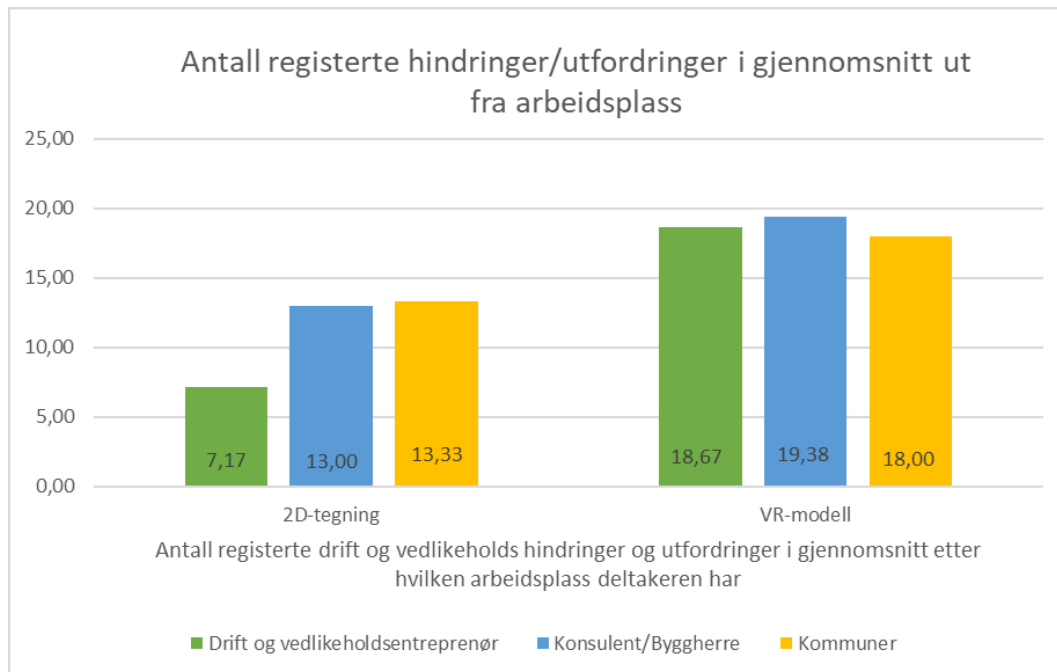


Figur 9: Gjennomsnittet av antall registrerte hindringer eller utfordringer ut i fra antall års erfaring med drift og vedlikehold



### 4.2.3 – Drift og vedlikeholdsentreprenør kontra konsulenter

Driftspersonell er til daglig bruker svært sjelden 2D-tegninger i sin hverdag. Det gjør derimot konsulentene. Figur 10 viser i gjennomsnitt per person antall registreringer etter at deltakerne er delt inn i grupper etter hvor vedkommende arbeider. Blant deltakerne som arbeider hos en drift og vedlikeholds entreprenør ble det i snitt per person registrert over dobbelt så mange hindringer og utfordringer i VR-modellen enn på 2D-tegningene. I de to andre arbeidsgruppene er det også en forskjell, men forskjellene her er tilsvarende som i det totale bildet.



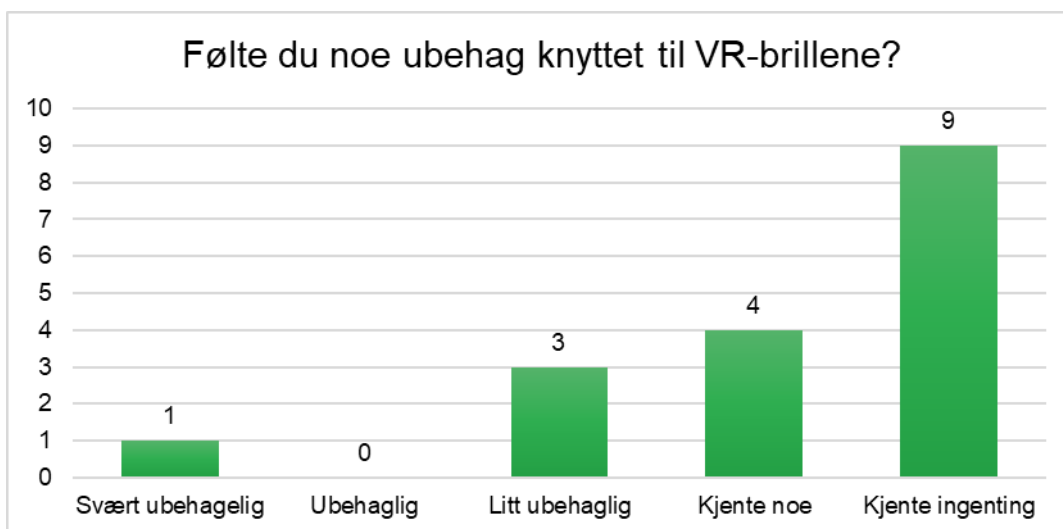
Figur 10: Gjennomsnittet av antall registrerte hindringer eller utfordringer ut i fra hvor deltakeren arbeider.

### 4.3 – Evalueringsskjema

Alle deltakerne utfylte et evalueringsskjema etter at forsøket var ferdig. Videre blir det presentert et sammendrag av hva som kom frem.

#### 4.3.1 – Ubehag knyttet til VR-briller

Ved bruk av en VR-modell tar du på deg et par VR-briller og går inn i en virtuell verden. Du har derfor ingen opplevelse av hva som skjer i den virkelige verden. Det gjør at enkelte kan oppleve ubehag eller kvalme ved bruk av VR-brillene. Deltakerne fikk beskjed på forhånd om at det var muligheter for å oppleve dette, og at det var mulig å avbryte forsøket dersom det skjedde. Kun en av respondentene ønsket å avslutte pga ubehag før tiden var ute, men vedkommende hadde likevel gått gjennom hele prosjektet. Figur 11 viser om deltakerne opplevde noe ubehag knyttet til bruken av VR-brillene, ved å rangere opplevelsen fra 1 til 5. 76,4% av deltakerne følte lite eller ingen ubehag knyttet til bruk av VR-brillene.



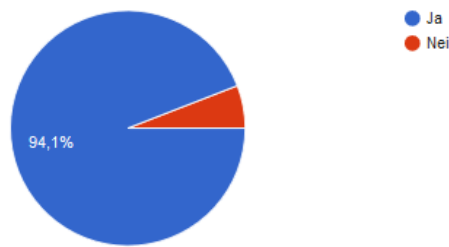
Figur 11: Grafen viser om deltakerne opplevde noe ubehag knyttet til bruken av VR-brillene.

#### 4.3.2 – Helhetsinntrykk

Et av målene ved bruk av VR-modeller er å skape et mer helhetsinntrykk av et prosjekt slik at det er lettere å se hvordan vegen vil se ut etter at den er ferdigutbygd. Det er derfor av interesse å spørre deltakerne om de fikk et mer helhetsinntrykk av vegprosjektet i VR-modellen. Fra figur 12 kommer det frem at 94,1% av deltakerne følte at de fikk et mer helhetsinntrykk av hvordan det ferdige vegprosjektet ville se ut. Den siste respondenten kommenterte (vedlegg A, kandidat 8) at VR-modellen manglet del elementer som for eksempel skilt og kummer, men ettersom prosjektet er en reguleringsplan, gav modellen likevel et mer helhetsinntrykk enn det 2D-tegningene gjorde.

Fikk du et mer helhetlig inntrykk av hvordan det ferdige vegprosjektet ville se ut?

17 svar



Figur 12: Grafen viser om deltakerne fikk et mer helhetlig inntrykk i VR-modellen av hvordan det ferdige vegprosjektet ville se ut.

#### 4.3.3. – Oppdage drift og vedlikeholdshindringer

I figur 13 ble deltakerne spurt om de synes det var lettere å oppdage drift og vedlikeholdshindringer i VR-modell enn på 2D-tegninger, noe samtlige deltakere synes.

Synes du det var lettere å oppdage drift og vedlikeholdshindringer i VR-modellen?

17 svar



Figur 13: Grafen viser at deltakerne synes det var lettere å oppdage drift og vedlikeholdshindringer og utfordring i VR-modellen.

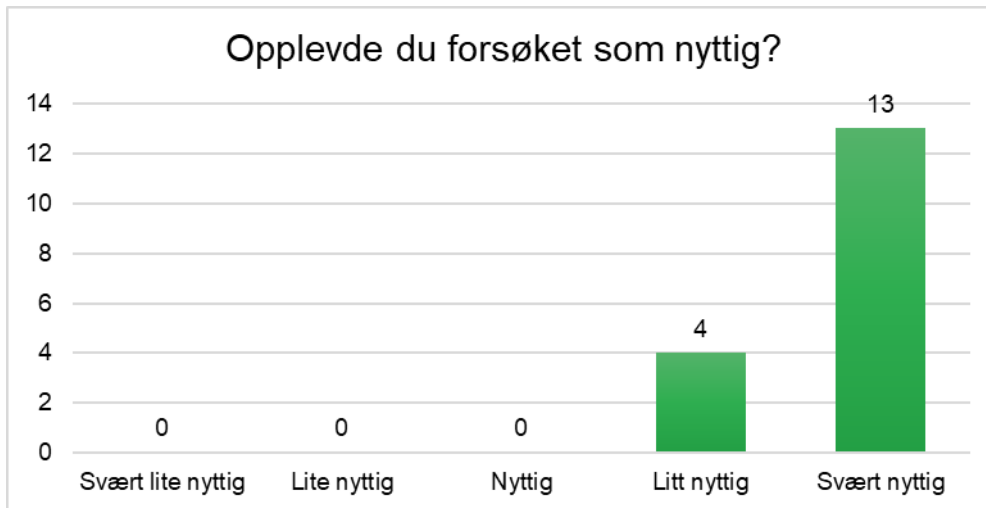
I oppfølgingsspørsmålet om hva det var som var lettere å oppdage i VR-modellen kommenterte flere av deltakerne at detaljeringsnivået var mye høyere, det var lettere å se størrelsesforholdene og helhetsbilde av hvordan vegprosjektet ville se ut til slutt. I vedlegg A kommer dette tydelig frem fra tilbakemeldingene om hva det var som var lettere å oppdage i VR-modellen:

*Det var enklere å få med detaljer som ellers «blir borte» i strekene på tegningen. Jeg oppdaget høydeforskjeller i kantstein og rekkverksavslutninger som ikke var så godt synlig på tegningene. Fikk bedre inntrykk av arealer og avstander mellom rekkverk og krysningspunkter. – Kandidat 6*

*Stor forskjell i detaljeringsgrad i VR-modell kontra 2D. Detaljer i utforming, planering, høyder/bredder. Lettere å forstå driftsopplegg nødvendig for å kunne drifte vegsystemet. – Kandidat 5*

#### 4.3.4 – Opplevelse av forsøket

Deltakerne skulle også evaluere hvordan de opplevde forsøket og om dette er en metode de kunne tenke seg å benytte i fremtiden. I figur 14 skulle deltakerne vurdere om forsøket opplevdes som nyttig, og rangere det på en skala fra 1 til 5, hvor 5 er svært nyttig og en er svært unyttig. I figur 15 skulle deltakerne svare på om de tenker at dette kan være en metode for fremtiden. Det kommer frem fra figur 14 at 76,5% av deltakerne synes forsøket var svært nyttig, mens samtlige deltakere tenkte at dette er en metode som kan brukes i fremtiden.



Figur 14: Fremstilling av hvordan deltakerne opplevde forsøket

Er dette en metode som du tenker kan være nyttig å bruke i fremtiden?

17 svar



Figur 15: Grafen viser om deltakerne synes denne metoden er nyttig å bruke i fremtiden.

#### 4.3.5 – Gjennomgangstidspunkt i et vegprosjekt

Deltakerne ble spurt om i hvilken fase de ville sett det nyttig å ha en drift og vedlikeholds gjennomgang. Seks av deltakerne ønsket å kjøre slik gjennomgang i alle fasene av vegprosjektet. Fire av deltakere kunne tenkt seg en slik gjennomgang i både reguleringsfasen, for å kunne sikre tilstrekkelig areal, og i byggeplanfasen, for å luke bort dårlige valg som blir detaljert og planlagt. Fullstendige svar er lagt til i vedlegg A.

## 5. Diskusjon

I denne delen vil resultatene fra kapittel 4 (figur 6 til 15) bli diskutert og analysert for å prøve å finne svar på det innledende spørsmålet: «Er det lettere å oppdage drift og vedlikeholdsutfordringer i VR-modell kontra på 2D-tegning?». I tillegg vil flere av svarene fra evalueringsskjemaet bli trukket frem for å underbygge resultatene i kapittel 4. Svar fra evalueringsskjemaet er å finne i vedlegg A.

### 5.1 – 2D-tegninger kontra VR-modell

Ut fra resultatene som kommer frem i seksjon 4.2, er det er helt klart at en VR-modell har en stor betydning for å oppdage drift og vedlikeholdshindringer i vegprosjekter. VR-modeller gir helt nye muligheter for å undersøke og forstå kompleksiteten av prosjektet enn det 2D-tegningene gjør. Figur 7 viser at det oppdages hele 81,3% flere hindringer i VR-modellen enn på 2D-tegningene. Kandidat 10 kommenterer (vedlegg A) at det er lettere å oppdage «helhetsbilde, størrelsesforhold, elementer i modellen, enn på papir. Hva som var busstopp, kjørefelt, etc. Rekkverk, osv. så jeg heller ikke på papiret» i VR-modellen. Alle resultatene peker også på at det er betydelig lettere å oppdage vesentlige detaljer som er viktig for drift- og vedlikeholdet i prosjektet i VR-modellen. Det var derfor også interessant å undersøke om de ulike arbeidsgruppene eller erfaring fra drift og vedlikeholdsarbeid utgjør noen forskjell i antall hindringer som oppdages i VR-modellen kontra 2D-tegningene.

#### 5.1.1 – Arbeidsgruppe

I delkapittel 4.1 deles deltakeren inn i tre arbeidsgrupper; konsulent/byggherre, drift- og vedlikeholdsentreprenør eller arbeidet i en kommune, for å se om det var forskjell på en som arbeidet med 2D-tegninger til daglig kontra de som ikke gjør det. Fra figur 10 er det svært tydelig at de som arbeider med 2D-tegninger til vanlig oppdager vesentlig flere hindringer på 2D-tegningene enn de som ikke ser slike tegninger til daglig. I figur 10 kommer det òg frem at det i gjennomsnitt registreres 81,3% flere hindringer hos en deltaker som arbeider hos en konsulent eller byggherre mot en deltaker som arbeider hos en driftsentreprenør. Forskjellen mellom gruppene var betydelig mindre i VR-modellen, hvor konsulentene eller byggherrene oppdaget i gjennomsnitt 3,5% flere hindringer enn driftsentreprenørene. Faktisk viser resultatene fra figur 10 at det ikke er store forskjeller i antall registrerte drift og vedlikeholdshindringer mellom noen av gruppene når det gjaldt VR-modellen, men betydelige forskjeller på når det brukes 2D-tegninger. Uavhengig av arbeidsbakgrunn er det derfor tydelig at ved bruk av VR-modell vil det oppdages flere drift og vedlikeholdshindringer enn om det kun brukes 2D-tegninger.

### 5.1.2 – Erfaring fra drift og vedlikehold

Erfaring har stor betydning når det gjelder å dele sin kunnskap, og det er av interesse å undersøke om det kan være en faktor som påvirker antall registreringer. I figur 9 er det tydelig indikasjoner på at jo lengre erfaring du har med drift og vedlikehold jo større sjans er det for å oppdage flere hindringer og utfordringer, uavhengig om det brukes 2D-tegninger eller VR-modell. Dette stemmer med funnene som Permodo et al (2005) fant i sin studie av studenter og bruk av 3D-modeller mot 2D-tegninger i forståelsen av kompleksiteten av en konstruksjon. Figur 9 viser òg en uavhengighetsgrad av erfaring ettersom det i gjennomsnitt registreres flere hindringer i VR-modellen uavhengig av antall år med erfaring en har. Sett i sammenheng med hvilken arbeidsgruppe en tilhører understreker det at visualisering gjør det lettere å kunne oppdage drift og vedlikeholdsutfordringer uavhengig av en er helt fersk eller om en har arbeidet i drift og vedlikehold i over 20 år.

Resultatene indikerer at bruksverdien av en VR-modell er av stor betydning. I alle bransjer blir hverdagen mer og mer digital. Full utnyttelse av hva de digitale mulighetene gir oss, gjør at det er større sjans for å levere gode løsninger med en gang, i stedet for å måtte gjøre store endringer i en seinere fase eller sette inn tiltak etter at vegen er bygget. Ved å utføre minst en drift og vedlikeholdsgjennomgang før vegprosjektet blir bygd, kan en klare å luke vekk løsninger som ikke er gunstige for drift og vedlikeholdet.

## 5.2 – Ønskelig og nødvendig informasjon for en optimal gjennomgang

I evalueringsskjemaet fikk deltakerne spørsmål om det var noe de følte manglet av informasjon i modellen i forhold til drift og vedlikehold. Flere av svarene gikk igjen, blant annet var det flere som savnet skiltinformasjon og kummer. I avsnitt 4.3.2 viser figur 12 at 94,1% av deltakerne fikk et mer helhetlig inntrykk av hvordan det ferdige vegprosjektet ville se ut. Den siste respondenten kommenterte at en del detaljer manglet, noe som også er naturlig siden det er en reguleringsplan. Som det nevnes i kapittel 2.1, skal en reguleringsplan inneholde arealbehovet for den valgte vegtraseen og ha en teknisk plan som grunnlag for videre arbeidet. Reguleringsplanen sier derfor ikke noe om hvordan det ferdige vegprosjektet faktisk vil se ut, men det lages et forslag til hvordan det ferdig vegprosjektet kan se ut for å være sikker på at det er tilstrekkelig areal er tilgjengelig. Flere av deltakerne var enig i å ønske et høyere nivå av detaljeringsgrad ved drift og vedlikeholdsgjennomgangen, da blant annet skiltplassering manglet og kan ha stor innvirkning på den daglige driften. Samtidig kommenterte flere at siden prosjektet var en reguleringsplan var detaljeringsnivået godt nok. Dette er en av grunnene til at flere trakk frem viktigheten av å gjennomføre en drift og vedlikeholdsgjennomgang både i reguleringsplanfasen og i byggefasen. I reguleringsplanfasen er det viktig å sikre nok arealer til gode løsninger og at driftsopplegget blir ordentlig gjennomtenkt for å optimalisere hverdagen til driftspersonellet. I byggeplanfasen er viktig å luke vekk dårlige valg av deltajeringer, som for eksempel dårlig plassering av skiltstolper og kummer. Uansett hvilken fase en slik gjennomgang blir utført i, var alle deltakerne enig om at minst en drift og vedlikeholdsgjennomgang må skje i tidligfase, og seinest før byggeprosessen starter, slik at det fortsatt er mulighet for å gjøre endringer i vegprosjektet uten at det blir betydelig økte kostnader.

Flere etterlyste også muligheten for å se hvordan veganlegget vil se ut i snøvær, ettersom snø kan skape store utfordringer for drift og vedlikeholdet. En del av problemene knyttet til håndbøkene til Statens vegvesen er at det kun er illustrasjoner fra sommerhalvåret, mens det i Norge er minst 3 ulike vær-sesonger; vinterhalvåret, sommerhalvåret og sesongene imellom. I vinterhalvåret kommer det, i store deler av Norge, snø som ligger på og langs veien. En av hovedoppgavene til driftsentreprenøren i denne sesongen er å brøyte unna snøen som ligger ned. Det er derfor svært viktig at det er plass til å legge snøen langs vegen eller på et deponi, enten midlertidig eller permanent, samt at det lages en god driftsplan hvordan dette kan utføres på en effektiv måte. Deltakerne synes det derfor hadde vært svært nyttig å kunne visualisere snømengder som er vanlig for det geografiske området vegprosjektet ligger i for å kunne bedre si noe om det er behov for større snøopplagringsplasser eller midlertidige snødeponier. Sesongen imellom er det når det enten går fra vinter til sommer eller fra sommer til vinter. Denne sesongen vil værvariasjonene være store, det kan være regn den ene dagen og snø den neste, og det kan være vanskelig å opprettholde kvaliteten på vegen i korte perioder.. Ved å inkludere modellen som Dupuy (Dupuy, 2017) utviklet i

2017 er det mulig å kunne beregne seg frem til om det er nok areal til snølagring i umiddelbar nærhet eller om brøytekanalen blir for høy så snøen må transporteres bort. Beregningene fra Dupuy's modell kan derfor være til stor hjelp for klare å visualisere snøfall i en VR-modell. Ved å videreutvikle Dupuy's modell til å også se på regnvær, kan det også være muligheter for å visualisere både kraftige og normale nedbørsmengder i VR-modellen. Dette blir også viktigere å ta hensyn til i tiden fremover da været er spådd til å bli villere og våtere. Visualisering av regnvær var noe flere av deltakerne ønsket, blant annet for å kunne si noe om plassering av ulike kummer og sluk, samt å se hvordan vannet renner i vegbanen og hva slags betydning det kan ha for drift og vedlikeholdet. Ved å ta hensyn til alle værtypene som er i Norge og ha muligheten til å visualisere disse i VR-modellen, er det med på å kunne nå kravet om at drift og vedlikehold skal være premissgivende for vegens utforming, slik det er beskrevet i håndbok N100 (Statens vegvesen, 2019).

En annen ting som ble gjentatt av flere deltakere var muligheten for å måle objekter, kantstein og bredden på fortau og kjørebane i VR-modellen. Selv om objekter og vegbanen er prosjektert etter håndbøkene, er det ikke like enkelt å vite om det er prosjektert med tekniske avvik. Måling i VR-modellen kan for eksempel undersøke om leskuret er høyt nok til at speilet på brøytebilen kan passere uten å være borti, eller om vegbanen er bred nok for en brøytebil. Sammen med å måle objekter, ble det også nevnt om muligheten til å undersøke hvor vann og avløpsnett og ledningsnett ligger under bakken, og mulighet for å undersøke overbygningen og andre materialer som brukes, for eksempel materialene for en kantstein eller i et rekkverk. Dette er faktorer som ikke har direkte konsekvenser for den daglige driften, men som er viktig med tanke på vedlikeholdet. For eksempel er en kantstein av granitt et svært sterkt materiale og kan gjøre store ødeleggelser om det blir påkjørt under brøyting. Om vinteren er vanskelig å se hvor kantsteinene er uten brøytestikker og det er derfor stor fare for at både kantstein og plog blir ødelagt ved en påkjørsel. Da kreves det reparasjon av både plog og kantstein, som både vanskeliggjør videre driftig (til plogen er fikset) og ny kantstein må settes på plass. Dette koster både tid og penger, og ved å se materialvalg i en tidligfase kan en komme med anbefalinger eller alternativer som gjør det lettere å drifte objektene.

### 5.2.1 – Ubehag knyttet til VR-briller

I seksjon 4.3.1 blir det stilt spørsmål om deltakerne opplevde noe ubehag knyttet til brillene. Som figur 11 viser, opplevde 76,4% av deltakerne ingen eller lite ubehag. Figuren viser derimot at det var tre deltakere som følte ubehag, og de nevnte at det handlet om kvalme, svimmelhet, ikke kontroll på faktiske omgivelser, at skjermen ble svart pga tekniske problemer og at det var ubehagelig å bli påkjørt av syklist, biler og busser (vedlegg A).

Ubehaget som kan oppstå kan løses ved at det er en som bruker VR-brillene mens resten av møteteamet ser på modellen på skjerm, eller at det lages en gamification versjon av



prosjektmodellen. Gamification er en spillversjon av modellen, hvor en kan oppleve vegprosjektet fra en drone og på den måten bevege seg gjennom den ferdigstilte vegen. Spillversjonen er modell som er tilsvarende som VR-modellen, men hvor en altså ikke trenger å ha VR-utstyr for å se det ferdige vegprosjektet. En del av plagene ved bruk av VR-brillene vil derfor bli eliminert dersom det brukes en gamification-versjon i stedet.

### 5.3 – VR-briller i møtesituasjoner

Som det blir nevnt i 5.2, er det ønskelig med minst to drift og vedlikeholdsgjennomganger i en planprosess; en i reguleringsplanfasen og en i byggeplanfasen. På den måten kan en sikre ulike drift og vedlikeholdsbehov etter hvert som detaljeringsnivået øker i de ulike fasene. Gjennomgangen bør skje i en vanlig møteform, hvor både konsulenter og drift- og vedlikeholdspersonell er til stede og kan se modellen. Det hadde vært en fordel om deltakerne på møte fikk tilgang til modellen på forhånd for forberedelser, men dette krever at alle har VR-utstyr tilgjengelig. Som et minimum bør møtedeltakerne få tilgang til en 3D-modell av prosjektet, slik at det er mulig å gjøre seg kjent med innholdet på forhånd av møte. Det er usikkert på hvor lang tid en drift og vedlikeholdsgjennomgang vil ta, da det avhenger av blant annet størrelsen på prosjektet og hvor i planprosessen prosjektet befinner seg, men i forsøket var det satt en tidsbegrensning på opptil 20 minutter på hver del. Deltakerne i forsøket visste ikke hvilket prosjekt det var snakk om på forhånd, så de måtte også få tilgang til informasjon underveis i forsøket. Totalt tid på hvert forsøk, med forklaring av prosjektet og hva som skulle gjøres, tok ca. en times tid. Tiden i VR-modellen var i all hovedsak tilstrekkelig, men noen av deltakerne hadde nok synes det var greit å ha litt lengre tid. I en møtesituasjon vil det dessuten oppstå flere diskusjoner om ulike løsninger som er valgt og hva som eventuelt kunne vært gjort annerledes for en mer optimal løsning med tanke på drift og vedlikehold. I tillegg bør det tas hensyn til at brukeren av VR-brillene kan oppleve ubehag, som nevnt i 5.2.1. Det er ikke ønskelig at noen skal bli dårlig på jobb og det bør derfor enten være flere som bruker VR-brillene eller at VR-brillene tas av mens diskusjonene pågår. Alle disse faktorene gjør det er derfor vanskelig å gi et estimat på hvor lang tid en slik gjennomgang vil ta i en møtesituasjon.

Det er knyttet en del spørsmål til hvor lang tid det tar å lage en VR-modell kontra en tradisjonell 3D-modell. Etter samtaler med kollegaer i Norconsult, vil en detaljert VR-modell med mye tekstur ta rundt 2-3 måneder ekstra å produsere, i tillegg til vanlig prosjekteringstid på rundt 1-2 måneder. En god 3D-modell med tekstur tar derimot ca. en ukes tid å produsere. Som det er nevnt tidligere, krever en VR-modell at brukeren har VR-utstyr; sensorer, briller og en sterk nok pc til å kjøre modellen på. Det er derfor naturlig at det stilles spørsmål om det er nødvendig å lage en VR-modell når en god 3D-modell kan være godt nok. I delkapittel 1.1 forklares det derimot at en i en VR-modell opplever en virtuell verden i 360 grader, og får følelsen av at en selv er fysisk til stede i prosjektet. Dette forsterkes av blant annet av faktiske størrelsesforhold på hus, fortau og av trafikk fra gående, syklende og kjørende. På den måten blir prosjektet presentert på en mer realistisk måte enn det ville blitt i en god 3D-modell.

Som nevnt i 3.5, oppstod det tekniske problemer med VR-utstyret underveis i noen av forsøkene. Det gjorde at det var nødvendig å bruke en gamification versjon av prosjektmodellen. Deltakerne fikk da se en tilsvarende modell som i VR-brillene på PC-skjermen som i et spill. I gamification modellen kan en se prosjektet gjennom en «drone» på skjermen i stedet for å selv følge at en er til stede. Dronen kan en styre frem

og tilbake, opp og ned, og snu seg til sidene ved hjelp av tastaturet. Detaljene og de bevegelige bildene vil fortsatt være til stede, men opplevelsen av å selv være fysisk til stede i det ferdige prosjektet, som skapes av 360 graders visningen i VR-modellen, vil forsvinne. Opplevelsen som en får i VR-brillene vil nok også forsvinne for alle de andre møtedeltakerne enn den som bruker brillene, da de vil se modellen på skjerm. Det kan derfor være like greit å bruke en gamification modell i møtesituasjoner, da detaljeringsnivået fortsatt vil være høyere enn i en tradisjonell 3D-modell og at den kun krever en kompatibel pc og kjennskap til hvordan en skal styre «dronen» fra tastaturet.

## 6. Konklusjon

Denne studien har undersøkt om en VR-modell gjør at det er lettere å oppdage hindringer knyttet til drift og vedlikehold enn det som ville blitt oppdaget ved bruk av tradisjonelle 2D-tegninger. Ut fra resultatene i kapittel 4 er det helt klart dette er tilfelle. Uansett hvilken undersøkelse som er gjort, er det registrert flere drift og vedlikeholdshindringer når VR-modellen brukes enn ved bruk av 2D-tegningene. Viktigheten av visualisering er spesielt tydelig ved undersøkelse av de ulike arbeidsgruppene. Forskjellene mellom arbeidsgruppene var ikke store i VR-modellen, men utgjorde en forskjell på hele 81,3% mellom to av gruppene ved bruk av 2D-tegningene. Dette understrekes igjen ved å se på om erfaring kan ha en innvirkning. Uavhengig av hvor mange års erfaring med drift og vedlikehold en har, ble det oppdaget flere hindringer og utfordringer i VR-modellen enn det ble på 2D-tegningene. Det konkluderes derfor med at bruk av VR-modeller vil gi bedre og flere drift og vedlikeholdsinnspar enn det vanlige tradisjonelle 2D-tegninger gjør.

I en møtesituasjon kan det være vanskelig å skulle bruke en VR-modell, da det krever VR-utstyr og må utføres individuelt. Selv om andre deltakere i møte kan se på skjerm det som oppleves i VR-brillene, forsvinner noe av virkelighetsfølelsen på skjermen. Ved bruk av en gamification modell kreves det kun en kompatibel PC og alle møtedeltakerne vil se alt på en skjerm. En gamification modell kan inneholde samme detaljeringsgrad som en VR-modell, men uten alt VR-utstyret. Detaljeringsgraden i gamification modellen vil likevel være mye høyere enn en god 3D-modell. Det konkluderes derfor med at det ikke er nødvendig med en VR-modell for en optimal drift og vedlikeholdsgjennomgang, så lenge det brukes en 3D-modell eller en gamification modell med god nok tekstur og som er detaljert nok.

En drift og vedlikeholdsgjennomgang må skje minst to ganger i løpet av et vegprosjekt, en gang i reguleringsplanfasen og en i detaljeringsfasen før byggingen igangsettes. Det sikrer at ulike behov knyttet til drift og vedlikehold blir tatt vare på. Ved bare å ha en gjennomgang i reguleringsplanfasen er ikke viktige detaljer, som for eksempel skilt plassering, bestemt enda. Det risikeres derfor å plassere skilter slik at de kan bli påkjørt og må erstattes. Tilsvarende gjelder dersom det kun kjøres en gjennomgang i detaljeringsfasen, Det kan gjøre at en mindre optimal løsning må velges pga plassmangel. Ved å sikre at en drift og vedlikeholdsgjennomgang utføres i begge fasene vil dermed være med på å sørge for at viktige premisser for drift og vedlikehold tas vare på i den fasen hvor prosjektet befinner seg.

## Referanser

- City of Toronto, 2019. *Winter Road Maintenance*. [Online]  
Available at: <https://www.toronto.ca/services-payments/streets-parking-transportation/road-maintenance/winter-maintenance/>  
[Accessed 3 Juni 2019].
- Dupuy, A. M., 2017. *Model for dimensioning required area for snow banks*, Trondheim: Norwegian University of Science and Technology.
- Jernbaneverket, 2015. *RAM-analyse på Jernbanesystemet*. [Online]  
Available at: <https://esra.no/wp-content/uploads/2015/04/4-Tuven-Jernbaneverket.pdf>  
[Accessed 9. April 2019].
- Johansen, J., 2019. *VegRAMS, Premisser for planlegging, prosjektering, bygging og rehabilitering av vegprosjekter*, Statens vegvesens rapport nr.233, s.l.: Vegdirektoratet.
- Karim, H. & Magnusson, R., 2008. *Road design for future maintenance problems and possibilities*, Sweden: Journal of Transportation Engineering, Volume 134.
- Nye veier AS, 2019. *Ofte stilte spørsmål, "Men det kan bli dyrt å bygge billig og åpner vedlikeholdskostnadene som kommer rundt neste sving"*. [Online]  
Available at: <https://www.nyeveier.no/om-oss/ofte-stilte-sporsmal/>  
[Accessed 16. Desember 2019].
- Perdomo, D. J. L., Shiratuddin, M., Thabet, D. W. & Ananth, A., 2005. *Interactive 3D Visualization As A Tool For Construction Education*, Santo Domingo, Dominican Republic: IEEE.
- Saraswat, S. & Yadava, G., 2007. *An overview on reliability, availability maintainability and supportability (RAMS) engineering*, Delhi: Indian Institute of Technology.
- Statens jernbanetilsyn, 2007. *RAMS-EN50126, Hensikt, status og veien videre*. [Online]  
Available at: [http://www.njsforum.com/no/Seminarer/RAMS/2 RAMS SJT-Gunhild Halvorsrud.pdf](http://www.njsforum.com/no/Seminarer/RAMS/2_RAM_SJT-Gunhild_Halvorsrud.pdf)  
[Accessed 15. Mai 2019].
- Statens vegvesen, 2013. *Fra Plan til Drift og Vedlikehold: Erfaringsamling. Rapport nr. 209*, s.l.: Vegdirektoratet.

Statens vegvesen, 2018. *Håndbok R760 - Styring av vegprosjekter*. [Online]

Available at:

<https://www.vegvesen.no/attachment/61446/binary/1289266?fast title=H%C3%A5n dbok+R760+Styring+av+vegprosjekter.pdf>

[Accessed 8 Mai 2019].

Statens vegvesen, 2019. *Håndbok N100 Veg- og gateutforming*. [Internett]

Available at:

<https://www.vegvesen.no/attachment/61414/binary/1327349?fast title=H%C3%A5n dbok+N100+Veg-+og+gateutforming+%286+MB%29.pdf>

[Funnet 8. April 2019].

Statens vegvesen, 2019. *Vegnnormalene*. [Online]

Available at: <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker/om-handbokene/vegnormalene/vegnormalene>

[Accessed November 2019].

Vegdirektoratet, 2015. *VEG-RAMS - Premisser for planlegging, prosjektering, bygging og rehabilitering av vegtunneler*, s.l.: Vegdirektoratet.

## Vedlegg A

Kandidatnr	Om du kjente ubehag ved bruk av VR-briller, hva var det som var ubehagelig?	Synes du det var lettere å oppdage drift og vedlikeholdshindringer i VR-modellen? Hvis ja, hva var det som var lettere å oppdage i VR-modellen?	Fikk du et mer helhetlig inntrykk av hvordan det ferdige vegprosjektet ville se ut? Hvis nei, kommenter hvorfor
1		Her vises objektene klart og et klart bilde av driftsutfordringer avsløres. Også mht. valg av utstyr.	Ja
2		Kunne se hindringer ol. på en god måte	Ja
3	Litt kvalm på slutten	Grøntområder i et høytrafikert vegnett	ja
4	- Forholde seg til digitale objekter enn kunne gå på, og bli påkjørt - Vanskelig å ikke gå	En så prosjektet som bruker, med detalj. Mye mer realistisk	Ja
5		Stor forskjell i detaljeringsgrad i VR-modell kontra 2D. Detaljer i utforming, planering, høyder/bredder. Lettere å forstå driftsopplegg nødvendig for å kunne drifte vegsystemet	Ja
6	Litt ubehagelig å ikke ha kontroll på de faktiske omgivelsene	Det var enklere å få med detaljer som ellers "blir borte" i strekene på tegningen. Jeg oppdaget på høydeforskjeller i kantstein og rekkverksavslutninger som ikke var så godt synlige på tegningene. Fikk bedre inntrykk av arealer og avstander mellom rekkverk og krysningspunktene	Ja

7	Nei	Avslutninger på stein Hindringer for vinterdrift Plassering av gjerder og stolper	Ja
8		Ser ting bedre. Jer i forhold til arealer rundt	Ja, men det mangler endel elementer. Skilter, sluk, kummer, men for reguleringsformål; Bra
9	Litt kvalme, men gikk bra når man fikk hjelp til raske snuoperasjoner	Rekkverk! Hvor trangt det faktisk var mellom rekkverkene ved overgang til holdeplass. Dybdesyn ga bedre inntrykk av siktproblemer. Lettere å forstå antall felter som ikke kan brøytes i tog (tandem)	Ja
10	Litt redd for å bli svimmel eller kvalm, men gikk bra :)	Helhetsbilde Størrelsesforhold Elementer i modellen, lettere å se enn på papir Hva som var busstopp, kjørefelt, etc. Rekkverk osv så jeg heller ikke på papiret	Ja
11	Litt svimmel	Trær, oppmerking, grøntanlegg, skilt/lyssignal Savnet kummer, sluk og drenering	Ja
12		Det meste, kantstein, objekter nært veg	Ja
13	Når skjermen ble svart	Snøopplangingsplasser Bredde på veger Utforming på kantstein, gjerder, m.m	Ja
14		Mulige utfordringer ifh. snørydding veg rekkverk	Ja
15		Ser det mer hindringer + div	Ja
16	Hadde ikke briller, så på skjerm	Ser helt andre punkter og detaljer med dette	Ja
17		Mye lettere!	Ja



Kandidatnr	Når ville du ansett det som nyttig å gjennomføre en slik gjennomgang, med hensyn til drift og vedlikehold, og mulighetene for å kunne gjøre endringer i vegprosjektet, og når ville du gjennomført det? (Konseptutvalgsutredningsfasen, Reguleringsfasen, osv.)	Er det noe i modellen du savner i forhold til drift og vedlikehold? Eks. Informasjon om konstruksjoner, overbygning, drenering, osv...
1	Hovedsakelig sett i modell før fysisk bygging for å kunne påvirke valg/løsning	Særdeles positivt. Viktig å få en "link" mellom prosjektering-bygging-DOV. 3D-modeller og utnytting av disse bør kunne utvikles til omfattende nytte: - GPS-styrt salting - Kantslått - Kapasitetsberegning, vinterdrift/rodeplanlegging
2	Konseptvalgsutredningsfasen	Nei
3	Konseptutvalgsutredningsfasen	Klarer hvordan grønt og rekkverk vil bli i ferdig prosjekt
4	Gjennom hele prosjektet, men spesielt i detaljpro.	Mulighet for mål i modellen etter pro
5	For at d/v skal kunne være premissgiver for utforming av et veganlegg bør den kjøres i alle planfaser. Viktig verktøy også i tidligfase (Konseptutvalg + reguleringsplan) for å sikre areal + gjennomtekning av driftsopplegg	- Visualisere driftskjøretøy (f.eks. bussholdeplasser, sakset gangfelt, mm) - Informasjon om materialer (f.eks. i trafikkdel)er - Helningsforhold (ift. vannavrenning) - Visualiser et fysisk snøfall (f.eks. 20-30 cm) --> Hvordan vil det se ut - Informasjon om driftstandard og evt. driftsopplegg
6	I reguleringsplanfase for å sikre tilstrekkelig areal til gode løsninger. I byggeplanfase for å luke bort dårlige valg som blir detaljert/planlagt	Savner dreneringssystem for å kunne vurdere tilgjengelighet til dette og eventuelle styringskap o.l. for elektriske installasjoner
7	På byggeplan. Regulering kan være en falteregulering hvor områdene blir utformet i byggeplanen	Et varsel hvis det ikke er iht gate og veinormalen
8	Regulering og prosjektering	Kummer, sluk, skilt, møblering, sykkelstativ, o.l. men dette er ikke og bør ikke inn på reguleringsplan stadiet
9	Så tidlig som mulig. Må til prosjekteier!! Slik at riktig prosjekt tiltak blir valgt. Men	Vis på kantstein Drensløsning!

	også veldig nyttig i forprosjekt, detaljregulering og ikke minst ved totalentreprise!	
10	Usikker. Både vært tidlig KVU/Regplan + i detaljutformingen. (Rekkverkstype etc)	Nei
11	Hele prosessen	Se forje side, kummer... Ønsker å kunne se samme anlegg med snø på/ved vegen
12	Reguleringsplan	Kummer, skilt
13	Reguleringsplanfasen, byggeplanfasen	Kummer, fallretning på vegene
14	Konseptutvalgutredningsfasen, planfasen, prosjekteringsfasen	Overbygning (dekkekonstruksjoner), ledninger
15	Konseptutvalgsutredningsfasen	Skilt
16	Ser helt klart fordeler med å lage slikt i en tidlig prosjekteringsfase	Info om bredder og avstander
17	- Reguleringsplan - Prosjekteringsfasen med ulik modenhet	Skilt, Drenering

Kandidatnr	Hva er det du anser som nyttig ved en slik gjennomgang?
1	Definere utstysbehov/-type og antall
2	Få med så mye synspunkter på drift inn i prosjektene
3	Får et klarere bilde av hvordan anlegget er tenkt
4	Realismen, og mer effektiv informasjons samling
5	Totaloversikten VR-modell gir
6	På den måten kan man få innspill fra folk som ikke er vant til å se på tegninger og dermed få innspill fra en større gruppe.
7	Ikke på regulering med byggeplan
8	Spesielt for politikere o.l som ikke er vant til å lage 3D-modeller i hode

9	Enklere visualisering. Trenger ikke være "trent" til å lese kart. Mye enklere å oppleve hvor trangt det var enkelte steder.
10	Som nevnt i siste punkt forrige side
11	Lettere å se ferdig bygd veg, enn på kart
12	Klarere å få meg seg detaljer
13	Man får ett helt annet inntrykk av anlegget enn å se det kun på tegninger
14	3-D visualiseringen
15	Det blir mer virkelighetstro
16	Helt annen følelse på hvordan en kan drifte med å se det slik. En trenger ikke å dra ut på befarings for å se på detaljer
17	Mulig å se detaljer som er riktig for drift samt konsept

## Masteravtale

Sist oppdatert 29. juni 2018

Fakultet	IV - Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt	Institutt for bygg- og miljøteknikk
Studieprogram	MTBYGG
Emnekode	194_TBA4940_1

Studenten	
Etternavn, fornavn	Faanes, Stine Stølsnes
Fødselsdato	27.02.1993
E-postadresse ved NTNU	stinesf@stud.ntnu.no

Oppgaven	
Oppstartsdato	26.08.2019
Leveringsfrist	20.01.2020
Arbeidstittel	Bruk av 3D-visualisering for å evaluere vedlikeholdsvennlighet av veiprojekter
Problembeskrivelse	<p>Det er viktig å ha fokus på drift og vedlikehold når en skal planlegge et vegprosjekt. Idag er det mange verktøy som kan være med å bira for å inkludere drift og vedlikehold i planleggingsprosessen for å identifisere gode og dårlige løsninger av et prosjekt. Det er viktig for å kunne ha en oversikt over hvordan veien ser ut fra et vedlikeholdssynspunkt når den åpnes. I de fleste prosjekter idag er det en 3D-modell av vegen, og det blir mer vanlig å kunne illustrere tegningene i en VR-modell. Det er interessant å se om denne modellen også kan bidra til å identifisere og erstatte dårlige løsninger på en bedre måte enn vanlige tegninger kan i dag. Hensikten med å bruke en 3D-visualisering for å evaluere vedlikeholdbarheten til en vei er å som det dette kan være en måte å inkludere vedlikehold i de tidligere stadiene av planleggingen av en vei. Ved å invitere fagpersoner itl å se på de forskjellige løsningene av et veiprojekt, gi kommentarer og høre deres meningen om hvordan løsningene fungerer i praksis kan gi vegplanleggeren et nytt perspektiv og viktig informasjon. Ved å inkludere en evaluering av prosessen for å hvordan denne type workshop fungerer og om det er mulig å identifisere flere dårlige løsninger, kan en undersøke om dette er en mulig måte å inkludere driftspersonell i planleggingsfasen av et vegprosjekt.</p>

Tilknyttede ressurser	
<b>Veileder</b>	<b>Alex Klein -Paste</b>
<b>Eventuelle medveiledere</b>	
<b>Eventuelle medstudenter</b>	

Eventuelle emner som skal inngå i mastergraden

## Retningslinjer - rettigheter og plikter

### Formål

Avtale om veiledning av masteroppgaven er en samarbeidsavtale mellom student, veileder og institutt som regulerer veiledningsforholdet, omfang, art og ansvarsdeling

Masterstudiet og arbeidet med masteroppgaven er regulert av Universitets- og høgskoleloven, NTNUs studieforskrift og gjeldende studieplan for masterprogrammet.

### Veiledning

Studenten har ansvar for å

- Avtale veiledningstimer innenfor de rammene avtalen gir
- Utarbeide framdriftsplan for arbeidet i samråd med veileder, inkludert plan for når veiledningen skal finne sted
- Holde oversikt over antall brukte veiledningstimer sammen med veileder
- Gi veileder nødvendig skriftlig materiale i rimelig tid før veiledningen.
- Holde instituttet og veileder orientert om eventuelle forsinkelser.

Veileder har ansvar for å

- Avklare forventninger om veiledningsforholdet og hvordan veiledningen skal foregå
- Sørge for at det søkes om eventuelle nødvendige godkjenninger (etikk, personvern/hensyn).
- Gi råd om formulering og avgrensning av tema og problemstilling, slik at arbeidet er gjennomførbart innenfor normert eller avtalt studietid.
- Drøfte og vurdere hypoteser og metoder.
- Gi råd vedrørende faglitteratur, kildemateriale/datagrunnlag/dokumentasjon og evt. ressursbehov
- Drøfte framstillingsform (disposisjon, språklig form mv.).
- Drøfte resultater og tolkningen av dem.
- Holde seg orientert om progresjonen i studentens arbeid i henhold til den avtalte tids- og arbeidsplan, og følge opp studenten ved behov.
- Sammen med studenten holde oversikt over antall brukte veiledningstimer.

Instituttet har ansvar for å

- sørge for at avtalen blir inngått.
- finne og oppnevne veileder(e).
- inngå avtale med annet institutt/ fakultet/institusjon dersom det er oppnevnt eksternt biveileder.
- i samarbeid med veileder holde oversikt over studentenes framdrift, oversikt over antall brukte veiledningstimer, og følge opp dersom studenten er forsinket i henhold til avtale.
- oppnevne ny veileder og sørge for inngåelse av ny avtale dersom:
  - veileder blir fraværende på grunn av forskningstermin, sykdom, reiser o.a., og om studenten ønsker det.
  - student eller veileder ber om å få avslutte avtalen fordi en av partene ikke følger den.
  - andre forhold gjør at partene finner det hensiktsmessig med ny veileder.
- gi studenten beskjed når veiledningsforholdet opphører.
- informere veiledere om ansvaret for å ivareta forskningsetiske forhold, personvern hensyn og veiledningsetiske forhold.

Blir veiledningsforholdet problematisk for en av partene, kan student eller veileder be om å bli løst fra veiledningsavtalen. Instituttet må i et slikt tilfelle oppnevne ny veileder.

*Avtaleskjemaet skal signeres når retningslinjene er gjennomgått.*

Signaturer

*Elin Tøuset*  
Institutt

27/8-19  
sted og dato

*Aklein Paste*  
Veileder

Trondheim, 27.08.2019  
sted og dato

*Stine Stoknes Faanes*  
Student

Trondheim 27.08.2019  
sted og dato

## Vedlegg C



Fastsatt av Rektor 20.01.2012

### STANDARDAVTALE

#### om utføring av masteroppgave/prosjektoppgave (oppgave) i samarbeid med bedrift/ekstern virksomhet (bedrift).

Avtalen er ufravikelig for studentoppgaver ved NTNU som utføres i samarbeid med bedrift.

Partene har ansvar for å klarere eventuelle immaterielle rettigheter som tredjeperson (som ikke er part i avtalen) kan ha til prosjektbakgrunn før bruk i forbindelse med utførelse av oppgaven.

Avtale mellom

Student: <b>Faanes, Stine Stølsnes</b>	født: <b>27.02.1993</b>
--	-------------------------

Veileder ved NTNU: <b>Alex Klein-Paste</b>
--

Bedrift/ekstern virksomhet: <b>Norconsult AS</b>
--

og

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) v/instituttleder
--

om bruk og utnyttelse av resultater fra masteroppgave/prosjektoppgave.

#### 1. Utførelse av oppgave

Studenten skal utføre masteroppgave i samarbeid med

<b>Norconsult AS</b>
----------------------

bedrift/ekstern virksomhet

<b>7031</b>
-------------

bedriftens postnummer

--

bedriftens organisasjonsnummer

<b>26.08.2019 - 20.01.2020</b>
--------------------------------

startdato – sluttdato

Opgavens tittel er:

NTNU 2012-01-20

Ansvarlig veileder ved NTNU har det overordnede faglige ansvaret for utforming og godkjenning av prosjektbeskrivelse og studentens læring.

## 2. Bedriftens plikter

Bedriften skal stille med en kontaktperson som har nødvendig veiledningskompetanse og gi studenten tilstrekkelig veiledning i samarbeid med veileder ved NTNU. Bedriftens kontaktperson er:

**Jimmy Løvs**

Formålet med oppgaven er studentarbeid. Oppgaven utføres som ledd i studiet, og studenten skal ikke motta lønn eller lignende godtgjørelse fra bedriften. Bedriften skal dekke følgende utgifter knyttet til utførelse av oppgaven:

**Dersom det dukker opp noen utgifter knyttet til oppgaven vil dette diskuteres med Jimmy før noe gjøres.**

## 3. Partenes rettigheter

### a) Studenten

Studenten har opphavsrett til oppgaven. Alle immaterielle rettigheter til resultater av oppgaven skapt av studenten alene gjennom oppgavearbeidet, eies av studenten med de reservasjoner som følger av punktene b) og c) nedenfor.

Studenten har rett til å inngå egen avtale med NTNU om publisering av sin oppgave i NTNUs institusjonelle arkiv på internett. Studenten har også rett til å publisere oppgaven eller deler av den i andre sammenhenger dersom det ikke i denne avtalen er avtalt begrensninger i adgangen til å publisere, jf punkt 4.

### b) Bedriften

Der oppgaven bygger på, eller videreutvikler materiale og/eller metoder (prosjektbakgrunn) som eies av bedriften, eies prosjektbakgrunnen fortsatt av bedriften. Eventuell utnyttelse av videreutviklingen, som inkluderer prosjektbakgrunnen, forutsetter at det inngås egen avtale om dette mellom student og bedrift.

Bedriften skal ha rett til å benytte resultatene av oppgaven i egen virksomhet dersom utnyttelsen faller innenfor bedriftens virksomhetsområde. Dette skal fortolkes i samsvar med begrepets innhold i Arbeidstakeroppfinnelsesloven<sup>1</sup> § 4. Retten er ikke-eksklusiv.

Bruk av resultatet av oppgaven utenfor bedriften sitt virksomhetsområde, jf avsnittet ovenfor, forutsetter at det inngås egen avtale mellom studenten og bedriften. Avtale mellom bedrift og student om rettigheter til oppgaveresultater som er skapt av studenten, skal inngås skriftlig og

<sup>1</sup> Lov av 17. april 1970 om retten til oppfinnelser som er gjort av arbeidstakere  
<http://www.lovdata.no/all/hl-19700417-021.html>



er ikke gyldig inngått før NTNU har mottatt skriftlig gjenpart av avtalen.

Dersom verdien av bruken av resultatene av oppgaven er betydelig, dvs overstiger NOK 100.000 (kommentert i veiledningen<sup>2</sup> til avtalen), er studenten berettiget til et rimelig vederlag. Arbeidstakeroppfinnelsesloven § 7 gis anvendelse på vederlagsberegningen. Denne vederlagsretten gjelder også for ikke-patenterbare resultater. Fristbestemmelsene i § 7 gis tilsvarende anvendelse.

#### e) NTNU

De innleverte eksemplarer/filer av oppgaven med vedlegg, som er nødvendig for sensur og arkivering ved NTNU, tilhører NTNU. NTNU får en vederlagsfri bruksrett til resultatene av oppgaven, inkludert vedlegg til denne, og kan benytte dette til undervisnings- og forskningsformål med de eventuelle begrensninger som fremgår i punkt 4.

---

### 4. Utsatt offentliggjøring

Hovedregelen er at studentoppgaver skal være offentlige. I særlige tilfeller kan partene bli enig om at hele eller deler av oppgaven skal være undergitt utsatt offentliggjøring i maksimalt 3 år, dvs. ikke tilgjengelig for andre enn student og bedrift i denne perioden.

Oppgaven skal være undergitt utsatt offentliggjøring i

Ikke aktuelt
--------------

Behovet for utsatt offentliggjøring er begrunnet ut fra følgende:

--

De delene av oppgaven som ikke er undergitt utsatt offentliggjøring, kan publiseres i NTNUs institusjonelle arkiv, jf punkt 3 a), andre avsnitt.

Selv om oppgaven er undergitt utsatt offentliggjøring, skal bedriften legge til rette for at studenten kan benytte hele eller deler av oppgaven i forbindelse med jobbsøknader samt videreføring i et doktorgradsarbeid.

### 5. Generelt

Denne avtalen skal ha gyldighet foran andre avtaler som er eller blir opprettet mellom to av partene som er nevnt ovenfor. Dersom student og bedrift skal inngå avtale om konfidensialitet om det som studenten får kjennskap til i bedriften, skal NTNUs standardmal for konfidensialitetsavtale benyttes. Eventuell avtale om dette skal vedlegges denne avtalen.

---

<sup>2</sup> Veiledning til NTNUs standardavtale om masteroppgave/prosjektoppgave i samarbeid med bedrift  
<http://www.ntnu.no/studier/standardavtaler>

Eventuell uenighet som følge av denne avtalen skal søkes løst ved forhandlinger. Hvis dette ikke fører frem, er partene enige om at tvisten avgjøres ved voldgift i henhold til norsk lov. Tvisten avgjøres av sorenskriveren ved Sør-Trøndelag tingrett eller den han/hun oppnevner.

Denne avtale er underskrevet i 4 - fire - eksemplarer hvor partene skal ha hvert sitt eksemplar. Avtalen er gyldig når den er godkjent og underskrevet av NTNU v/instituttleder.

Trondheim, 30. okt. 2019	Stine Strømsnes Faanes
--------------------------	------------------------

sted, dato                                  student

Trondheim 30 okt 2019	Aleix Paste
-----------------------	-------------

sted, dato                                  veileder ved NTNU

Trondheim 31/10/2019	Dikar Jwan
----------------------	------------

sted, dato                                  instituttleder, NTNU                                  institutt

Trondheim 26/9-2019	Nils Petter Botten	Nils Petter Botten
---------------------	--------------------	--------------------

sted, dato                                  for bedriften/institusjonen  
stempel og signatur                                  **Norconsult AS**

