

Emil Ravnåsen Vangen & Christian Engedal

Mulighetsanalyse for ny øst-vest veiforbindelse mellom Lillehammer og Fagernes

Bacheloroppgave i Byggingeniør

Veileder: Astrid Stadheim

Mai 2023

Emil Ravnåsen Vangen & Christian Engedal

Mulighetsanalyse for ny øst-vest veiforbindelse mellom Lillehammer og Fagernes

Bacheloroppgave i Byggingeniør
Veileder: Astrid Stadheim
Mai 2023

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



Kunnskap for en bedre verden

Bacheloroppgave

Mulighetsanalyse for ny øst-vest veiforbindelse mellom Lillehammer og Fagernes

Emil Ravnåsen Vangen & Christian Engedal

Gradering: Åpen

Bachelor i ingeniørfag - bygg

Innlevert: mai 2023

Veileder: Astrid Stadheim

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Institutt for vareproduksjon og byggteknikk

Oppgavens tittel:	Dato: 22.05.2023
<i>Mulighetsanalyse for ny øst-vest veiforbindelse mellom Lillehammer og Fagernes</i>	Antall sider: 86
	Bacheloroppgave
Navn:	
Emil Vangen & Christian Engedal	
Veileder:	
Astrid Stadheim	
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere:	
Øyvind Moshagen, Norconsult Lillehammer	
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere:	
Cecilie Erland & Magnus Hedley, Trimble	

Sammendrag:

Planlegging av nye veier tar i dag mange år og har store økonomiske og miljøvennlige kostnader. Strekningen mellom Lillehammer og Fagernes er en strekning som er 110 km lang og som er lite effektiv med hensyn på tidsbruk. Undersøkelse av ny veilinje er etterspurt fra næringslivet og i den digitale verden som vi lever i dag er det brukt Trimble Quantm som et verktøy for å beregne muligheter for en ny veilinje.

Trimble Quantm er en programvare som brukes i tidligfaseplanlegging av store infrastrukturprosjekter, for eksempel veier og jernbaner. Det er nyttig fordi det gir en omfattende og nøyaktig analyse av ulike faktorer som påvirker prosjektet, inkludert topografi, terreng, klima, miljø, geologi og allerede eksisterende infrastruktur. I denne oppgaven er dette brukt på anbefaling fra Norconsult som metodikk for å kunne undersøke mange linjer samtidig.

Resultatene fra Quantm gir en veilinje som har mye kortere distanse enn den eksisterende veien. Programmet klarte å finne veilinjer som potensielt kan spare reisende mye tid sammenlignet med den veien som man må bruke i dag. Konklusjonen basert på resultatene i denne oppgaven er at programmet gir en best mulig linje, men at det er noen usikkerhetsmomenter rundt linjen. Man får en pekepinn på hvor linjen skal gå, men man må fortsatt gjøre egne tilnæringer for å få en linje som er realistisk å gå videre i planfasen med.

Stikkord:

Mulighetsstudie
Lillehammer - Fagernes
Veiplanlegging
Trimble Quantm

Emil Ravnåsen Vangen

Emil Ravnåsen Vangen

Student NTNU Gjøvik

Christian Engedal

Christian Engedal

Student NTNU Gjøvik

Forord

Denne bacheloroppgaven er vårt avsluttende prosjekt ved NTNU som byggingeniørstudenter på institutt for vareproduksjon og byggteknikk. Oppgaven vektlegger 20 studiepoeng av 180 som kreves for å bestå studiet. Denne bacheloroppgaven er utarbeidet vårsemesteret 2023 etter etterspørsel fra Norconsult Lillehammer. Arbeidet har blitt gjennomført i samarbeid med Norconsult Lillehammer og Trimble.

Vi ble tipset om oppgaven gjennom en student og ansatt ved Norconsult Lillehammer som videre satte oss i kontakt med veileder Øyvind Moshagen. Med interesse for veiplanlegging, nye dataprogrammer og en reell problemstilling ønsket vi å ta på oss denne oppgaven.

Bacheloroppgavens formål er å undersøke om det er muligheter for en ny veitrase mellom Fagerlund og Bjørgo som kan korte ned reisetiden mellom Lillehammer og Fagernes. Målgruppen til denne bacheloroppgaven er for de med interesse for samferdsel og tidligfaseprosjektering av vei og infrastruktur.

Vi vil takke vår veileder fra NTNU med råd og hjelp for strategi og akademisk skriving. En stor takk til Sverre Stikbakke for veiledning og behandling av kartdata og våre veiledere fra Trimble Cecilie Erland og Magnus Hedley. Vi vil også takke Norconsult med hjelp fra Øyvind Moshagen, Lars Erik Solbraa, Trond Holmestad, og andre initiativtagerne til dette prosjektet med gode møter og diskusjoner underveis i arbeidet. Alle veiledere og kontaktpersoner har bidratt med sin faglige bakgrunn og kompetanse som har gjort denne bacheloroppgaven mulig.

Sammendrag

Planlegging av nye veier tar i dag mange år og har store økonomiske og miljømessige kostnader. Veien mellom Lillehammer og Fagernes er en strekning som er lang og tidsmessig ineffektiv, sammenlignet med luftlinjen. Utredning av ny veilinje er etterspurt fra næringslivet, og i den digitale verden vi lever i i dag brukes Trimble Quantm som et verktøy for å beregne muligheter for en ny veilinje.

Trimble Quantm er en programvare som kan brukes i tidlig faseplanlegging av store infrastrukturprosjekter, som veier og jernbaner. Det er nyttig fordi det gir en omfattende og nøyaktig analyse av en rekke faktorer som påvirker prosjektet, inkludert topografi, terreng, klima, miljø og eksisterende infrastruktur. I denne oppgaven er dette brukt etter anbefaling fra Norconsult som metodikk for å kunne undersøke mange linjer samtidig og optimalisere den beste linjen.

Resultatene fra Quantm gir veilinjer som har mye kortere avstand enn eksisterende vei. Dette viser at programalgoritmen kommer med flere veimuligheter som kan forbedres på distansen Lillehammer-Fagernes. Programmet klarte å finne veiruter som kunne spare de reisende mye tid sammenlignet med veien som brukes i dag. Konklusjonen basert på resultatene i denne oppgaven er at programmet gir en best mulig linje, men at det er noen usikkerhetsmomenter rundt linja. Resultatene gir deg en pekepinn på hvor linjen skal gå, men det er fortsatt muligheter for å gjøre egne tilnærminger for å få en linje som er realistisk å gå videre med i planleggingsfasen.

Abstract

Planning new roads today takes many years and has large financial and environmental costs. The road between Lillehammer and Fagernes is a stretch that is long and inefficient in terms of time, compared to the air line. Investigation of new road alignment is in demand from the business world, and in the digital world we live in today, Trimble Quantm is used as a tool to calculate possibilities for a new road alignment.

Trimble Quantm is a software that can be used in the early phase planning of large infrastructure projects, such as roads and railways. It is useful because it provides a comprehensive and accurate analysis of numerous factors affecting the project, including topography, terrain, climate, environment, and pre-existing infrastructure. In this thesis, this is used on the recommendation of Norconsult as a methodology to be able to examine many lines at the same time and optimize the best line.

The results from Quantm provide road lines that has a much shorter distance than the existing road. This show that the programs algorithm comes up with several road possibilities that can improve on the distance Lillehammer-Fagernes. The program was able to find road routes that could save travelers a lot of time compared to the road used today. The conclusion based on the results in this assignment is that the program provides an optimal line, but that there are some uncertainties around the line. The results get you a clue as to where the line should go, but there are still opportunities to make your own approaches in order to get a line that is realistic to proceed with in the planning phase.

Forkortelser:

Forkortelser i tekst	Fullt navn	Definisjon
DTM	Digital Terrain Modell	Modell av terreng i xyz-koordinatsystem.
ÅDT	Årsdøgntrafikk	Gjennomsnittstall for daglig trafikkmengde
NVE	Norges vass- og energidirektorat	Direktorat som skal sikre miljøvennlig forvaltning av vassdrag i Norge
NTP	Nasjonal transportplan	Presenterer regjeringens trafikkpolitikk
GIS	Geografisk informasjonssystem	Geografisk informasjonssystem
VA	Vann og avløp	Kritisk infrastruktur for samfunn

Definisjoner:

Faguttrykk	Definisjoner
Kommunedelplan	Overordnet plan for utvikling av kommunen
Reguleringsplan	Beskrivelse av hvordan et geografisk område skal brukes og utvikles
Grunnerverv	Salg av rettighet til eiendom
Slitelag	«Det øverste laget i et veidekke. Settes sammen/beregnes for å kunne oppta trafikk- og klimapåkjenninger.» (Statens vegvesen, 2021)
Bærelag	«Det øverste lag under vegdekket. Hovedfunksjonene til bærelaget er å oppta spenninger knyttet til ringtrykk og å fordele laster til underliggende lag. Deles ofte i nedre og øvre bærelag. Se også forsterkningslag. Bærelag brukes normalt ikke mellom fuktisolering og bindlag på ei bru.» (Statens vegvesen, 2021)
Forsterkningslag	«Lag i vegens overbygning, under bærelag. Hovedfunksjonen er å fordele trafikkbelastningen slik at undergrunnen ikke overbelastes. Se også bærelag.» (Statens vegvesen, 2021)

Innholdsfortegnelse

Forord.....	iv
Sammendrag.....	v
Abstract.....	vi
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven.....	1
1.2 Oppgavens formål og problemstilling.....	1
1.3 Forbindelse mellom Gudbrandsdalen og Valdres.....	2
1.3.1 Bakgrunn for ny vei.....	2
1.4 Dagens situasjon.....	5
1.4.1 Dagens strekning.....	5
1.4.2 Trafikkstatistikk.....	6
1.4.3 Naturmiljø.....	6
1.4.4 Kulturminner.....	7
1.4.5 Naturvernområder.....	8
1.4.6 Faresoner.....	9
1.5 Oppgavens avgrensninger.....	9
2 Teori.....	11
2.1 Effektivisering av transport.....	11
2.2 Planprosess i veibygging.....	12
2.3 CO2 og klimagassutslipp ved bygging av veier i Norge.....	14
2.4 Vegstandard etter Håndbok N100.....	15
2.5 Massebalanse.....	16
3 Metode.....	18
3.1 Valg av metode.....	18
3.1.1 Kvantitativ metode.....	18
3.1.2 Kvalitativ metode.....	18
3.2 Informasjon og intervjuer.....	19
3.3 Datainnsamling.....	19
3.4 QGIS.....	19
3.4.1 Prosedyre for QGIS.....	21
3.5 Valg av vegstandard.....	21
3.6 Trimble Quantm.....	22

3.6.1	Quantm som tidligfaseverktøy	22
3.6.2	Input - kartdata	23
3.6.3	Input – veitverrsnitt	25
3.6.4	Input - Kostnadsparametre	25
3.6.5	Input – Geometriske parametere	26
3.6.6	Input - egendefinerte soner	26
3.6.7	Prosedyre	26
4	Resultater	29
4.1	Linjesøk	29
4.2	Farge på linje etter pris	30
4.3	Søk 1: Korridorsøk med 100 linjer	30
4.3.1	Valg av linje for videre optimalisering	32
4.3.2	Billigste linje	33
4.3.3	Korteste linje	33
4.3.4	Mest miljøvennlig	34
4.3.5	Sammenligning	35
4.4	Søk 2: 25 linjer	36
4.5	Søk 3: 25 linjer	37
4.6	Søk 4: 10 linjer	38
4.7	Sammenligning	40
4.7.1	Sammenligning av den beste linjen optimalisert mot dagens situasjon	40
5	Diskusjon og analyse	41
5.1	Feilkilder og usikkerhetsmomenter	41
5.2	Avvik	42
5.3	Etiske utfordringer	43
5.4	Diskusjon rundt optimalisering fra linjesøket	44
5.4.1	Diskusjon rundt strekningen fra Bruflat - E16 Bjørge	45
5.4.2	Konsekvens med at linje tenker kostnad fremfor bedre reelle alternativer	48
5.4.3	Sammenligning av dagens situasjon med resultater fra Quantm	49
5.4.4	Massebalanse på optimalisert veilinje	50
5.5	Samfunnseffekt av optimalisert veilinje	51
5.6	Evaluering av Quantm som prosjektverktøy	53
6	Konklusjon	54

6.1 Fortsettelse av arbeid	54
Referanser.....	56
Vedlegg 1: Behandling av kartdata i QGIS.....	58
Vedlegg 2: Geometriske parametre H1 standard	60
Vedlegg 3: Tverrsnitt parametre for H1 standard	62
Vedlegg 4: Kostnadsparametre	64
Vedlegg 5: Den beste linjen optimalisert med kostnader.....	67
Vedlegg 6: Formler og utregning	69

Figurliste

Figur 1 - Illustrasjon av en mulig øst-vest forbindelse. Utklippet er hentet fra presentasjon med initiativtagere for denne oppgaven.	4
Figur 2 - Veibeskrivelse Vingrom - Fagernes som beskriver dagens situasjon mtp. distanse og reisetid. Kilde: Google Maps.	5
Figur 3 - Veibeskrivelse Aust-Torpa til Bjørgo. Her kan man se et stort forbedringspotensial ut fra sammenligning av dagens strekning vs luftlinje mellom de to punktene. Kilde: Google Maps.	6
Figur 4 - Kulturminner i området. Kilde: Kulturminnesok.no	7
Figur 5 - Oversiktsbilde over naturvernområder (Rød og Lilla) og Verneplan for vassdrag (området innenfor blå strek), hentet fra NVEs temakart	8
Figur 6 - Oversikt over faresoner (Bratt terreng) i landskapet hentet fra NVEs temakart	9
Figur 7 – Målene for transportsektoren i NTP 2022-2023. Kilde: (NTP Figur 1,2, 2023).....	11
Figur 8 - Mulighet for påvirkning i planprosessen. Kilde: (Statens vegvesen, u.d.).....	12
Figur 9 - Sentral medvirkning i planleggingsfasen. Kilde: (Nye veier, u.d.).....	13
Figur 10 - Illustrasjon av muligheter for klimahensyn i planleggingsfasen. Kilde: (Statens vegvesen, u.d.).....	14
Figur 11 - Utklipp fra QGIS med importert kartdata fra Geonorge og NVE temakart.....	20
Figur 12 - Utklipp fra Quantm som viser DTM, ortofoto og GIS-data lastet inn for området	24
Figur 13 - Illustrasjon fra Quantm av valgt veitverrsnitt	25
Figur 14 - Skjematisk prosess av metodikk. Kilde: (Miro.com, 2023).....	27
Figur 15- Utklipp fra Quantm av 100 linjer fra korridorsøk i Quantm (søk 1).....	31
Figur 16 - Utklipp fra Quantm av linjer med ulike fargekoder (søk 1).....	32
Figur 17 - Utklipp av de tre beste linjene fra korridorsøket i Quantm (søk 1). Der New_FR_1_17 er billigst, New_FR_1_09 er kortest, New_FR_1_67 er mest miljøvennlig ..	32
Figur 18 - Høydeprofil av billigste linje.....	33
Figur 19 - Høydeprofil av korteste linje.....	34
Figur 20 - Høydeprofil av mest miljøvennlige linje.....	34
Figur 21 - Utklipp fra Quantm fra søk 2	36
Figur 22 - Høydeprofil av beste linje fra søk 2	36
Figur 23 - Utklipp fra Quantm søk 3.....	37
Figur 24 - Høydeprofil av beste linje fra søk 3	38

Figur 25 - Utklipp fra Quantm søk 4.....	39
Figur 26 - Høydeprofil av beste linje fra søk 4, identisk med profil fra søk 3.....	39
Figur 27 - Illustrasjon av for høy bro over Bruflat. Streknignen markert med rødt viser området broen bryter definert maks. høyde. Kilde: Quantm.....	43
Figur 28 - Høydeprofil som viser massebalanse i området fra 0 - 30km.....	45
Figur 29 - Illustrasjon som viser den beste linjen optimalisert (blå) sammenlignet med forventet linjeføring med tunell fra Etnedalen - E16 (rød stiplet). Kilde: Quantm.....	46
Figur 30 - Illustrasjon som viser sammenkoblingsmuligheter med Fv 33 og annet slutt punkt for strekningen. Kilde: Quantm	47
Figur 31 - Høydeprofil av optimalisert linje som illustrerer sammenkoblingsmuligheter med Fv 33 før tunell.....	47
Figur 32 - Optimalisert linje legger seg over Ullsjøen fremfor mer reelle alternativer. Kilde: Google Earth Pro.....	48
Figur 33 - Kartutsnitt som viser distansereduksjon med ny linje sammenlignet med dagens situasjon. Kilde: Kystverket.no	49
Figur 34 - Visualisering av masseforflytninger på veilinen hentet fra Quantm.....	51
Figur 35 - Illustrasjon av hvordan ny veistrekning mellom Fagerlund og E16 i Bjørgo kan knytte sammen Innlandet. Kilde: Kystverket.no	52

Tabelliste

Tabell 1 - Fargekoder og definisjoner for de ulike GIS-dataene som er lastet inn i Quantm ..	24
Tabell 2 - Oversikt over fargekoder som skiller linjene produsert i Quantm mtp. kostnad.....	30
Tabell 3 - Hovedresultater fra billigste linjen fra søk 1	33
Tabell 4 - Hovedresultater fra korteste linjen fra søk 1.....	34
Tabell 5 - Hovedresultater fra mest miljøvennlige linjen fra søk 1	35
Tabell 6 - Hovedresultater av de tre beste linjene fra søk 1	35
Tabell 7 - Hovedresultater fra søk 2.....	37
Tabell 8 - Hovedresultater fra søk 3.....	38
Tabell 9 - Hovedresultater fra søk 4.....	39
Tabell 10 - Sammenligning av hovedresultater fra den beste linjen optimalisert med dagens situasjon.....	40
Tabell 11 - Oversikt over hovedresultater av den beste linjen optimalisert i ulike scenarier sammenlignet med dagens situasjon	50

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Oppgaven vår går ut på å se etter muligheter for redusert reisetid mellom Lillehammer og Fagernes. Temaet for oppgaven hører til fagfeltet plan og samferdsel. Viktige elementer for oppgaven er veiplanlegging og kartdata. Tema er valgt på grunnlag av vår interesse for vei og infrastruktur og betydningen dette har for samfunnet. Å se på dette gjennom en ny programvare og undersøke strekninger som ikke er blitt sett på før gjør oppgaven svært spennende. Oppgaven er nært knyttet til næringslivet, noe som gjør at den fremstår som relevant for vår fremtidig som ingeniører.

Bakgrunnen for oppgaven er at dagens situasjon er lite effektiv å kjøre sammenlignet med avstand i luftlinje. En løsning har vært etterspurt av næringslivet i flere år, men ingen har sett noe nærmere på det. Norconsult tok kontakt og etterspurte om studenter ville bruke dette caset til en bacheloroppgave, noe vi syntes var interessant.

1.2 Oppgavens formål og problemstilling

Bacheloroppgavens formål er å undersøke om det er muligheter for en ny veitrase mellom Fagerlund og Bjørgo som kan korte ned reisetiden mellom Lillehammer og Fagernes. For dette prosjektet ønskes det å bruke et avansert dataprogram som hjelpemiddel til å finne en vei for caset. Dataprogrammet som skal brukes heter Trimble Quantm. Dette er lite tatt i bruk for prosjekter i Norge og derfor ønskes det å teste det ut som en metode. Programmet er basert på avanserte algoritmer og iterasjoner som vil ta hensyn til manuelle begrensninger som kartverk, verdier, natur, miljø og bærekraft. Ut fra input skal programmet gi ut flere eksempler med de «beste egnede» veiene mellom to punkter. Resultatene gitt av Quantm skal vi analyseres og se nærmere på med et realistisk perspektiv, slik at veilinjen skal kunne være et utgangspunkt om dette veiprojektet skal settes i gang i fremtiden. Siden dette er en tidlig mulighetsstudie, er det viktig å være tydelig på at undersøkelsene kan inneholde usikkerheter.

Bruk av Trimble Quantm kan være en ny metode for å bygge veier i fremtiden. Linjesøk gjennom Quantm vil kalkulere alternative korridorer og sammenligne flere linjealternativer for å finne den best mulige linjeføringen. Å bruke dette kombinert med egne analyser og vurderinger, vil dette bli et spennende prosjekt å se nærmere på. Oppgaven går i hovedsak ut på å analysere og se på ulike veimuligheter vi har fått utgitt av programmet. Quantm gir en rask og effektiv konklusjon med tanke på kostnader, lengde og miljøpåvirkninger gjennom CO2-utslipp. Her blir mye av de ellers kjedelige og arbeidskrevende oppgavene utført, noe som gjør at programmet egner seg godt for mulighetsanalyser som til dette prosjektet.

Problemstillingen som er valgt er:

«Vil en mulighetsstudie ved bruk av Trimble Quantm kunne gi samfunnsnyttige og realistiske løsninger for redusert reisetid mellom Lillehammer og Fagernes?»

1.3 Forbindelse mellom Gudbrandsdalen og Valdres

En bedre forbindelse mellom Gudbrandsdalen og Valdres har vært etterspurt i lang tid. Ifølge e-post fra sjefsingeniør i Innlandet fylkeskommune den 1. mars, gjorde Innlandet fylkeskommune en mulighetsstudie på strekningen i forbindelse med OL på Lillehammer i 1994. Denne planen ble ikke gjennomført. I etterkant har personer fra næringslivet tatt initiativ for å se videre på denne strekningen. Om mulighetsstudien viser seg å være betydningsfull kan det videreutvikles for å bli med som et prosjekt i fremtidig NTP.

1.3.1 Bakgrunn for ny vei

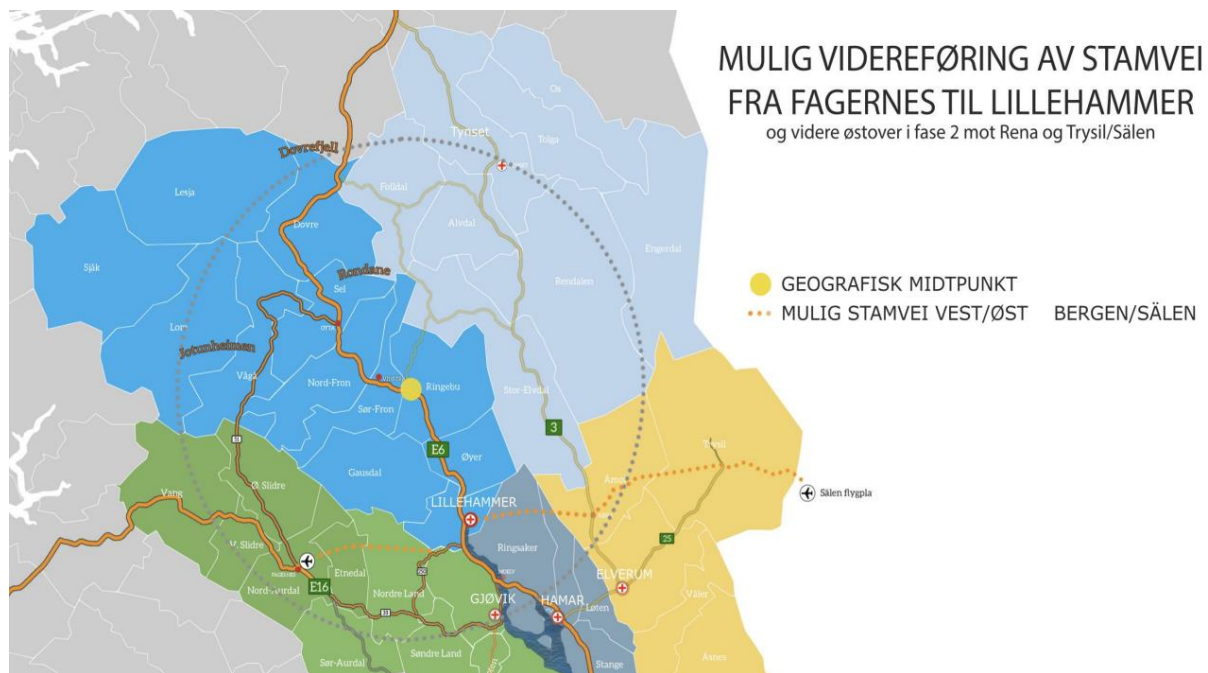
En ny forkortet veitrasé vil ha stor betydning for reiselivet i Valdres og Beitostølen regionen nevner direktør i Beitostølen Resort, Atle Hovi. Gjennom intervju med Atle 27. februar, nevnte han et ønske om å knytte valdresområdet nærmere Innlandet regionen. Det ble forklart som at forkortet reisetid vil kunne øke besøkende og turisme til valdresområdet. Forsterkede

knutepunkter vil være med å øke aktivitet og befolkningsvekst samt bidra til mer samhandling mellom et langstrakt fylke som Innlandet.

I juli 2018 ble Fagernes Lufthavn, Leirin lagt ned. Flyplassen var eid av Avinor som ikke klarte å finne økonomisk støtte for å holde flyplassen i gang grunnet lite aktivitet. I forbindelse med mulighetsstudien før OL i 1994 ønsket man å se på mulighetene for en forbindelse mellom Leirin flyplass ved Fagernes og Lillehammer. Ifølge sjefsingeniør fra fylkeskommunen ble ikke denne planen videreført. En bedre veiforbindelse og økt aktivitet i området vil kunne styrke mulighetene for en gjenåpning av Leirin flyplass.

En bedre forbindelse mellom Hallingdal og Gudbrandsdalen vil også gi muligheter for en forbindelse mellom Vestlandet og Innlandet. Dette har stor etterspørsel både fra person og godstrafikk. Mye av dagens strekning har smale og svingete veier, mye grunnet vanskelig terrengkurvatur. Høye fjell og lange daler gjør det svært kostbart og vanskelig å utbedre veinettet mellom Østlandet og Vestlandet. Med tanke på dagens standardkrav for veier vil det være nødvendig med utbedring av dagens situasjon.

Figur nedenfor viser et kart med en mulig videreføring av stamvei mellom øst og vest. Her er de oransje punktlinjene som illustrerer den mulige forbindelsen som strekker seg fra Fagernes til Trysil/Sälen. Strekingen vil være med på å redusere reisetiden betraktelig. Redusert reisetid og sterkere knutepunkter vil kunne gi store samfunnsnyttige goder for næring og bosetting i Innlandet.



Figur 1 - Illustrasjon av en mulig øst-vest forbindelse. Utklippet er hentet fra presentasjon med initiativtagere for denne oppgaven.

Sett i perspektiv med delkapittel 1.3.1 så kan selve oppgaven knyttes mot FNs bærekraftsmål. Bærekraftsmålene som vil være relevante for denne oppgaven er mål 9: Industri, innovasjon og infrastruktur og mål 11: Bærekraftige byer og lokalsamfunn. Delmålene som spesifikt kan være relevante for denne oppgaven er:

9.1) «Utvikle pålitelig, bærekraftig og solid infrastruktur av høy kvalitet, inkludert regional og grensekryssende infrastruktur, for å støtte økonomisk utvikling og livskvalitet med vekt på overkommelig pris og likeverdig tilgang for alle» (FN, 2023, p. Avsnitt 9.1)

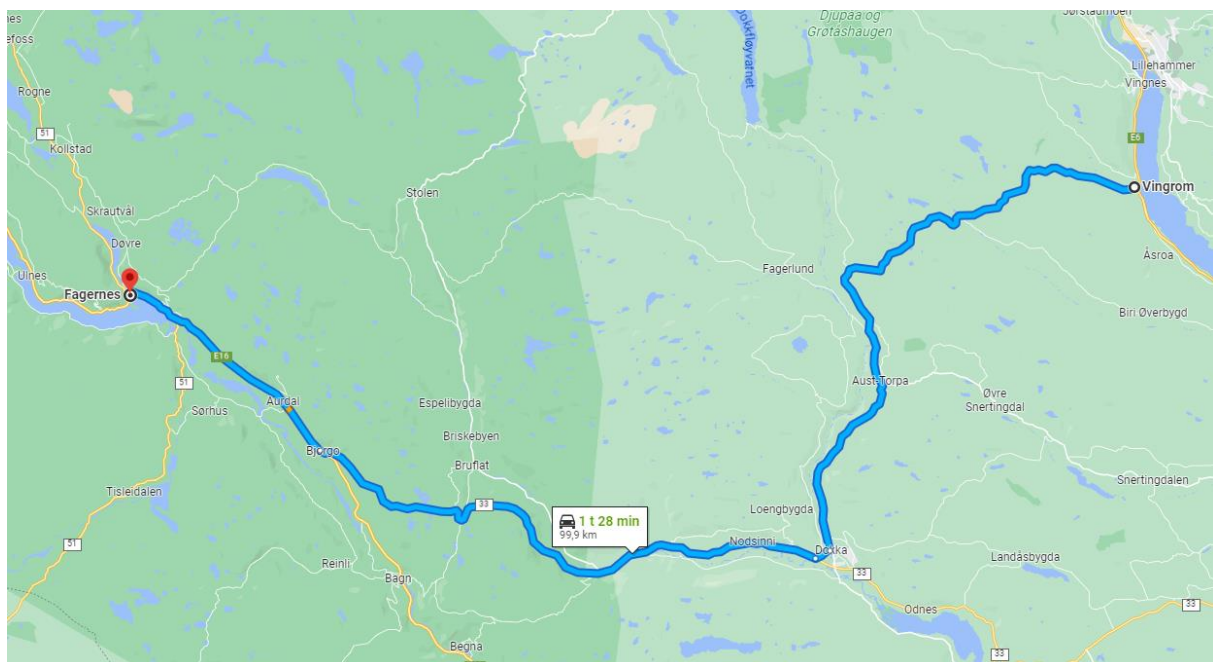
11.a) «Støtte positive økonomiske, sosiale og miljømessige forbindelser mellom byområder, omland og spredtbygde områder ved å styrke nasjonale og regionale planer» (FN, 2023, p. Avsnitt 11.a)

Videre vil det derfor være relevant å se til hvilken grad resultatene våre kan sees i lys med disse delmålene.

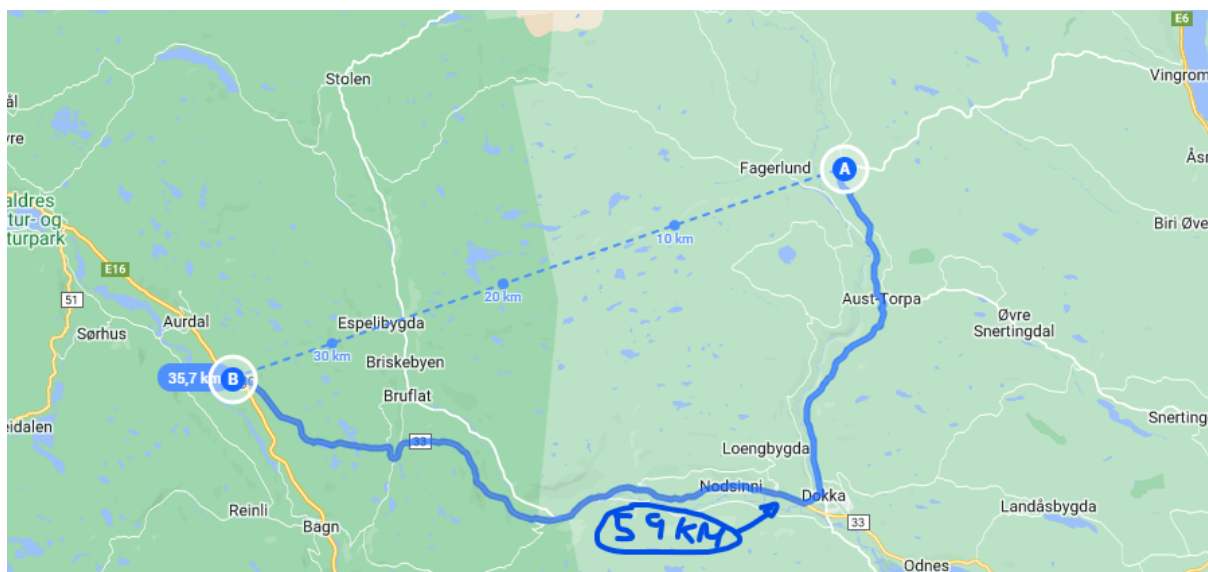
1.4 Dagens situasjon

1.4.1 Dagens strekning

Dagens veitrase fra Lillehammer til Fagernes er vist på Figur 2. Google Maps estimerer en reisetid på 1 time og 28 min på den 100 km lange strekningen. Terrenget strekningen ligger i har store høydeforskjeller, noe som fører til en svingete vei. Figur 3 viser at mye av omveien for strekningen strekker seg fra Fagerlund til innkjøringen ved E16 i Bjørgo. Den stiplede blå linjen viser luftlinje mellom de to stedene hvor det er potensialet for redusert reisetid. Det antas at en ny veilinje gjennom søk Quantm vil ligge i området luftlinjen strekker seg. Ved å se på en forkorting over dette området, regner vi med å kunne redusere strekningen med omtrent 20 km.



Figur 2 - Veibeskrivelse Vingrom - Fagernes som beskriver dagens situasjon mtp. distanse og reisetid. Kilde: Google Maps.



Figur 3 - Veibeskrivelse Aust-Torpa til Bjørge. Her kan man se et stort forbedringspotensial ut fra sammenligning av dagens strekning vs luftlinje mellom de to punktene. Kilde: Google Maps.

1.4.2 Trafikkstatistikk

Strekningen beskrevet i delkapitlet over har en gjennomsnittlig ÅDT på 3030. Av dette er 12% tungtrafikk. Statistikken er funnet på grunnlag av ÅDT-data for delstrekninger hentet fra Statens vegvesen sitt vegkart for trafikkdata (Statens vegvesen, 2023). Uthenting av ulykkesstatistikk fra Statens vegvesen er vist i Vedlegg 7. Totalt har det vært 197 ulykker på denne strekningen (Statens vegvesen, 2023). Perspektivet er over mange år, men det er tydelig at det forekommer ulykker. Det er ikke beskrevet graden av personskader på hver av ulykkene. En ny vei med bedre standard vil bidra til å senke ulykkesstatistikken mellom Lillehammer og Fagernes. Nullvisjonen er en visjon om at ingen mennesker skal bli drept eller hardt skadet i en trafikkulykke. En ny veitrase vil kunne være med på å realisere visjonen til staten med en vei som er bygd etter dagens standardkrav (Statens vegvesen, u.d).

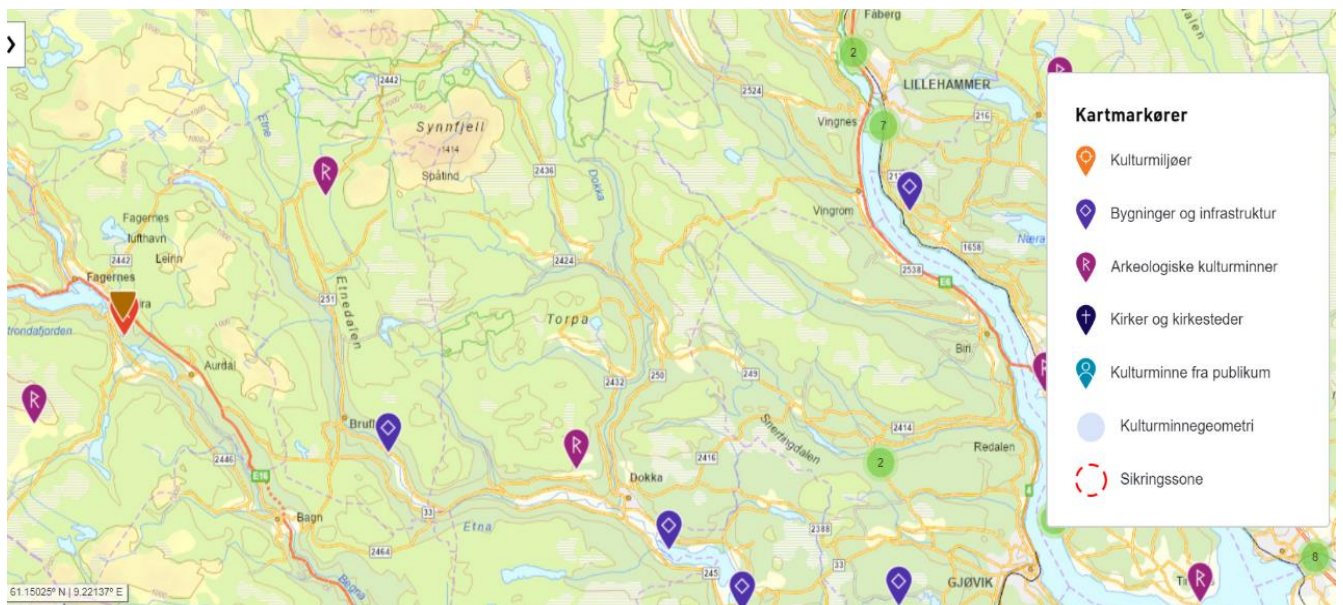
1.4.3 Naturmiljø

Naturmiljøet i området er preget av store variasjoner i terrenget. Dette har stor påvirkning for hva slags naturmiljø som er i området. Området har en typisk innlandsnatur med mye skog.

Området vi skal undersøke har både bratte fjell og dype daler som gjør at landskapet byr på mange utfordringer med tanke på utbygging av ny vei. På grunn av de mange små fjellvannene på toppen av fjellet har det utviklet seg myrer i området. Myr er et vanskelig tema ved bygging av vei. Naturen er en viktig del av Norge og vi ønsker at veiplanlegging skal ta hensyn til dette.

1.4.4 Kulturminner

Kulturminner er spor vi finner fra mennesker som har levd før oss. Definisjonen fra kulturminneloven §2: “Med kulturminner menes alle spor etter menneskelig virksomhet i vårt fysiske miljø, herunder lokaliteter det knytter seg historiske henvendelser, tro eller tradisjon til.” (Lovdata, 2023). Lovverket beskriver tydelig at kulturminner skal vernes. Figur 4 viser et utklipp av ulike kulturminner i området mellom Lillehammer og Fagernes. Fra oversiktstabellen på Figur 4 er det tydelig at det er flest arkeologiske kulturminner og bygninger som er registrert. Kulturminner skal verne om samfunnets kulturarv. Gjennom planlegging av ny infrastruktur er det viktig å utarbeide en oversikt slik at det blir tatt hensyn til dette.

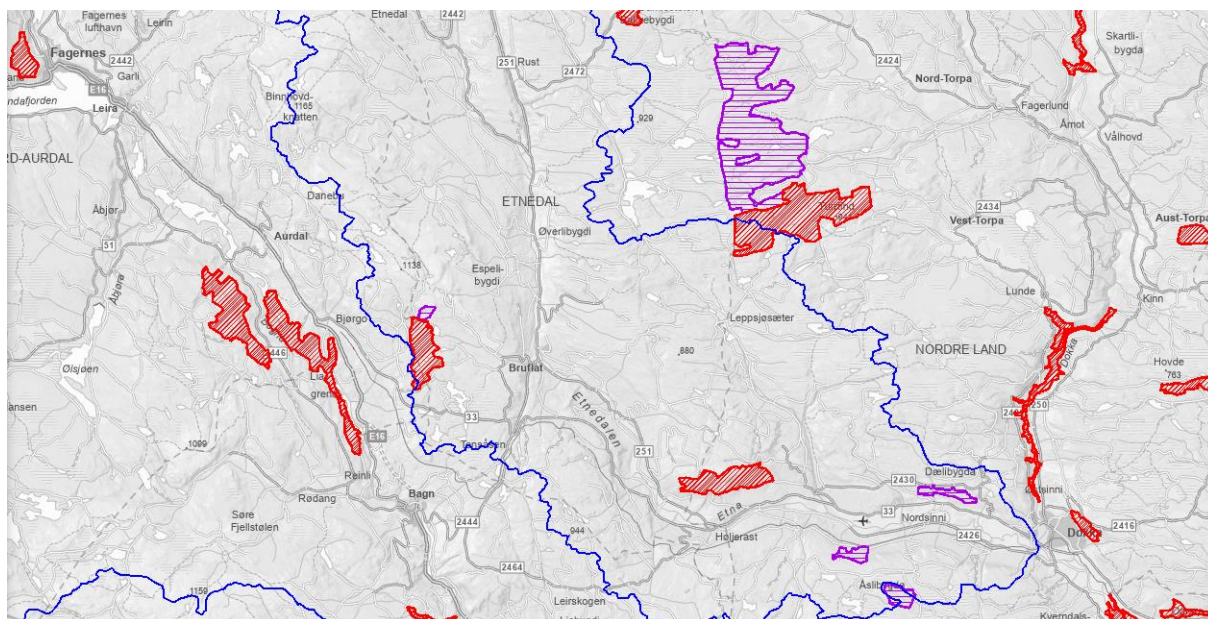


Figur 4 - Kulturminner i området. Kilde: Kulturminnesok.no

Gjennom vår oppgave vil vi ikke ta direkte hensyn til ulike kulturminner underveis da denne oppgaven er basert på en mulighetsanalyse. Det er flere kulturminner i området det skal søkes etter linjer, noe som vil være viktig å ta hensyn til om man ønsker å gå videre med prosjektet i senere tid. Det er viktig å opplyse om at det plutselig kan oppstå overraskende funn av kulturminner og arkeologiske funn underveis i prosjektet. Dette vil være med på å forlenge tidsbruken og kostnad på prosjektet.

1.4.5 Naturvernområder

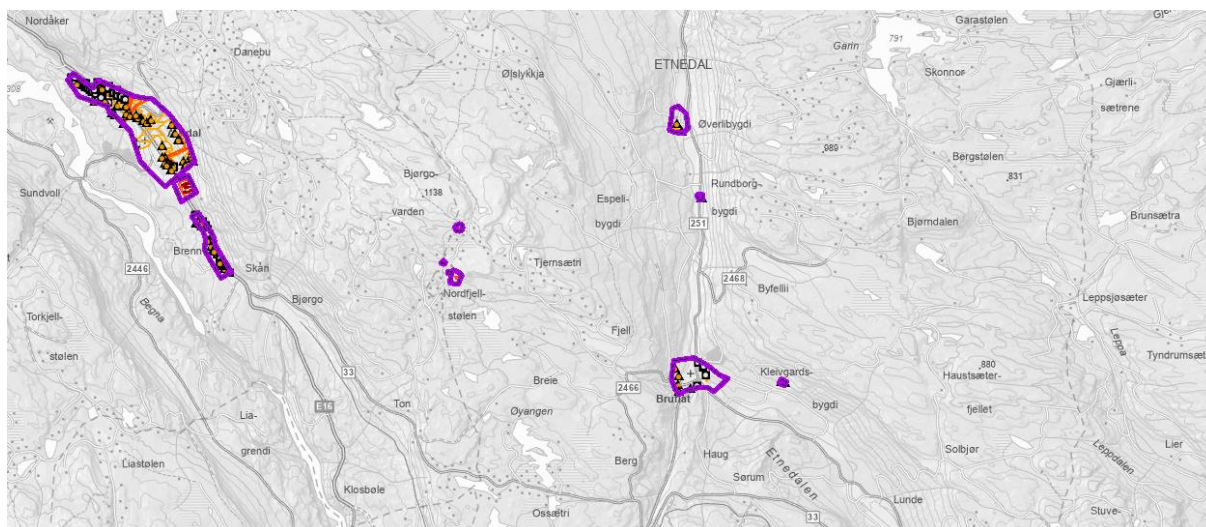
Naturvernområder er viktige områder som er satt av for å bevare naturen og dens mangfold. Når det gjelder veibygging, er det viktig å ta hensyn til disse områdene for å minimere mulige negative påvirkninger på miljøet. Figur 7 under viser et oversiktsbilde av naturvernområder og verneplan for vassdrag (området innenfor blå strek), hentet fra NVE sitt temakart (NVE, 2023).



Figur 5 - Oversiktsbilde over naturvernområder (Rød og Lilla) og Verneplan for vassdrag (området innenfor blå strek), hentet fra NVEs temakart

1.4.6 Faresoner

Området ved Bruflat er utsatt for stor skredfare grunnet bratt terreng. Området ligger i Etnedalen, som er en dyp dal som strekker seg gjennom området vi ser på. Dette kan være et utfordrende område å se på ved analyse gjennom Quantm grunnet store høydeforskjeller i topografien. Figur 6 viser en oversikt av faresoner for området (NVE temakart, 2023).



Figur 6 - Oversikt over faresoner (Bratt terreng) i landskapet hentet fra NVEs temakart

1.5 Oppgavens avgrensninger

For at omfanget på oppgaven ikke skal bli for stor har det blitt gjort begrensninger på hva som vil bli tatt med i oppgaven. Disse avgrensningene kan ha innvirkning på våre resultater i oppgaven. Det er ikke gjort fysiske befaringer på området ettersom det er et enormt område med ulent terreng og landskap. Antagelser og beslutninger er basert på kartdata og at vi ikke ønsker å begrense mulighetene før vi har undersøkt om det er noen. Potensialet for en innkorting av eksisterende vei strekker seg i hovedsak mellom Fagerlund til Bjørge. Oppgaven blir derfor avgrenset til området mellom Fagerlund og Bjørge. Disse elementene er ikke tatt med som en del av vår oppgave:

- Geologi
- Gjeldende reguleringsplaner for de ulike kommunene
- VA-infrastruktur

- Nettanlegg og energi-infrastruktur
- Enkeltbygninger
- Mindre bekker og elver
- Dyremangfold og dyretråkk
- Eventuelle kulturminner som kan oppstå ved utredning
- Sjeldne plantearter
- Vedlikehold og drift av vei

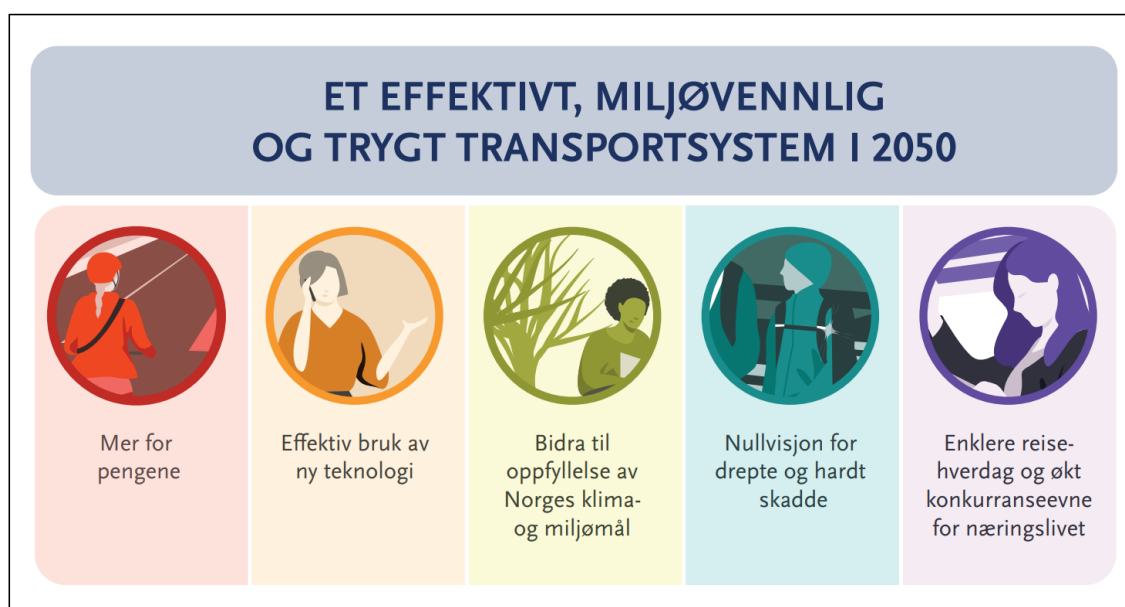
2 Teori

2.1 Effektivisering av transport

«Et effektivt, miljøvennlig og trygt transportsystem i 2050» (Det kongelige samferdselsdepartement, 2020)

Sitatet ovenfor beskriver det overordnede og langsiktige målet for Nasjonal transportplan 2022-2023. Norge sin fabelaktige natur med høye fjell, dype daler og lange fjorder gjør det svært krevende med infrastruktur som binder landet sammen. Dette vil være viktig slik at det vil gi muligheter for verdiskapning og velferd i hele landet.

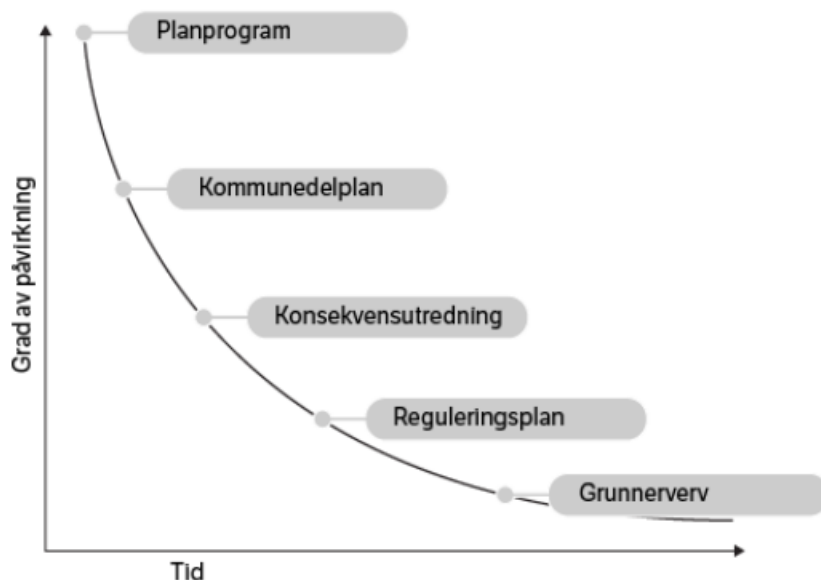
For å øke effektiviseringen av veibyggning i Norge står det beskrevet i NTP 2022-2023 at en skal være åpen for justeringer underveis i prosjektet. Vi lever i en verden hvor ny teknologi utvikles, noe som er med på å modernisere denne sektoren. Den nye teknologien vil bidra til økt effektivitet, reduserte kostnader og mer nøyaktig planlegging.



Figur 7 – Målene for transportsektoren i NTP 2022-2023. Kilde: (NTP Figur 1,2, 2023)

2.2 Planprosess i veibygging

Planprosesser er den overordnede metoden for hvordan man går frem når man skal bygge nye veier i Norge. Den norske regjeringen ønsker å sørge for samordnet og forutsigbar planlegging på lengere strekninger (Det kongelige Samferdselsdepartement, 2017). Med lengre strekninger menes det strekninger som går over flere kommuner. I arbeidet med ny nasjonalplan for transportsektoren jobbes det med å bedre tidsforbruk, plankvalitet og ressursbruk. De 5 hovedpunktene i en planprosess er ifølge Statens vegvesen planprogram, kommunedelplan, konsekvensutredning, reguleringsplan og grunnerverv (Statens vegvesen, u.d.). Arbeidet med å korte ned bruken vil gi positive konsekvenser for samferdsel og infrastrukturen til Norge fremover.



Figur 8 - Mulighet for påvirkning i planprosessen. Kilde: (Statens vegvesen, u.d.)

Det er viktig å få en overordnet forståelse av hva mulighetsstudie er. En mulighetsstudie som dette utarbeides i forkant til et planprogram. Ofte blir det gjennomført en slik studie for å undersøke om en ide er verdt å gå videre med til planprogram stadiet. Studiet danner grunnlaget for planprogrammet og hvilke alternativer som fremstår som det beste valget. Figur 8 viser at påvirkningsgraden er stor i de tidligste fasene og ettersom tiden går blir graden mindre. De tidligste stegene i veiplanlegging avgjør i stor grad hvordan et prosjekt vil utvikle seg fremover.

Medvirkning er et av de aller viktigste elementene i planprosesser for bygging av vei. Det skal sikre at alle interessenter får sin mening hørt av myndigheten som er utbygger av en ny vei. Det er lovpålagt i Plan og bygningsloven kapittel 5 at utbyggeren skal legge til rette for medvirkning i planprosesser (Lovdata.no, 2008). Hensikten med medvirkning er å finne gode løsninger og legge til rette for interessenter og berørte aktører til beste evne. For å kunne gjennomføre god medvirkning er det viktig å begynne tidlig samt gjøre det lett for alle å forstå hva som blir planlagt. Figur 9 illustrerer hvordan medvirkning kan gjennomføres i et prosjekt.



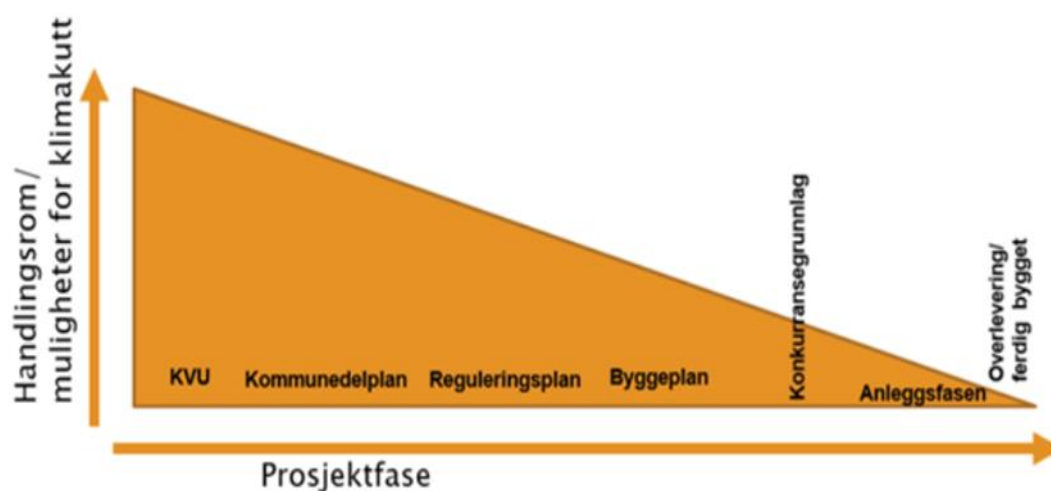
Figur 9 - Sentral medvirkning i planleggingsfasen. Kilde: (Nye veier, u.d.)

I utviklingen av prosjektet viser figuren over at dialog med interessenter er viktig. Videre skal planene ut på høring og offentlig ettersyn for godkjenning. I utarbeidelsen av planforslaget kommer noen av de viktigste elementene til medvirkning. Disse elementene er informasjonsmøter og åpne dager. Når planforslaget blir lagt frem på høring kommer det ofte merknader fra interessenter og organisasjoner som må løses før forslaget blir endelig vedtatt i kommunen. Essensen med medvirkning er at man har dialoger for å prøve å finne løsninger som gjør så mange aktører fornøyd med det endelige vedtaket. For denne oppgaven og mulighetsstudie er dialog med interessenter viktig for valg og tilnærminger siden det er den prosessdelen som er relevant.

2.3 CO2 og klimagassutslipp ved bygging av veier i Norge

Ifølge Statens vegvesen har de veilederne som skal hjelpe med å minimere klimagassutslipp ved bygging av nye veier i Norge (Statens vegvesen, u.d). Det er gjort store utredninger for å senke klimagassutslippene og fra Figur 10 under kan man se at tidligfasen har størst potensiale for reduksjon av klimagasser. Hensyn og synliggjøring av klimapåvirkninger kan vi bedre gjennomføre i tidlig planfase, som konseptvalgutredninger (KVU) og kommunedelplaner. En rapport utgitt av Multiconsult med Statens vegvesen som oppdragsgiver beskriver klimahensyn i tidligfase (Multiconsult, 2021).

Figur 10 fremstiller mulighetene for å effektivisere veiplanlegging slik at klimagassutslippet kan kuttes. Dette handler om å finne løsninger i de tidligste fasene. Transportsektoren står for store deler av Norges klimagassutslipp. Det er vanskelig med planlegging av nye veier på grunn av mange aktører som alle ønsker å bevare sine interesser. Innsparingspotensialet er størst tidlig i prosjektets liv, og handlingsrommet minker fram mot anleggsfasen.



Figur 10 - Illustrasjon av muligheter for klimahensyn i planleggingsfasen. Kilde: (Statens vegvesen, u.d)

2.4 Vegstandard etter Håndbok N100

Håndbok N100 er en av Statens vegvesens håndbøker for bygging av veier. Denne standarden stiller krav til hvordan veier og gater skal utformes. Standarden har hjemmel i Samferdselsdepartementets «Forskrift om anlegg av offentlig veg» (Det kongelige Samferdselsdepartement, 2017). Forutsetningene som er festet i standarden gjelder trafikksikkerhet, miljø, klimatiske forhold, universell utforming, fremkommelighet, samordnet areal og transportplanlegging og arkitektur. Uthenting av tall og verdier brukt i prosjektet vil bli beskrevet og begrunnet i metoddelen av oppgaven. Det er viktig å klargjøre at alle linjesøkene vil ha samme oppbygning etter N100 standarden.

Håndbok N100 er delt inn i 5 deler. Der «del 3 – standard for bygging av nye veier» er relevant for denne prosjektoppgaven. Dette kapittelet inneholder i tillegg en standard for utbedring av eksisterende veier, men dette vil ikke være relevant for oss å undersøke nærmere da vår oppgave går ut på linjesøk.

Veinettet i Norge deles i nasjonale hovedveger og øvrige hovedveger. I Håndbok N100 står det beskrevet at de nasjonale hovedvegene har som oppgave å knytte sammen landsdeler og regioner. I tillegg har de nasjonale hovedvegene i oppgave å knytte sammen regionale og lokale funksjoner. Øvrige hovedveger skal i hovedsak dekke behovet for transport mellom distrikter, områder, byer og bydeler. Hovedforskjellen mellom nasjonale hovedveger (H) og øvrige hovedveger (Hø) vil være knyttet til trafikkmengde, veistandard og veiens funksjon (Statens vegvesen, 2022).

I Norge deler vi opp hovedvegene i dimensjoneringsklasser. For nasjonale hovedveger har vi 3 dimensjoneringsklasser (H1, H2 og H3) og 2 dimensjoneringsklasser for øvrige hovedveger (Hø1, Hø2). Dimensjoneringsklassene velges ut fra en helhetsvurdering av vegnettet hvor strekningene strekker seg. Tabell 3.3 – 3 i Håndbok N100: veg- og gateutforming viser til standardkrav for de ulike dimensjoneringsklassene. Disse prosjekteringstabellene viser til krav veien skal ha gjennom sin linjeføring. Noen av kravene som står i disse prosjekteringstabellene er eksempelvis fartsgrense, stigning, minimums horisontalkurveradius og minimums vertikalkurveradius.

Når det gjelder dimensjonering av veier og gater skal det tas hensyn til en 20 års dimensjoneringsperiode. I henhold til Håndbok N100 står det beskrevet «Trafikkmengden i

prognoseåret legges til grunn for dimensjonering av veger. For veger settes prognoseåret til 20 år etter forventet åpningsår i henhold til forskrift etter vegloven § 13 § 6» (Statens vegvesen, 2022, p. 11). Beskrivelsen betyr i hovedsak at dimensjoneringsåret for et vegprosjekt settes til 20 år etter den planlagte åpningen. Gjennom disse årene vil man gange opp med årlige fastsatte vekstfaktorer for trafikk. Disse vekstfaktorene finner man i NTP 2022 – 2023 og viser til vekstfaktorer for områder over hele landet. I tillegg til årlige vekstfaktorer vil det også være viktig å ta hensyn til at trafikken vil øke med tanke på at en ny strekning vil bidra til en innkortning og forbedring av dagens situasjon.

Den dimensjonerende trafikkbelastningen finner man ved hjelp av formel 3.1.2 -1 i N200. Formelen gir veiens trafikkbelastning, N , som beskriver summen av ekvivalente 10 tonns aksler per felt i dimensjoneringsperioden (Statens vegvesen, 2022). Utgangspunktet er den gjennomsnittlige årsdøgntrafikken (ÅDT) kombinert med årlig forventede vekstfaktorer.

Etter man har funnet trafikkbelastningen N , finner man hvilke trafikkgrupper veien skal dimensjoneres for. Tabell 3.1.2 – 1 i N200 viser oversikt over trafikkgrupper for dimensjoneringsperioden. Formel og tabell 3.1.2 – 1 finnes under Vedlegg 6. Disse trafikkgruppene er med på å bestemme hvordan tverrsnittet på veien skal dimensjoneres. Dette gjelder med tanke på oppbygging av slitelag, bindelag, bærelag og forsterkningslag. For fremtidig trafikkbelastning vil det være viktig at veiene er dimensjonert riktig slik at de tåler den fremtidige påkjenningen.

2.5 Massebalanse

Statens vegvesen beskriver massebalanse som «Man har massebalanse når massene tatt ut i veilinja (uttauing, skjæring, tunnel) er tilstrekkelig til å fylle behovet for masser til fylling» (Statens vegvesen, 2021). Forvaltning av masser som grus, pukk, matjord og andre jordmasser er spesielt viktig siden de ikke er fornybare. Store utbyggingsprosjekter frigir store mengder masser som burde forvaltes med et bedre bærekraftig perspektiv (Viken fylkeskommune, 2021, p. 21). Denne balansen er en viktig del av planleggingen av nye veier. For å spare unødvendige kostnader på transportering av masser så er det viktig at man har kontroll på denne balansen i fremtidige prosjekter. Som en del av dette prosjektet vil det være relevant for

oss å se på om dataprogrammet tar hensyn til et slikt problem eller hvordan det håndteres for å styrke argument om å realisere veilinjen som blir funnet.

3 Metode

3.1 Valg av metode

Det ble gjort flere ulike metoder for å innhente informasjon slik at oppgaven kan løses gjennom Quantm. For at alle funksjonene i Quantm skal gi et realistisk resultat kreves det mye informasjon som gis som input i dataprogrammet. Dette er gjort gjennom metodene beskrevet nedenfor.

3.1.1 Kvantitativ metode

Kvantitativ metode er en forskningsmetode brukt for analyse og innsamling av data. Dataen vil foreligge i form av tall eller andre mengdetermer (Grønmo, 2023). Analyser og vurdering av geografi er gjort med tanke på kostnad og effektivisering av reisetid. Denne bacheloroppgaven omfatter mange berørte individer og områder, så det er relevant å bruke kvantitativ metodikk for å tallfeste ulike variabler. Resultatene til dette prosjektet er mest hensiktsmessig å presentere på tallform enn på tekstform. Oppgaven vil derfor legge til grunn en kvantitativ metodikk.

3.1.2 Kvalitativ metode

Kvalitativ metode er brukt mest som metodikk ved innsamling og analyse av tekst i motsetning til kvantitative data (Grønmo, 2023). Ustrukturerte intervjuer er en av metodene for innsamling av data som går under kvalitativ metode. Hensikten med disse ustrukturerte intervjuene var å få en dybde og helhetlig forståelse av denne oppgaven. Det er blitt brukt både kvantitativ og kvalitativ metode i denne oppgaven. Oppstarten av oppgaven ble gjort med intervjuer av folk som har interesse for en ny veistrekning. Dette var viktig i prosessen for å få et oversiktlig bilde over utfordringer med veistrekningen. Både kvalitativ og kvantitativ metodikk er blitt brukt, men det har vært størst fokus på den kvantitative metoden.

3.2 Informasjon og intervjuer

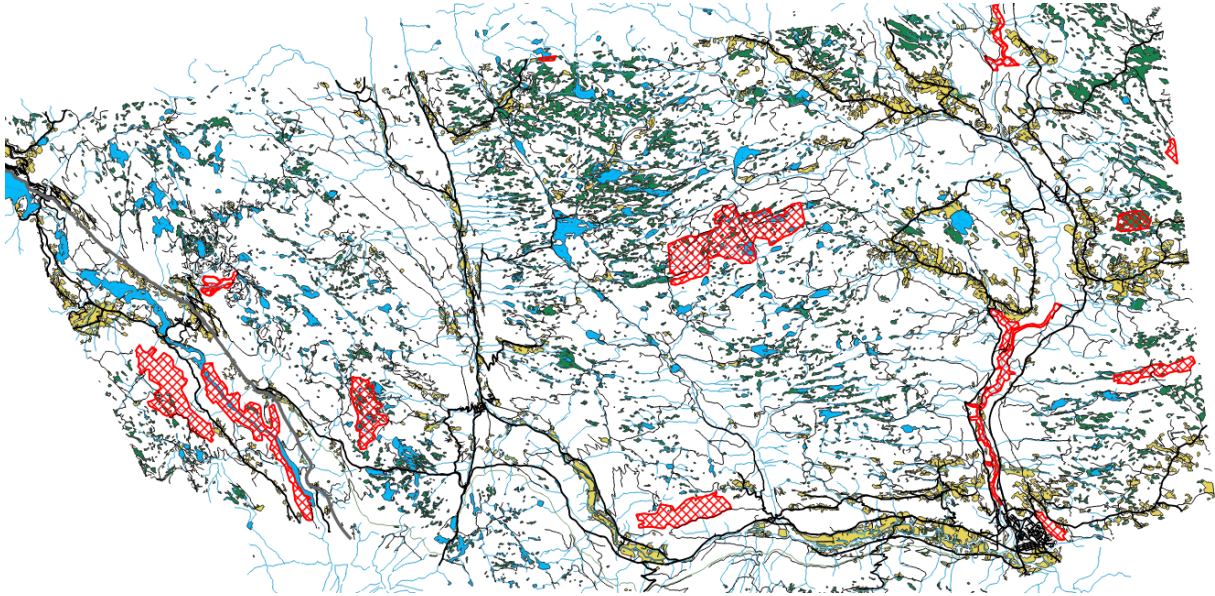
Arbeidsmetoden begynte med intervjuer og møter med flere relevante parter som kunne gi innsikt i området. Informantene og initiativtagerne for oppgaven har sett på muligheter tidligere og videreført konseptet til Norconsult. Møtene som ble holdt tidlig i prosessen ga oss mye informasjon om området og bakgrunnen for oppgaven. Initiativtagerne var personer fra næringslivet. Informasjonen hentet fra disse møtene og intervjuene ga oss en dypere forståelse av hva oppgavegiver var ute etter.

3.3 Datainnsamling

Noe av den viktigste informasjonen som kreves er gitt som digitale datafiler som beskriver kartdataen for det relevante området. Datainnsamlingen er en viktig del av prosjektet for at resultatene skal bli så realistiske som mulig. Det første som ble gjort var uthenting av N50 datasett fra den offentlige kartdatabasen Geonorge. Dette ble gjort ved å definere området for kartdataen. Etter at det geografiske området ble valgt ble det bestemt hvilken projeksjon kartdataen skal komme ut som. For dette bachelorprosjektet ble det valgt UTM sone 32. Formatet på filene ble valgt som FGDB 10.0 da dataprogrammet QGIS leser slike filer. Ut fra det som er tenkt hensiktsmessig for dette prosjektet ble dataene videre behandlet i programmet QGIS.

3.4 QGIS

For å kunne anvende kartdata som ble hentet fra Geonorge og NVE ble dataprogrammet QGIS brukt. Programmet ble brukt til å sortere hvilke objekter som var relevant for mulighetsstudiet vårt. De utvalgte kartfilene ble valgt nøye etter diskusjon innad i gruppen. På denne måten ville det være mulig å gi mest mulig reelle strekningsbegrensning for simuleringene i Quantm. Kartfilene som ble hentet ut var dyrket mark, innsjøer, elver, fylkesveier, europaveier, jernbane, myr, bebyggelse, verneområder og kulturminner. Figur 11 viser et oversiktsbilde over alle kartdataene importert til QGIS som vektorlag.



Figur 11 - Utklipp fra QGIS med importert kartdata fra Geonorge og NVE temakart

Behandlingen av kartdataen i QGIS er svært viktig da dette er noe av inputen som Quantm tar hensyn til gjennom simuleringen av veisøk. Området i denne mulighetsanalysen strekker seg over nesten 1000km². Dette gir store og tunge datafiler å arbeide med. Med tanke på at dette er en mulighetsanalyse ble det valgt å se bort ifra mindre elver og fjellbekker, privatveier, og mindre myrområder. Elver, bekker og privatveier kommer som egne kartfiler, og ble ikke importert til Quantm. For å luke ut mindre myrområder, kunne man bruke et egenskapsverktøy i QGIS som heter «Spørringsbygger». Spørringsbyggeren i QGIS gir mulighet til å velge hvilke funksjoner og attributter som spørres etter, og definere betingelser og filter for spørringen. For myrområdene var det aktuelt å utelukke arealer mindre enn 50m². Utelukkingen av disse filene reduserte datamengden i Quantm, uten at resultatet vil bli påvirket i stor grad. Videre ble disse objektene eksportert til filformatet Shapefiler (shp) som Quantm aksepterer. Dette gjorde at de relevante objektene kunne importeres direkte inn i Quantm for videre analysering.

3.4.1 Prosedyre for QGIS

1. Velger koordinatsystem UTM sone 32 med kartdatumet EUREF89
2. Importerer nedlastet kartdata fra Geonorge og NVE som vektorlag
3. Gir de ulike kartfilene egenskaper som farge og mønster. Dette gir en oversiktlig fremstilling av området.
4. Eksporterer kartdata som shapefiler (shp) som er kompatible med direkte opplasting til Quantm.

3.5 Valg av vegstandard

Valget av vegstandard og dimensjoneringsklasse tas avhengig av fremtidige prognoser og en helhetsvurdering av ruta den planlagte traséen strekker seg. Dagens trafikkmengde ligger i dag på rundt 3030 i ÅDT, og det blir antatt at denne vil øke gjennom årene som kommer. I Håndbok N100 står det beskrevet «Det er et mål om ensartet vegstandard over lengre strekninger. Det er derfor viktig at valg av dimensjoneringsklasse planlegges samlet over lengre strekninger og at ikke skifte av dimensjoneringsklasse skjer for ofte.» (Statens vegvesen, 2022).

For dette prosjektet er valget av vegstandard tatt med hensyn til økt ÅDT i dimensjoneringsåret 20 år etter åpning og et fremtidig forbindelsesnettverk mellom Hallingdal - Gudbrandsdalen – Trysil. Personer fra næringslivet og initiativtagerne mener fremtidige forbindelsesnettverket vil bidra til samfunnsnyttige goder gjennom flere arbeidsplasser, befolkningsvekst og økt turisme.

Valget av vegstandard for dette prosjektet ble valgt til nasjonal hovedveg med H1 standard. Beslutningen for valg av H1 standard ble tatt ut fra fremtidige prognoser i samspill med diskusjon med erfaren ingeniør innen plan og samferdsel i Norconsult. Det er ikke kjent helt konkret hvor mye trafikken vil øke, men sannsynligheten for en ÅDT > 4000 er stor med tanke på prognoser for det fremtidige forbindelsesnettverket.

H1 standard gir en fartsgrense på 80km/t og tverrprofil på 9 meter. Standardkrav fra prosjekteringstabellen Tabell 3.3 – 3 i Håndbok N100 ble lagt inn som geometriske parametre for valgt veistandard H1 i Quantm. Geometriske parametre tar hensyn til vertikale og horisontale minimumskrav gjennom linjesøket i Quantm. Se Vedlegg 2 for mer detaljer for innsatte geometriske parametre for H1 standard.

For dimensjonering av tverrprofilen til H1 standard er det brukt Trimble sin veimal for veier i Norge. Malen inneholder dimensjoneringstall for tverrprofilen til de oppdaterte vegstandardene i Norge. Parameterne for tverrprofil beskriver hvordan veien er bygd opp lagvis med materialer beskrevet i kapittel 2.4. Se Vedlegg 7 for utregningsmetode og mer detaljerte verdier for tverrprofilen av vei med H1 standard.

3.6 Trimble Quantm

Trimble Quantm er en kraftig programvarepakke designet for transport- og logistikkfagfolk for å planlegge, designe og optimalisere transportnettverk. Programvaren bruker avanserte algoritmer og modelleringsteknikker for å hjelpe brukere med å lage de mest effektive og kostnadseffektive transportnettverkene som mulig. Gjennom utregningene tar programmet hensyn til en lang rekke faktorer som kostnad, avstand, tid og kapasitet. Trimble Quantm blir brukt for å effektivisere driften, redusere kostnader og forbedre servicenivået. (Quantm Webinar | Introduksjon, 2017)

3.6.1 Quantm som tidligfaseverktøy

Trimble Quantm er en programvare som brukes i tidligfaseplanlegging av store infrastrukturprosjekter. Eksempelvis vei og jernbane. Det er nyttig fordi det gir en omfattende og nøyaktig analyse av ulike faktorer som påvirker prosjektet, inkludert topografi, terreng, klima, miljø og allerede eksisterende infrastruktur.

Ved å integrere geografisk informasjonssystem (GIS) og transportmodellering, kan Trimble Quantm generere en interaktiv visualisering av prosjektet i sin faktiske kontekst. Dette gjør

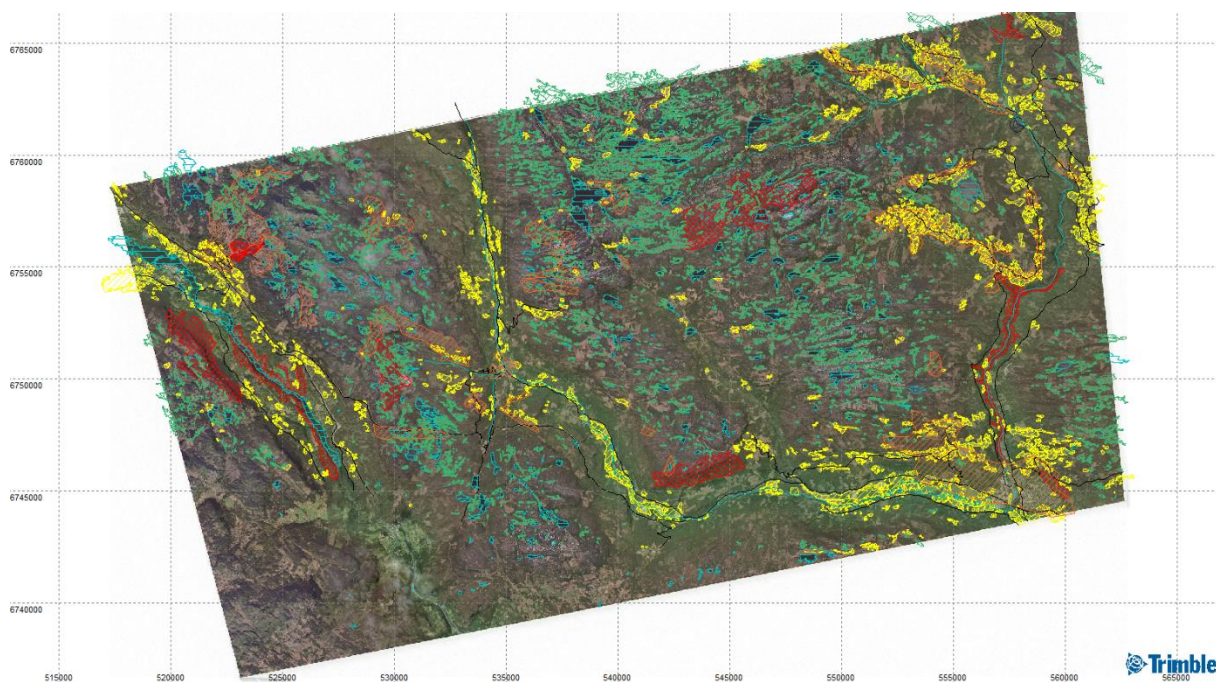
det lettere for planleggere å identifisere mulige utfordringer slik at de finner de best mulige løsningene tidlig i planleggingsprosessen. Dette gir Quantm stor kraft, med sine kraftige algoritmer som behandler store mengder data på kort tid. Derfor vil det være essensielt at innputten man gir Quantm er riktig slik at man får reelle resultater basert på programmets simuleringer. Input vil være GIS-data, kostnader, kartdata, avoid-soner og riktig veitverrsnitt.

Trimble Quantm har også funksjoner for å utføre kostnadsanalyse, prognoser for trafikkstrømmer og simulering av ulike scenarier. Dette gir prosjektteamet en mer omfattende forståelse av prosjektets mulige effektivitet. Quantm gjør det lett å sammenligne alternativene basert på distanse, kostnad og CO2-utslipp. Trimble anbefaler bruken av programmet i utredningsfasen av et prosjekt for å få en helhetlig og total oversikt over prosjektet. For videre planlegging kan Quantm eksporteres til et andre Trimble-applikasjoner som Quadri og Novapoint for videre detaljeringer.

Alt i alt kan Trimble Quantm bidra til mer effektivt arbeid og redusere kostnader i tidligfaseplanleggingen av infrastrukturprosjekter. Programmet gir også en pålitelig og presis prognose for resultatene av prosjektet, og kan dermed hjelpe prosjektteamet med å ta informerte beslutninger allerede tidlig i planleggingsprosessen.

3.6.2 Input - kartdata

Kartdata ble importert som shapefiler etter behandling og konvertering gjennom QGIS. Det første som ble gjort var å legge inn DTM-modell, ortofoto og GIS-data i Quantm. Figur 12 viser et utklipp av hvordan området ser ut med all kartdata importert til Quantm. Tabell 1 definerer fargekodene og beskrivelsene til de ulike kartlagene som er importert.



Figur 12 - Utklipp fra Quantm som viser DTM, ortofoto og GIS-data lastet inn for området

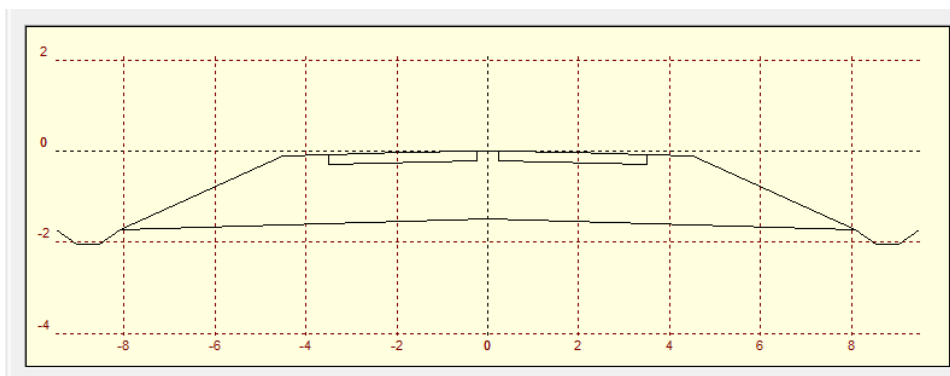
Verneområder for området er definert som «avoid-zone» i Quantm, noe som gjør at linjeføringen ikke vil krysse verneområdene. Bebyggelse i området er importert som punktfiler. Hvert bygg var representert som et punkt på kartet uavhengig av størrelse. For å lage representative områder med bebyggelse ble det valgt å tegne inn manuelle områder i Quantm. Her ble funksjonen «zone» brukt. Områdene som ble tegnet inn var steder med tette bebyggelse, noe som ville gitt store konsekvenser veilinjen ville lagt seg gjennom dette området i simuleringen. Områdene med bebyggelse og dyrket mark data ble definert med kostnad å krysse samt høy prioritering mot kryssing. Myr definert med mulighet for å krysse, men med ekstra kostnad i forhold til andre områder. Elver og innsjøer er definert med kryssing av bru.

Tabell 1 - Fargekoder og definisjoner for de ulike GIS-dataene som er lastet inn i Quantm

Kartdata	Fargekode	Beskrivelse
Verneområder		Vei skal IKKE krysse
Bebyggelse		Kostnad å krysse (høy prioritet)
Dyrket mark		Kostnad å krysse (høy prioritet)
Myr		Ekstra kostnad å krysse
Elver og innsjø		Krysses med bru (høy kostnad)

3.6.3 Input – veitverrsnitt

Tverrsnitt viser hvordan veien lagvis er bygget opp av ulike materialer. Her er det viktig å velge riktig oppbygging slik at kostnadsutregningene blir riktige. Verdier for veioppbyggingen er hentet fra Trimble sin veimal for H1 vegstandard og importert til Quantm. Veimalen inneholder verdier og tykkelser for slitelag, bindelag, bærelag, veiskulder, forsterkningslag, frostsikringslag og grøft. Tverrsnitt av veien vises på Figur 13. Se Vedlegg 3 for mer detaljerte informasjon og verdier av veioppbyggingen.



Figur 13 - Illustrasjon fra Quantm av valgt veitverrsnitt

3.6.4 Input - Kostnadsparametre

Kostnadsparameterne er viktig å få lagt inn på riktig måte slik at alle elementer i prosjektet får riktig kostnad. For dette prosjektet har vi tatt utgangspunkt i Trimbles kostnadsmal. Denne malen bruker gjennomsnittlige kostnader fra tidligere prosjekter og er utviklet av Trimble etter erfaringstall. For et bedre resultat i vår oppgave ble det justert på ulike kostnader i kostnadsmalen med hjelp fra kostnadseksperter og ingeniører i Norconsult. Tallene vi har fått er erfaringstall fra tidligere prosjekter Norconsult har jobbet med. Siden disse prosjektene ble kalkulert for 5-2 år siden har priser endret seg mye grunnet blant annet krigen i Ukraina og dyrere råvarer. Derfor er de ulike erfaringstallene fra Norconsult blitt multiplisert med prisvekstfaktorer for de siste årene for å få en mest mulig realistisk kostnad. Dette var viktig for oppgavens økonomiske del slik at resultatene vil komme ut så reelle som mulig. Se Vedlegg 4 for de ulike kostnadsparameterne som har blitt brukt i denne oppgaven.

3.6.5 Input – Geometriske parametere

Geometriske parametere bestemmer krav og anbefalinger som blir gitt til veilinjen. Som nevnt i kapittel 3.5, ble det valgt vei med H1 standard. Standardkrav fra prosjekteringstabellen Tabell 3.3 – 3 i Håndbok N100 ble lagt inn som geometriske parametre. Input tar hensyn til stigning, vertikale krav og horisontale krav.

3.6.6 Input - egendefinerte soner

For å minimere mengden GIS-data ble det laget egendefinerte soner ut for ulike kartlag. Dette ble gjort for at dataprogrammet skulle holde seg brukervennlig og bruke kortere tid på beregningene. Mer detaljert kartdata vil gi en større datamengde som skal prosesseres gjennom et søk. De områdene som det ble lagt inn som egendefinerte soner var bebyggelse.

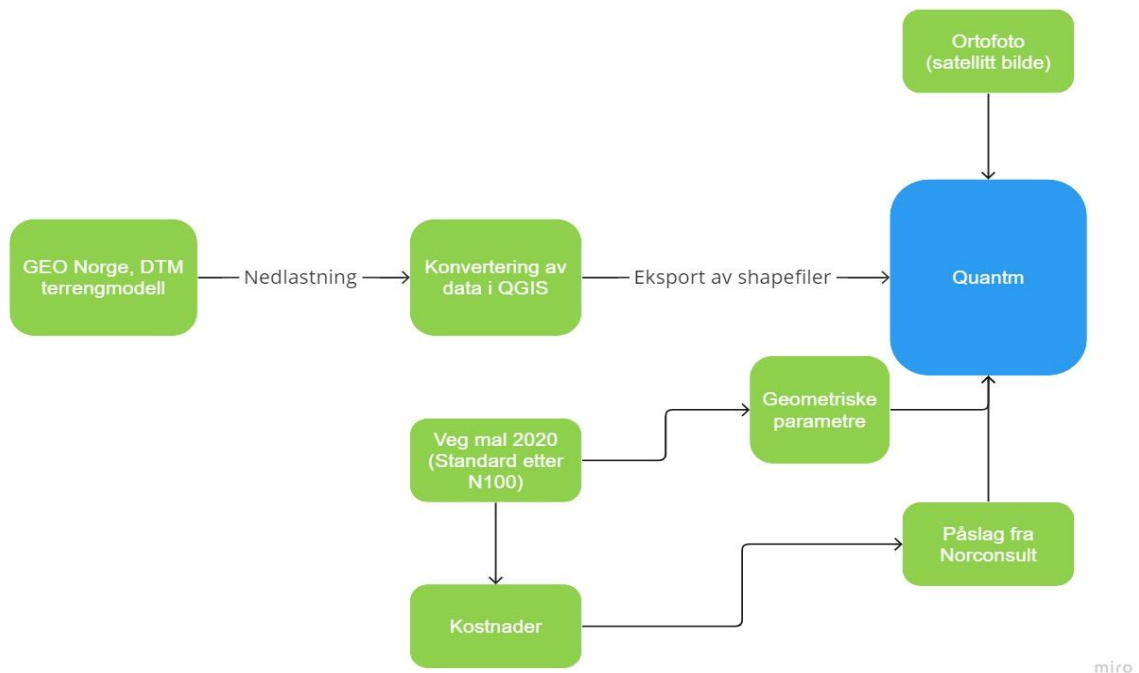
3.6.7 Prosedyre

Stegvis gjennomgang av hvordan prosedyren i Quantm ble gjennomført:

1. DTM og ortofoto importeres i Quantm.
2. Start- og slutt punkt er valgt fra Fagerlund til kobling med E16 i Bjørge.
3. Europeiske utslippsstandarder er lagt inn for å kjøre en testsimulering med ulike linjevalg uten GIS-data. Simuleringen gjennom Quantm tar kun hensyn til DTM-terrengmodell.
4. GIS-filer er importert som shapefiler i et nytt scenario, disse inneholder kartdata for verneområder, kulturminner, innsjø, elver, dyrket mark, myrer, veier og bebyggelse
5. Kostnadsparametre legges inn ved hjelp av kostandseksperter i Norconsult.

6. Geometriske parametre og veitverrsnitt for H1 standard legges inn. Standardkrav er hentet fra Statens vegvesen håndbok N100 Tabell 3.3 – 3 (Statens vegvesen, 2022).
7. Korridorsøk (søk 1) utføres med funksjonen «Corridor identification» med 100 linjer.
8. Utvalgte linjer blir optimalisert gjennom funksjonen «seeded submission» for å finne den mest gunstige linjen.

Illustrasjonen fra Figur 14 viser en skjematisk oversikt over stegene som er beskrevet i kapittel 3.6.7 Prosedyre. Skjemaet gir oversiktlig bilde av input-prosessen i Quantm. Det ble gjort flere avgjørelser som kom i tillegg til disse stegene som er beskrevet i detalj tidligere i metode kapitlet.



Figur 14 - Skjematisk prosess av metodikk. Kilde: (Miro.com, 2023)

Prosess med Quantm

Under prosessen med å lære å bruke dataprogrammet Quantm ble det gjennomført flere korridorsøk og linjesøk. Etter testing og læring av programmet ble det jobbet sammen en endelig fil der vi hadde med elementer som var nødvendige for å få frem et realistisk resultat. Dette arbeidet ble gjennomført flere ganger med små endringer på verdier og GIS-lag for et bedre resultat. Vi har valgt å presentere det resultatet som vi mener var mest realistisk i forhold til parameterne som ble satt inn og vår vurdering av alle linjesøkene som ble gjennomført i Quantm. Disse resultatene blir presentert i kapittelet under.

4 Resultater

Gjennom dette kapitlet skal resultatene fra linjesøkene i Quantm presenteres. Søkene som er utført går ut på å finne den beste mulige linjen fra Fagerlund til E16 i Bjørgo. Alle resultatene er blitt funnet gjennom å optimalisere linjesøkene i Quantm, gitt at de følger H1 standard. For å velge den beste mulige linjen for videre optimalisering vil valgene bli tatt med hensyn på kostnad, lengde og CO2-utslipp. Kostnadsaspektet kombinert med lengde vil være det mest interessante å legge vekt på ved en sammenligning av nyttegraden til en ny veistrekning med dagens situasjon.

4.1 Linjesøk






Søkene som har blitt satt i gang har blitt satt til å søke fritt mellom Fagerlund og E16 ved Bjørgo. Det har blitt gitt restriksjoner der veistrekningen ikke har lov til å føres. Dette er eksempelvis verneområder og alpinbakken i Aurdal. Andre restriksjoner som er definert i kartdataen er dyrket mark, myr, veier, elver og bebyggelse. Disse områdene er satt som arealkostnader. Det betyr at linjene har lov til å passere, gitt at det medfører en ekstra kostnad pr/m².

Totalt har det blitt gjort 4 søk. Det ble henholdsvis utført linjesøk med 100, 25, 25 og 10 linjer. Disse søkene ble gjort med alle restriksjoner tatt i grunn med tanke på et så realistisk resultat som mulig. Alle de 4 søkene ble gjort med ulike simuleringer for å videre optimalisere den beste linjen fra hvert søk. De ulike søkene vil bli presentert tydeligere i kronologisk rekkefølge gjennom resten av kapitlet.

4.2 Farge på linje etter pris

Resultatene blir presentert i ulike fargekoder som skiller de ulike linjene med tanke på kostnader. De ulike fargekodene strekker seg fra mørkblå som er billigste og røde som er dyreste. Oversikt over fargekoder er presentert i Tabell 2. Det er viktig å påpeke at kostnadene som er gitt er byggekostnader uten påslag og andre felleskostnader. Ekstra kostnader som ikke er med i kostnadsberegningen i Quantm er for eksempel usikkerhetspåslag, prosjektering og grunnnerv.

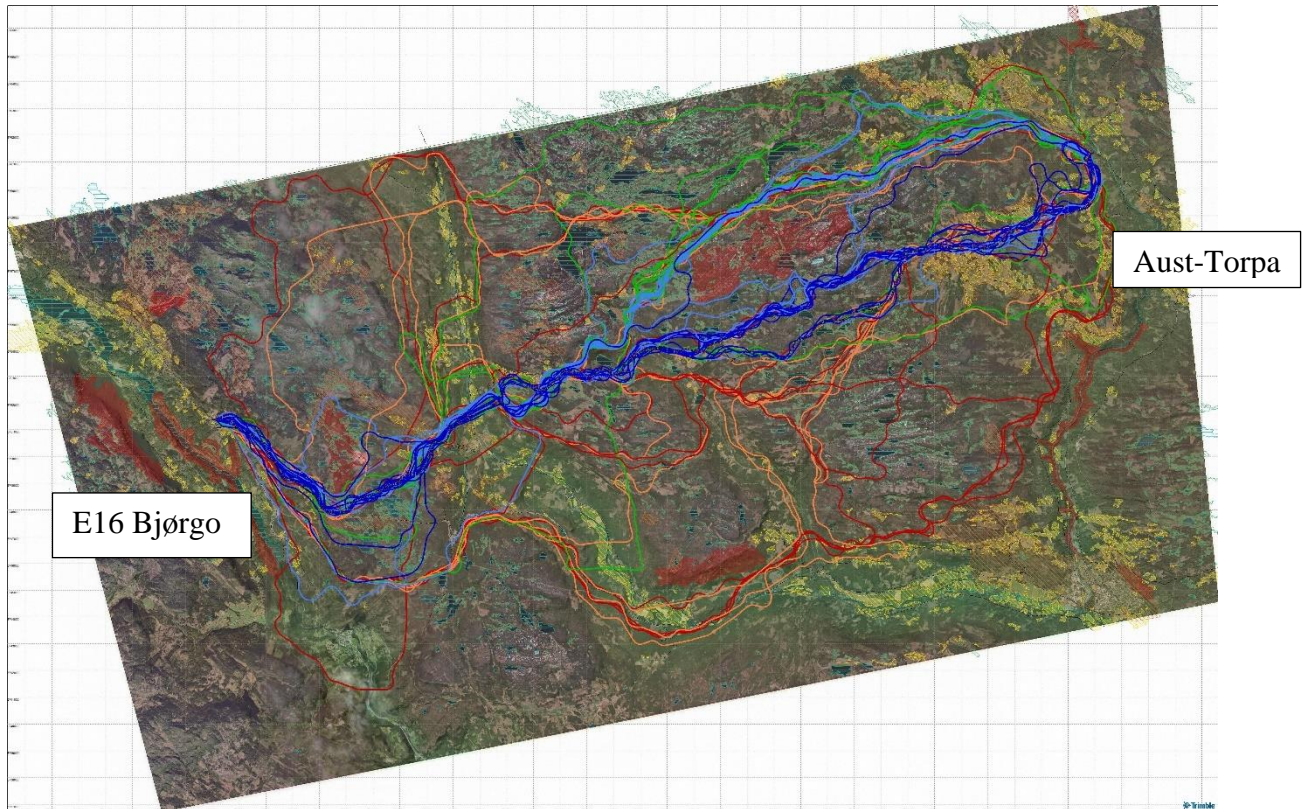
Tabell 2 - Oversikt over fargekoder som skiller linjene produsert i Quantm med tanke på kostnad

Farge	Beskrivelse
	Lavest kostnad
	Middels lav kostnad
	Middels kostnad
	Dyr kostnad
	Svært dyr kostnad

Kostnadene blir beregnet gjennom en rekke parametere som blir gitt gjennom menneskelig input til programmet før linjesøket settes i gang. Inputen som gis er basert på arealkostnader, generelle materialkostnader, veitverrsnitt, broer, tunneller, kulverter, støttemur, fyllinger, skjæringer og massetransport. Enhetene som blir brukt til de ulike kostnadene er kr/m² eller kr/m³. For å få et realistisk resultat er det essensielt at disse prisene er riktige når denne veistrekningen strekker seg over et så langt område.

4.3 Søk 1: Korridorsøk med 100 linjer

Figur 15 viser en oversikt over de 100 linjene etter simuleringen av Quantm. Selve simuleringen tok 3024 minutter grunnet et stort område med kartdata som skal prosesseres. En kan se en tydelig tetthet av de mørkblå linjene som definerer en tydelig korridor på hvor det vil være best å legge veistrekning med tanke på kostnad.



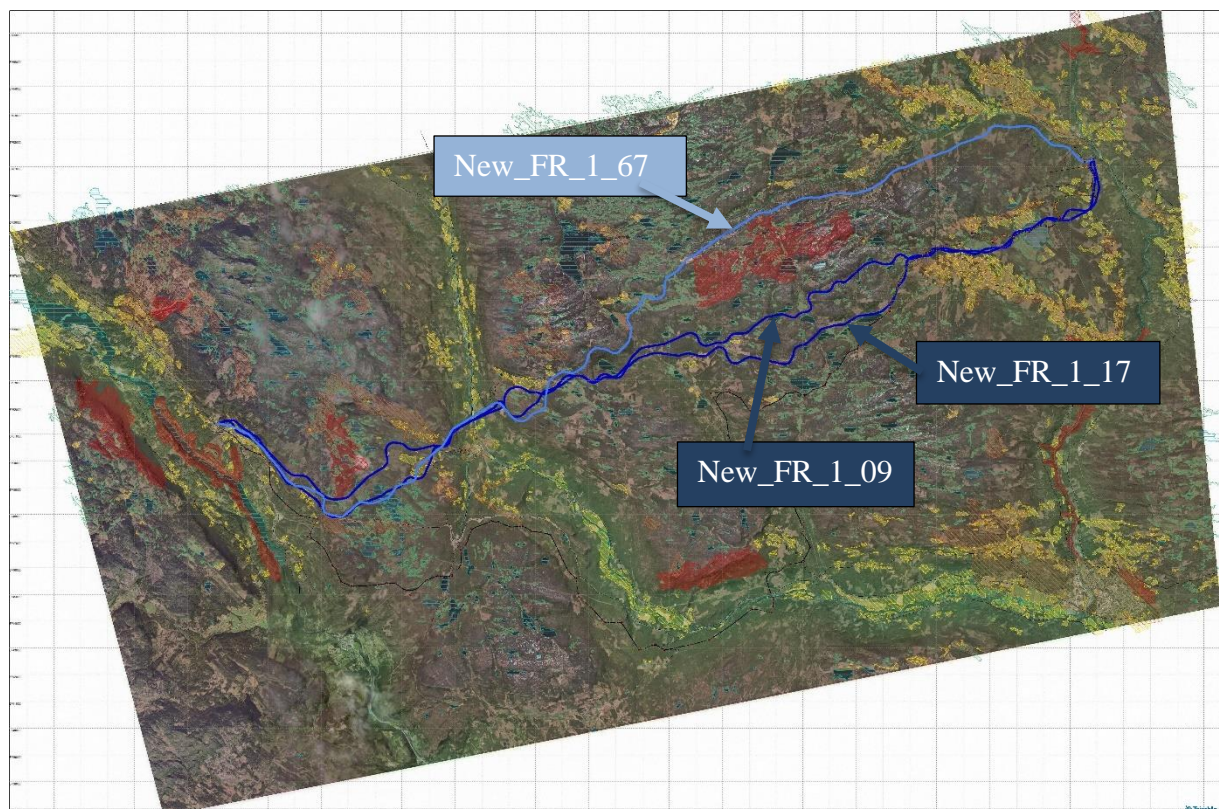
Figur 15- Utklipp fra Quantm av 100 linjer fra korridorsøk i Quantm (søk 1)

Figur 16 viser en oversikt over et utvalg av linjene fra første linjesøk med ulike fargekoder. I figuren er det tatt et utklipp av linjer med ulike fargekoder for å vise hvordan disse skiller seg fra hverandre med tanke på kostnad, lengde og CO₂-utslipp. Det er store forskjeller på linjene i de ulike fargene. Den dyreste linjen (New_FR_1_81) er tilnærmet 100% dyrere enn den billigste linjen fra korridorsøket.

Alignment name	Start Chai...	Finish Cha...	Length	kr	Color	CO2 (Construc...	CO2 (Traffic)
<input checked="" type="checkbox"/> E_New_FR_1_17	0	42732	42 732	4 500 000 000	Dark Blue	143 000 000	1 190
<input type="checkbox"/> New_FR_1_17	0	42732	42 732	4 500 000 000	Dark Blue	143 000 000	1 190
<input type="checkbox"/> New_FR_1_06	0	42850	42 850	5 300 000 000	Dark Blue	163 000 000	1 200
<input type="checkbox"/> New_FR_1_12	0	43812	43 812	5 390 000 000	Dark Blue	175 000 000	1 220
<input type="checkbox"/> New_FR_1_54	0	45609	45 609	6 590 000 000	Blue	236 000 000	1 260
<input type="checkbox"/> New_FR_1_45	0	42802	42 802	6 640 000 000	Blue	193 000 000	1 190
<input type="checkbox"/> New_FR_1_63	0	42531	42 531	6 760 000 000	Blue	251 000 000	1 180
<input type="checkbox"/> New_FR_1_24	0	45316	45 316	7 360 000 000	Blue	305 000 000	1 250
<input type="checkbox"/> New_FR_1_46	0	44309	44 309	7 400 000 000	Green	294 000 000	1 220
<input type="checkbox"/> New_FR_1_43	0	44718	44 718	7 430 000 000	Green	301 000 000	1 240
<input type="checkbox"/> New_FR_1_48	0	44788	44 788	8 490 000 000	Orange	317 000 000	1 240
<input type="checkbox"/> New_FR_1_53	0	46158	46 158	8 540 000 000	Orange	283 000 000	1 270
<input type="checkbox"/> New_FR_1_81	0	43362	43 362	8 550 000 000	Orange	319 000 000	1 200
<input type="checkbox"/> New_FR_1_100	0	42684	42 684	7 050 000 000	Red	263 000 000	1 170
<input type="checkbox"/> New_FR_1_98	0	47279	47 279	7 420 000 000	Red	247 000 000	1 310
<input type="checkbox"/> New_FR_1_97	0	44356	44 356	7 720 000 000	Red	226 000 000	1 230

Figur 16 - Utklipp fra Quantm av linjer med ulike fargekoder (søk 1)

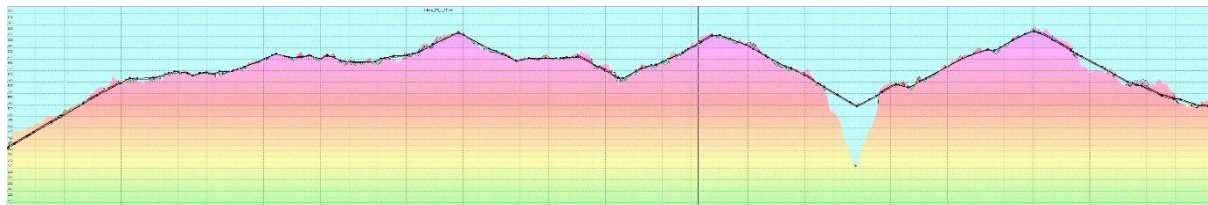
4.3.1 Valg av linje for videre optimalisering



Figur 17 - Utklipp av de tre beste linjene fra korridorsøket i Quantm (søk 1). Der New_FR_1_17 er billigst, New_FR_1_09 er kortest, New_FR_1_67 er mest miljøvennlig

4.3.2 Billigste linje

I Figur 17 ovenfor ser vi linje New_FR_1_17 markert mørkblå. Denne linjen er den billigste linjen ut fra første linjesøket i Quantm. Kostnaden på denne er 4,5 mrd. kr. Sammenlignet med noen av de dyreste linjene (rød) med omtrent lik lengde fra første linjesøk er den billigste linjen nesten 3 mrd. kr rimeligere. Figur 18 viser den billigste linjen sin høydeprofil gjennom traseen. Tabell 3 viser hovedresultatene til strekningen.



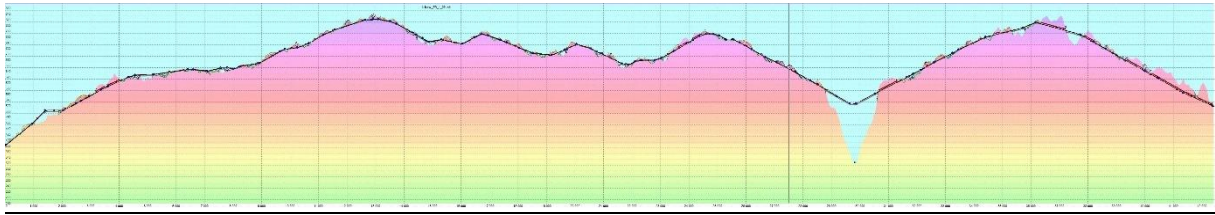
Figur 18 - Høydeprofil av billigste linje

Tabell 3 - Hovedresultater fra billigste linjen fra søk 1

Linje	Kostnad (kr)	Lengde (km)	CO2 – utslipp bygging/trafikk (tonn CO2)	Reisetid 80km/t
New_FR_1_17	4 500 000 000	42,7	143 000/1,19	32min

4.3.3 Korteste linje

I Figur 17 ovenfor ser vi linje New_FR_1_09 markert mørkblå. Denne linjen er den korteste linjen ut fra første linjesøket i Quantm. Kostnaden på denne er 5,58 mrd. kr. Sammenlignet med den billigste linjen (New_FR_1_17) er linjen kun 300 meter kortere. En kan se at høydeprofilen til den billigste og korteste er relativt like da de deler mye av samme trasé som vist i Figur 17. Figur 19 viser den korteste linjen sin høydeprofil gjennom traseen. Tabell 4 viser hovedresultatene til strekningen.



Figur 19 - Høydeprofil av korteste linje

Tabell 4 - Hovedresultater fra korteste linjen fra søk 1

Linje	Kostnad (kr)	Lengde (km)	CO2 – utslipp bygging/trafikk (tonn CO2)	Reisetid 80km/t
New_FR_1_09	5 580 000 000	42,4	175 000/1,19	31min og 48sek

4.3.4 Mest miljøvennlig

I Figur 17 ovenfor ser vi linje New_FR_1_67 markert lys blå. Denne linjen er den mest miljøvennlige linjen ut fra første linjesøket i Quantm. Kostnaden på denne er 6,86 mrd. kr. Utslipet fra bygging er 254 000 tonn CO2 som relativt høyere enn de andre to andre linjene presentert ovenfor. Derimot har den lavere utslipp fra trafikk, som vil gi positiv effekt sett i lenger perspektiv. Linjen har blitt definert som mest miljøvennlig grunnet lavest CO2-utslipp fra trafikk, og ikke fra CO2-utslipp ved bygging. Figur 20 viser den billigste linjen sin høydeprofil gjennom traseen. Tabell 5 viser hovedresultatene til strekningen.



Figur 20 - Høydeprofil av mest miljøvennlige linje

Tabell 5 - Hovedresultater fra mest miljøvennlige linjen fra søk 1

Linje	Kostnad (kr)	Lengde (km)	CO2 – utslipp bygging/trafikk (tonn CO2)	Reisetid 80km/t
New_FR_1_67	6 860 000 000	42,5	254 000/1,17	31min og 52sek

4.3.5 Sammenligning

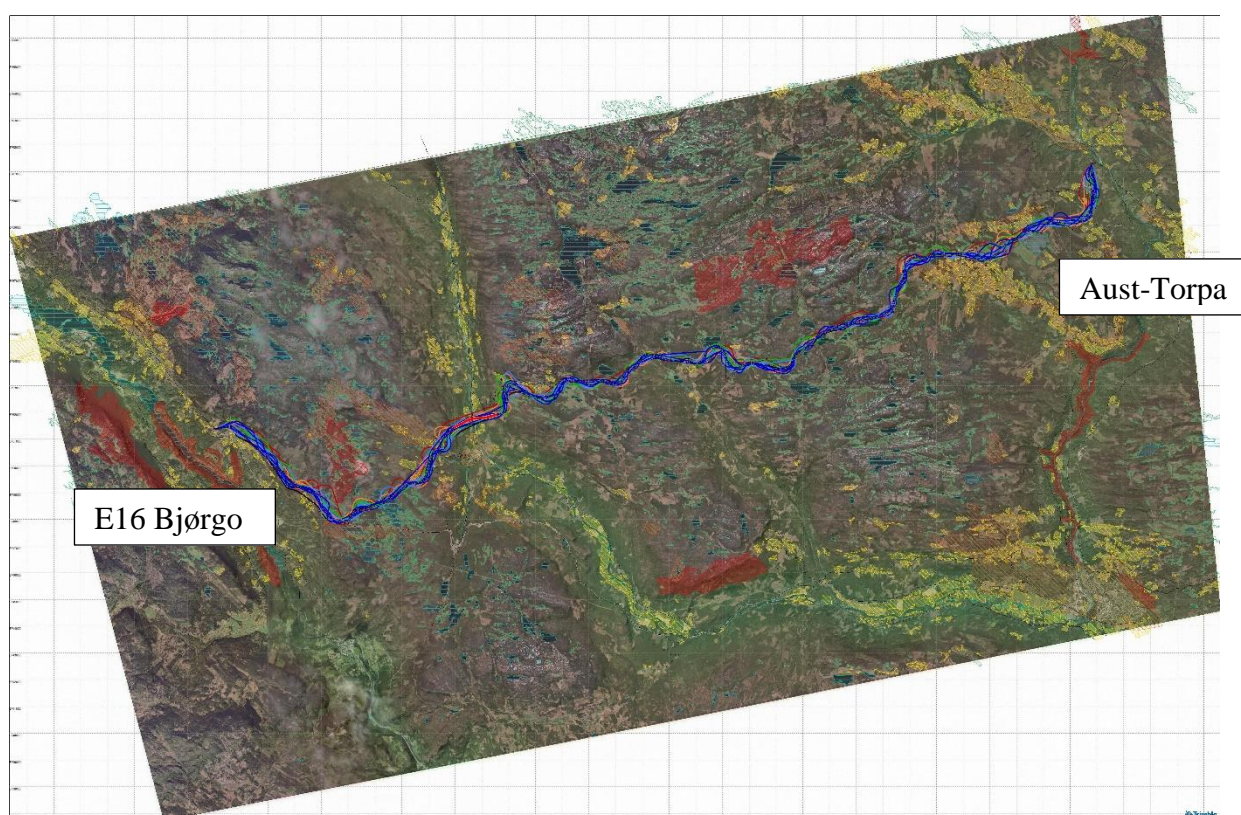
Når det gjelder valg av linje for videre optimalisering har vi valgt å legge vekt på faktorer som kostnad, lengde og CO2-utslipp. Tabell 6 viser at New_FR_1_17 gjør det godt med tanke på alle faktorene, samt at den er den mest kostnadsbesparende med god margin. Velger dermed å gå videre med den billigste linjen (New_FR_1_17) for videre optimalisering. Videre i oppgavene kalles denne linjen «*beste linje*». Tabell 6 viser en sammenligning av den billigste, raskeste og mest miljøvennlige linjene.

Tabell 6 - Hovedresultater av de tre beste linjene fra søk 1

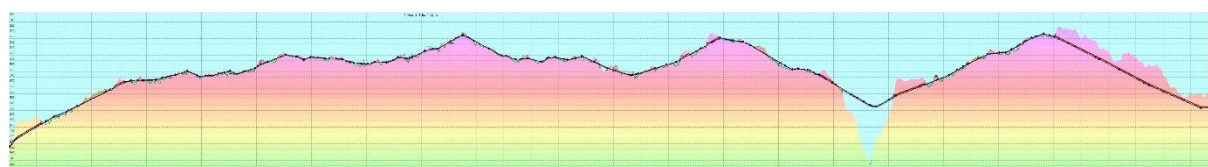
Linje	Kostnad (kr)	Lengde (km)	CO2 – utslipp bygging/trafikk (tonn CO2)	Reisetid 80km/t
Billigste (New_FR_1_17)	4 500 000 000	42,7	143 000/1,19	32min
Raskeste (New_FR_1_09)	5 580 000 000	42,4	175 000/1,19	31min og 48sek
Mest miljøvennlige (New_FR_1_67)	6 860 000 000	42,5	254 000/1,17	31min og 52sek

4.4 Søk 2: 25 linjer

Søk 2 ble gjennomført som «seeded submission, exploration». Her ser Quantm på nye linjer rundt linjeføringen til den beste linjen fra korridorsøket i søk 1. Søk 2 gir en linje med kostnad på 3,85 mrd. kr, noe som gir en kostnadsreduksjon på 650 000 000 kr fra søk 1. Lengden har derimot økt til 44,4 km. Mye av reduksjonen av kostnad er forbedring av massebalanse mellom fylling og skjæring, noe som også fører til en mindre kostnad av massetransport. Se Vedlegg 5 for mer detaljert tabell med kostnader. Tabell 7 viser hovedresultatene fra søk 2.



Figur 21 - Utklipp fra Quantm fra søk 2



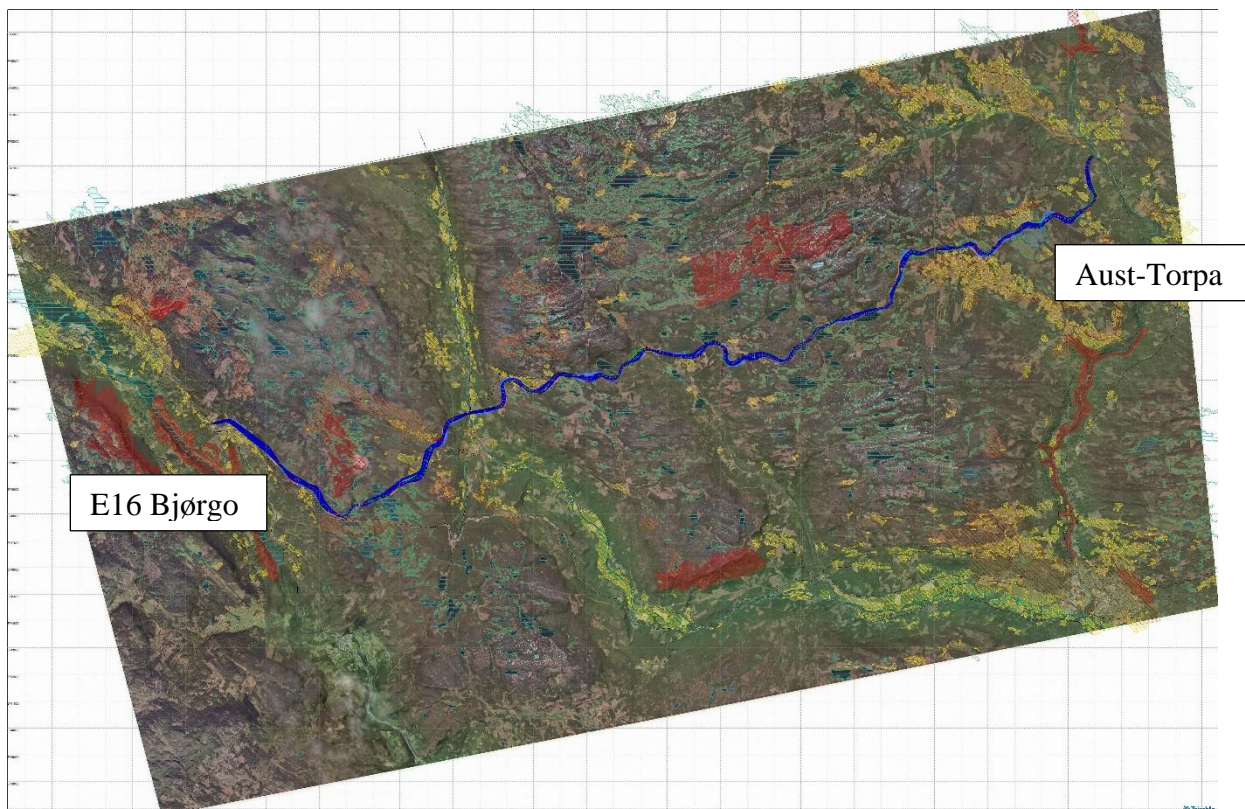
Figur 22 - Høydeprofil av beste linje fra søk 2

Tabell 7 - Hovedresultater fra søk 2

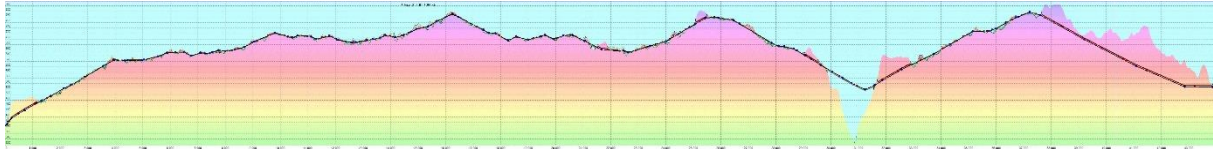
Linje	Kostnad (kr)	Lengde (km)	CO2 – utslipp bygging/trafikk (tonn CO2)	Reisetid 80km/t
Beste linje (seeded submission, exploration)	3 850 000 000	44,4	127 000/1,24	33 min og 20 sek

4.5 Søk 3: 25 linjer

Søk 3 ble gjennomført som «seeded submission, refinement». Denne funksjonen ser på en videre optimalisering av beste linjen fra søk 2. Her blir kostnaden redusert til 3,5 mrd. kr og lengden redusert til 43,9km. Man ser også at CO2-utslippet blir redusert til 113 000 tonn CO2. Se Vedlegg 5 for mer detaljert tabell med kostnader.



Figur 23 - Utklipp fra Quantm søk 3



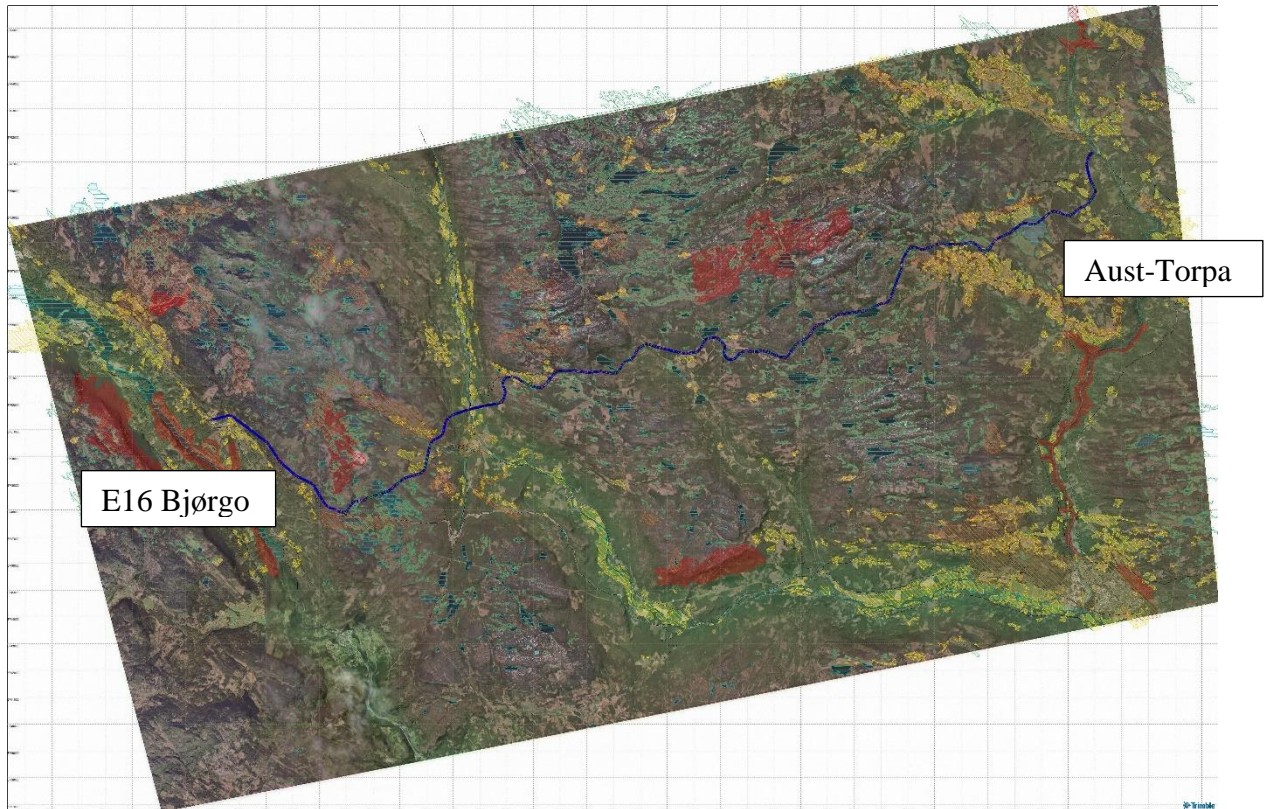
Figur 24 - Høydeprofil av betse linje fra søk 3

Tabell 8 - Hovedresultater fra søk 3

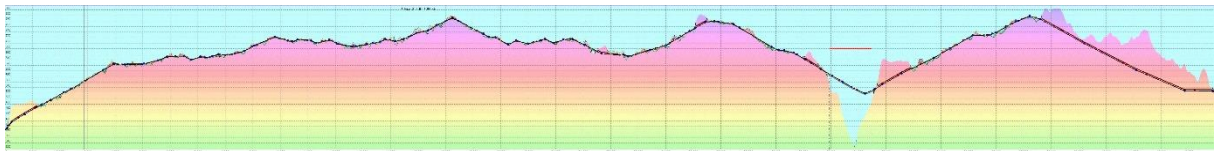
Linje	Kostnad (kr)	Lengde (km)	CO2 – utslipp bygging/trafikk (tonn CO2)	Reisetid 80km/t
Beste linje (seeded submission, refinement)	3 500 000 000	43,9	113 000/1,23	33 min

4.6 Søk 4: 10 linjer

Søk 4 ble gjennomført som «seeded submission, refinement, vertical only». Denne funksjonen ser på en videre optimalisering av beste linjen fra søk 3 i vertikalprofil. Hovedresultatene av beste linje fra søk 4 er helt like sammenlignet med linjen fra søk 3 som vist i Tabell 9.



Figur 25 - Utklipp fra Quantm søk 4



Figur 26 - Høydeprofil av beste linje fra søk 4, identisk med profil fra søk 3

Tabell 9 - Hovedresultater fra søk 4

Linje	Kostnad (kr)	Lengde (km)	CO2 – utslipp bygging/trafikk (tonn CO2)	Reisetid
Beste linje optimalisert	3 500 000 000	43,9	113 000/1,23	33 min

4.7 Sammenligning

4.7.1 Sammenligning av den beste linjen optimalisert mot dagens situasjon

Hovedresultatene fra den beste linjen optimalisert er samlet i Tabell 11. Tabellen viser de mest relevante resultatene med tanke på å sammenligne med den opprinnelige strekningen som går innom Dokka.

Tabell 10 - Sammenligning av hovedresultater fra den beste linjen optimalisert med dagens situasjon

Trasé	Kostnad (kr)	Lengde (km)	CO2 – utslipp bygging/trafikk (tonn CO2)	Reisetid 80km/t
Dagens situasjon	ukjent	59,0	ukjent	53 min
Beste linje optimalisert	3 500 000 000	43,9	113 000/1,23	33 min

5 Diskusjon og analyse

Gjennom linjesøk i Trimble Quantm blir det beregnet en best mulig trasé mellom to punkter. Programmet kan være med på å effektivisere tidligfasen i et prosjekt, noe som også vil føre til kostnadsreduksjoner. Gjennom dette kapittelet skal resultatene presentert i kapittel 4 bli diskutert.

5.1 Feilkilder og usikkerhetsmomenter

Ettersom programmet blir brukt av mennesker er menneskelig feil dermed et stort usikkerhetsmoment når det kommer til resultatene. Fremgangsmetoden brukt er beskrevet i kapittel 3 og ble fulgt deretter. Likevel kan det være andre funksjoner eller innsettingsmåter som vi ikke har lært å bruke på dette prosjektet som kan ha gitt avvik. Det virker som det er et stort potensial for å få gode linjemuligheter fra Quantm, men at algoritmen som beregner resultater har en del usikkerhetsmomenter i seg i forhold til innsatte verdiene og terrenget linjeføringen strekker seg. Dette er fordi Quantm er et dataprogram med algoritmebaserte utregninger som tar hensyn til input. Enkelt forklart betyr det at god input gir gode resultater.

Noe som kom frem som usikkerheter under bruken av programmet er løsningene for tunell- og brokonstruksjoner. Disse løsningene blir diskutert senere i kapittelet.

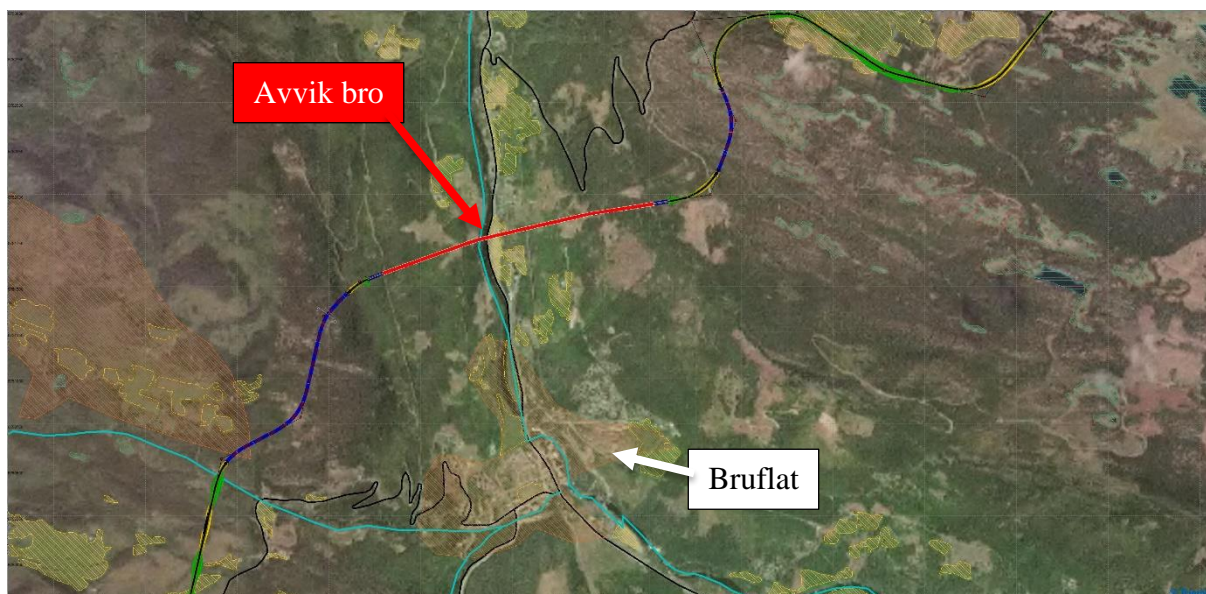
Programmet gir et godt prisoverslag på kostnaden for å bygge selve veien, men det er usikkerhetsmomenter rundt ekstra kostnader som ikke Quantm tar for seg. Dette gjør at det er vanskelig å si sikkert hva et totalt kostnadsoverslag blir dersom man skulle inkludert det som ikke Quantm kan beregne. Elementer som blir nevnt i resultatdelen er grunnverv, prosjektering og usikkerhetspåslag som ikke tatt med i kostnadsoverslaget. Planlegging av nye veier har mange prosesser som skal gjennomføres og det tar ofte mange år før arbeid kan begynne. Likevel gir resultatene våre en god indikator på hvilken prisklasse og hvilket omfang dette prosjektet er på.

I innledning av prosjektet ble avgrensninger til oppgaven beskrevet. Disse avgrensningene vil naturlig gi et stort usikkerhetsmoment og det kan hende at resultatene ville sett annerledes ut

dersom de hadde blitt tatt med i prosjektet. Reguleringsplaner, geologi og andre avgrensningene vil ved realisering av prosjektet bli sett nærmere på. Her kan det være områder eller interesser som gjør at veien ikke for lov til å ligge der den gjør fra våre resultater.

5.2 Avvik

Fra resultatene gitt av dataprogrammet Quantm oppstod det avvik fra de innsatte parametrene som ble lagt inn i forkant av simuleringen. Broen som går over Bruflat, belyst i rødt på Figur 27 viser hvor avviket forekommer. Som globale parametre ble det på forhånd definert en maksimal brohøyde på 50 meter, men resultatet ga bro med 150 meters høyde. Det er tydelig at dette er et avvik som gir urealistisk resultat, og langt høyere enn den maksimale høyden som er definert. I forhold til realisering av denne veilinjen ser vi på dette som urealistisk. Terrengtet i området har store høydeforskjeller på grunn av Etnedalen. Årsaken for dette avviket kan forekomme av ulike årsaker. En av grunnene kan komme av menneskelig feil. Altså at det er blitt gjort feil under innsetting av verdier og parametre som Quantm skal følge. En annen årsak kan være at programmet ikke klarer å tilfredsstille gitt maksimal høyde på bro. Strenge standardkrav for vei med H1 standard kombinert med store høydeforskjeller i terrenget, gjør det vanskelig for programmet å finne en god løsning på situasjon som fører til avvik.



Figur 27 - Illustrasjon av for høy bro over Bruflat. Streknigen markert med rødt viser området broen bryter definert maks. høyde. Kilde: Quantm

5.3 Etske utfordringer

Denne oppgaven har hatt en del etske utfordringer i forhold til hva slags hensyn som er blitt gjort under prosjektering av linjesøkene i Quantm. Utfordringene går mye på prioriteringene om hva slags data som Quantm skal ta hensyn til. Med tanke på at dette er en mulighetsstudie for en helt ny linjetrase, var det ønskelig å se på så mange mulige alternativer som mulig. Derfor er det få ting som lager restriksjoner på hvor linjene kan gå. Absolutte restriksjonene som ble lagt inn var naturvernområder som er fredet. Disse ble lagt inn grunnet at lovverket beskytter disse områdene fra å bli brukt til andre formål. I tillegg er slike verneområder viktige for å bevare natur og dyremangfoldet i Norge. De andre områdene har blitt definert som arealkostnader som gjør at konsekvensene for å krysse disse områdene blir en ekstra kostnad, derimot er det ikke forbudt for programmet å legge linjer der.

Dette vekker en del etske utfordringer med tanke på at det er mange organisasjoner og interessenter som ikke ville likt denne planleggingsmetoden. Det har ikke vært fokus på individer og kultur, men på samfunnseffekten av en ny linjetrase. Hovedelementene da har vært å se på kostnad, distanse, tidsreduksjon og utslipp av klimagasser. Resultatene fra disse verdiene er grunnlaget for om dette prosjektet er verdt å gå videre med. Vi anerkjenner at

under videre utvikling og prosjektering vil det være potensiale for flere etiske dilemmaer når mer detaljering og informasjon som kommer frem.

5.4 Diskusjon rundt optimalisering fra linjesøket

Ut fra linjesøkene gjort i Quantm ønskes det å finne den best mulige linjen fra Fagerlund til E16 i Bjørgo. Fremstillingen av linjesøket fra Figur 15 viser frem to tydelige veikorridorer ut fra de 100 linjene. De to korridorene strekker seg på hver sin side av naturvernområdet ovenfor Vest-Torpa. Rett før Etnedalen ser man at linjene samler seg og strekker seg videre mot sluttpunktet ved E16 i Bjørgo. Den billigste linjen (New_FR_1_17) er også konkurransedyktig på lengde og CO2-utslipp, noe som var bakgrunnen for at vi valgte å optimalisere denne videre.

At vi fikk en så tydelig vinner fra førstesøket tyder på at det burde blitt satt i gang søk mer enn 100 linjer. Et søk med flere linjer ville gjort at den billigste linjen kunne fått flere kandidater. Det ble valgt å ikke gjennomføre søk med flere enn 100 linjer siden det allerede tok 3024 minutter å få frem disse. Søkene ble utført på egne datamaskiner, ved bruk av kraftigere datamaskiner ville det vært et godt alternativ for søk etter flere linjer.

I det andre søket ble gjennomført gjennom en funksjon kalt «seeded submission: exploration». Gjennom dette søket tok Quantm utgangspunkt i vår beste linje fra søk 1 og søkte videre i området rundt denne. Resultatet fra dette søket ga en betydelig reduksjon av pris, men noe lenger distanse.

Søk 3 ble gjennomført gjennom en funksjon kalt «seeded submission: refinement». Gjennom dette søket tok Quantm utgangspunkt i vår beste linje fra søk 2 og videre optimalisering av denne linjen. Hovedresultatene fra Tabell 9 kan man se at kostnad, lengde og CO2-utslipp reduseres.

Det siste søket ble gjennomført gjennom en funksjon i Quantm kalt «seeded submission: vertical only». Gjennom dette søket tok Quantm hensyn til linjeføringen til beste linjen fra søk 3, og justerer denne i vertikalprofil. Programmet ser på muligheter som for eksempel bedre massebalanse. Byggekostnadene for massetransport til prosjektet kan reduseres

betraktelig om massebalansen til linjeføringen er gunstig. Figur 28 viser et godt eksempel på hvordan Quantm løser linjeføringen ut fra massebalanse mellom fylling og skjæring.

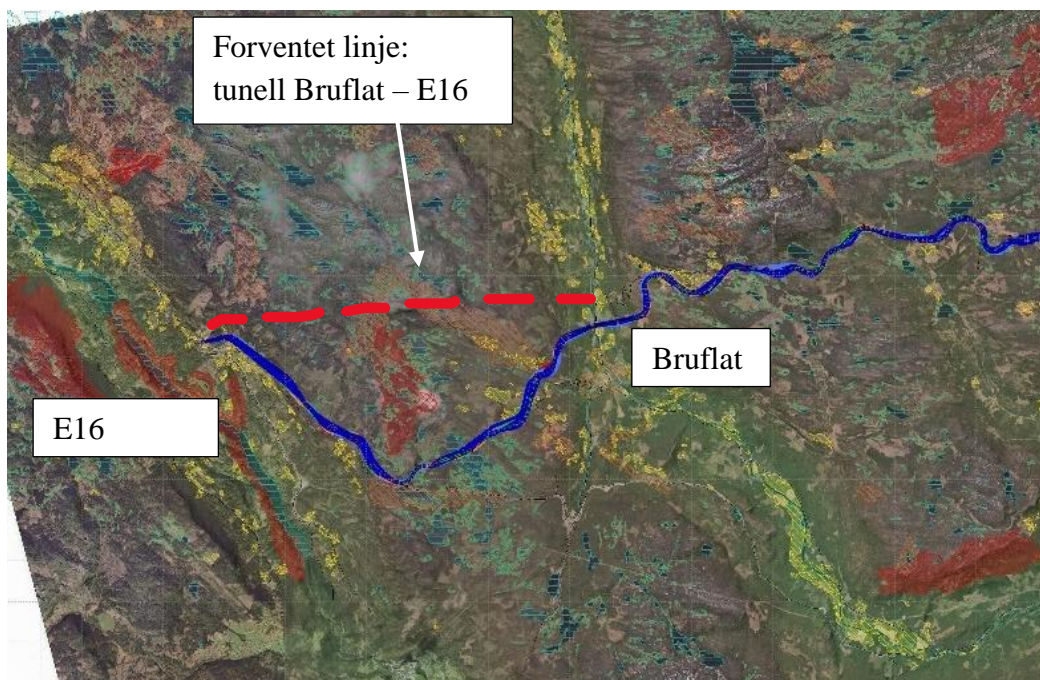


Figur 28 - Høydeprofil som viser massebalanse i området fra 0 - 30km

Gjennom siste søket hadde vi håpet på at bro-problemet i det krevende terrenget ved Bruflat skulle løses. Noe det ikke gjorde. Her får man en «warning» i programmet, som varsler om at bro definert med maksimal høyde på 50 meter har blitt brutt. Som beskrevet i delkapittel 5.2 kan dette ha oppstått gjennom menneskelig feil eller maskinskapt feil ved iterasjoner i Quantm ikke klarer å løse dataene som blir behandlet for området. Det ble gjort forsøk på å fikse dette problemet med veiledningsmøter, men det ble ikke klart å få rettet dette problemet.

5.4.1 Diskusjon rundt strekningen fra Bruflat - E16 Bjørge

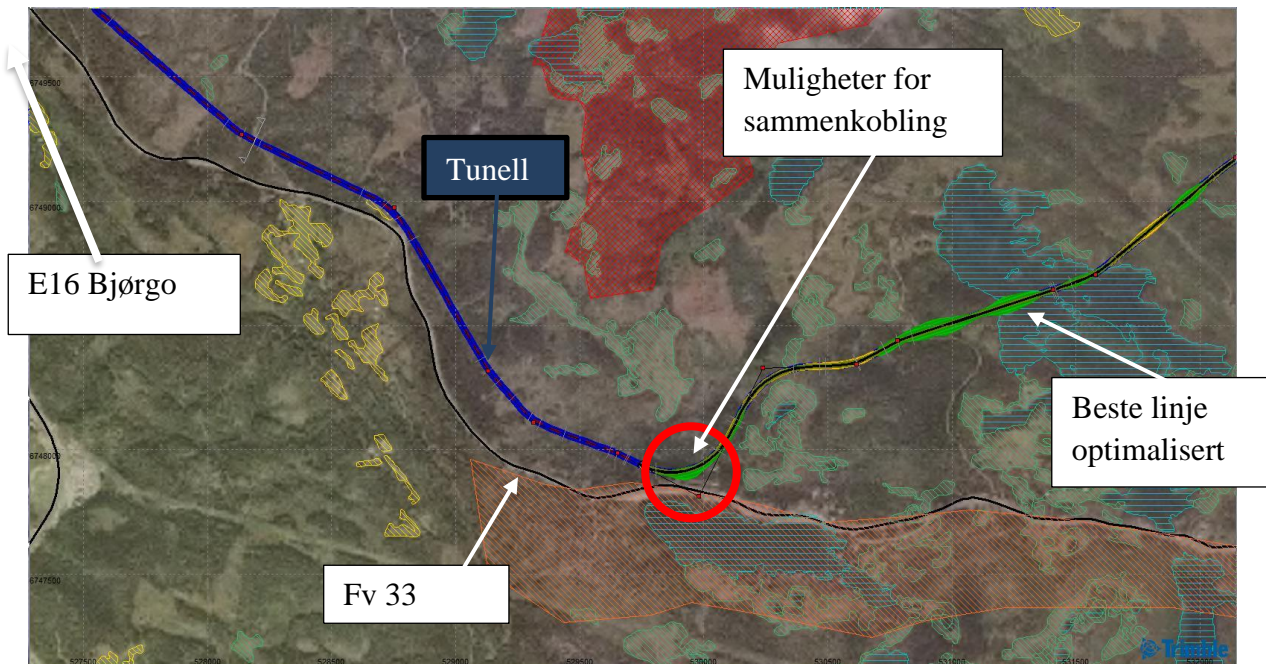
Linjeføringen gjennom fjellområdet mellom Etnedalen og Aurdal ble ikke som vi hadde forventet i forkant av søket. Linjen legger seg ved Tonsåsen og strekker seg parallelt med fylkesvei 33 ned mot krysset til E16 i Bjørge. På forhånd av søket trodde vi at linjen ville legge seg som en tunell gjennom fjellet med tanke på kortest mulig distanse. Figur 29 viser en illustrasjon av den beste linjen fra Quantm sammenlignet med forventede trasé i tunell fra Etnedalen til E16.



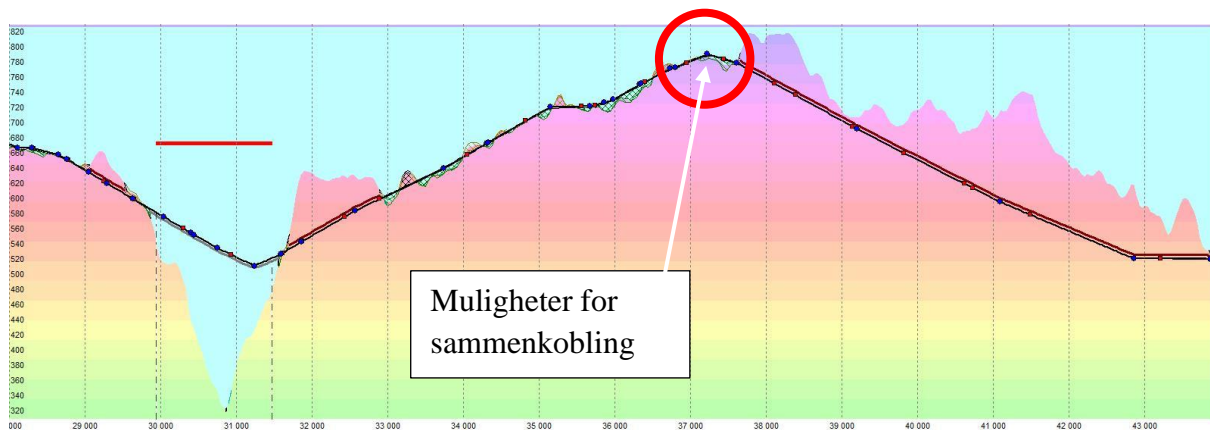
Figur 29 - Illustrasjon som viser den beste linjen optimalisert (blå) sammenlignet med forventet linjeføring med tunell fra Etnedalen - E16 (rød stiplet). Kilde: Quantm

Quantm tar hensyn til kostnad gjennom linjesøkene, derfor konkluderte vi tidlig med at økonomi og kostnad var grunnen til at linjen legger seg på sørsiden av fjellet som vist på Figur 29. Å bygge tunell er svært kostbart. En overraskelse var hvordan den optimaliserte linjen strekker seg som tunell de siste 6,2 kilometerne av strekningen. Her har da linjen valgt å legge seg rundt fjellet, og deretter som tunell de siste kilometerne ned til E16. Hvorfor linjen ikke velger å strekke seg i tunell rett gjennom fjellet som vist med rød stiplet linje på Figur 29 er vanskelig å gi et konkret svar på. Figur 31 viser en god illustrasjon av høydeprofil fra der tunnelen starter og slutter.

Det vil være muligheter for å spare kostnadene betraktelig ved å sammenkoble linjeføringen produsert i Quantm med allerede eksisterende fylkesvei 33 i området markert med rød sirkel på Figur 30. Fylkesvei 33 over Tonsåsen ble ferdigstilt høsten 2020 og opprettholder samme veistandard (H1 standard) som linjeføringen fra mulighetsstudie. En løsning på dette kan være å avslutte veien med en sammenkobling med fylkesvei 33 som vil kutte tunellkostnader på 1,25 mrd. kr. Dette vil redusere byggekostnadene på den optimaliserte linjen i Quantm fra 3,5 mrd. kr til 2,25 mrd. kr. Løsningen med å kombinere disse to veiene vil gi positive økonomiske og miljømessige konsekvenser uten å påvirke reisetiden betraktelig.



Figur 30 - Illustrasjon som viser sammenkoblingsmuligheter med Fv 33 og annet sluttunkt for strekningen. Kilde: Quantm



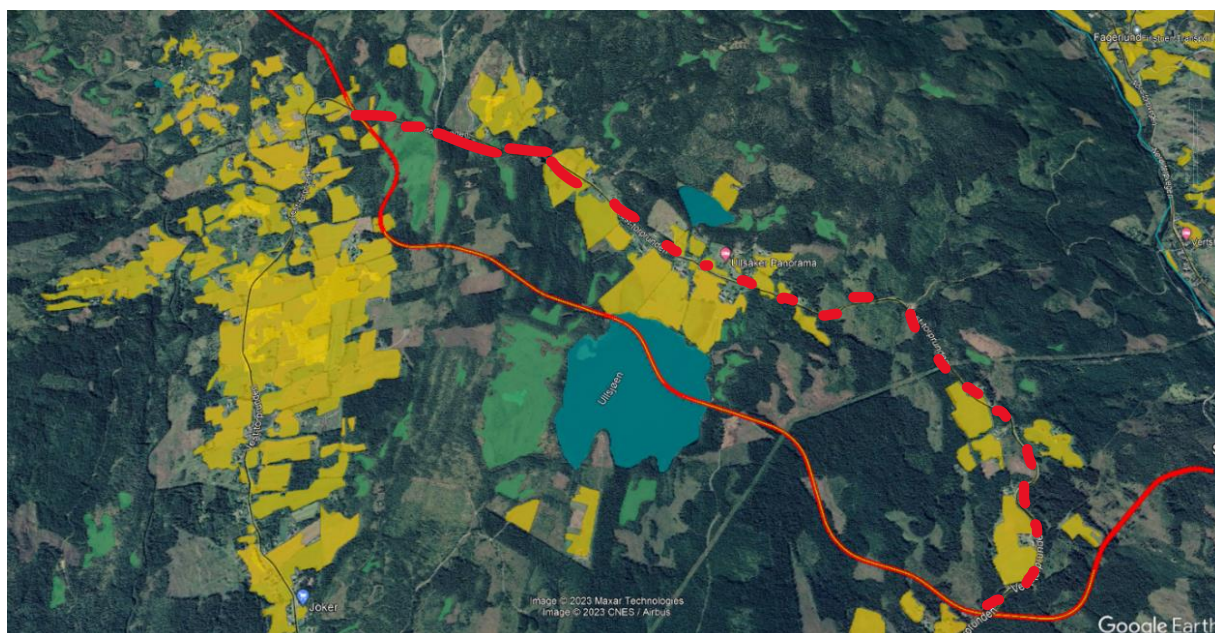
Figur 31 - Høydeprofil av optimalisert linje som illustrerer sammenkoblingsmuligheter med Fv 33 før tunell

Det å kunne bruke muligheter for påkobling til lokale veier vil kunne gi store kostnadsbesparelser. Det ville også være en bærekraftig løsning med tanke på gjenbruk av allerede eksisterende vei. Både traktorveier og mindre lokale veier kan være aktuelle å bruke så lenge de blir utbedret til riktig veistandard. Å bestemme om det vil lønne seg med påkobling av eksisterende veier er noe Quantm ikke klarer å beregne gjennom sin prosess. Dette vil heller være noe en kan se på videre gjennom tradisjonell prosjektering. Utbygging av nye veier kan få kritikk for inngrep i naturen på grunn av bruer, tunneler og fyllinger.

Resultatene fra Quantm ga oss ikke noe resultat på dette punktet. For å bygge bærekraftig og ha et lavt inngrep i natur vil det være naturlig at store konstruksjoner må bli prosjektert på en tradisjonell metode.

5.4.2 Konsekvens med at linje tenker kostnad fremfor bedre reelle alternativer

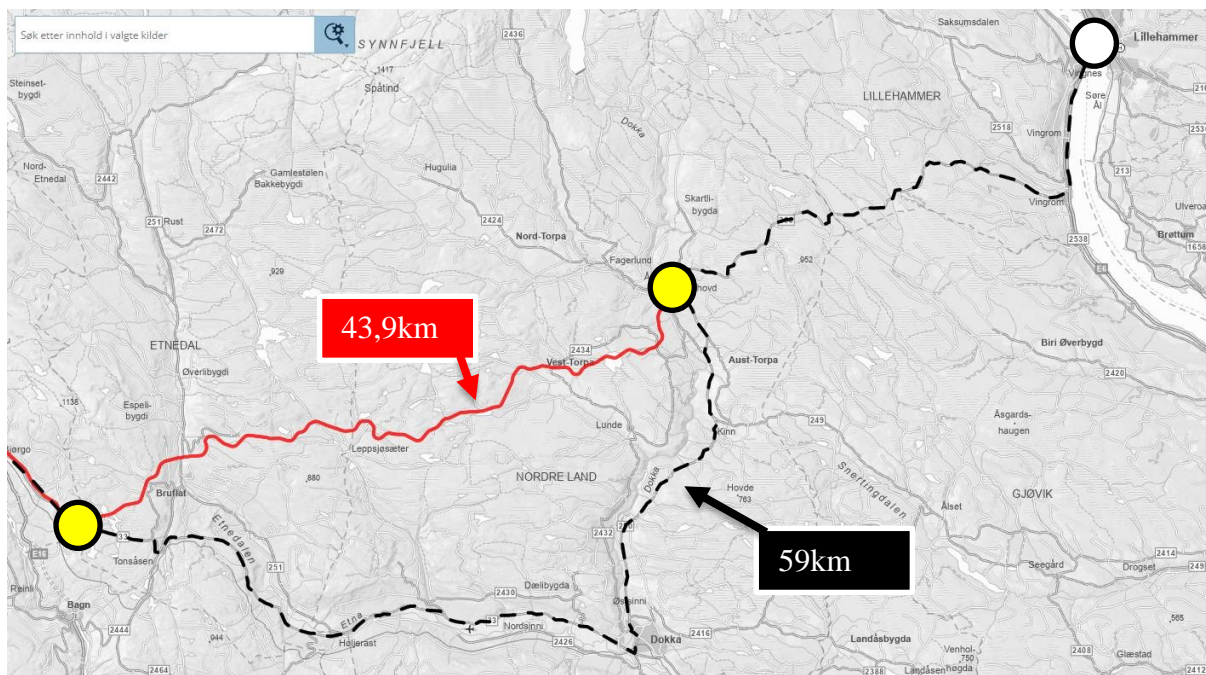
Etter gjennomgang av linjen i Google Earth Pro la vi merke til ved Vest–Torpa at linjeføringen fra Quantm velger å legge seg over Ullsjøen, i motsetning til landområdene rundt. Fra Figur 32 ser man at linjen har lagt seg som bro over vannet. I området er det mye dyrket mark og noe myr. Dyrket mark er høyt prioritert som en arealkostnad, noe som kan være grunnen til linjeføringen.



Figur 32 - Optimalisert linje legger seg over Ullsjøen fremfor mer reelle alternativer. Kilde: Google Earth Pro.

Løsningen ovenfor gir enda en indikator på at Quantm skal brukes som et verktøy og ikke endelig løsning. Her vil det være nødvendig å gå inn å planlegge med tradisjonell metode. Det vil være mulighet for en påkobling på Vest-Torprunden (rød stiple linje). Denne veien har dårlig standard, noe som krever utbedring til H1 standard om dette skulle være aktuelt. Påkobling av allerede eksisterende vei vil være økonomisk og miljømessig gunstig.

5.4.3 Sammenligning av dagens situasjon med resultater fra Quantm



Figur 33 - Kartutsnitt som viser distansereduksjon med ny linje sammenlignet med dagens situasjon. Kilde: Kystverket.no

Linjen optimalisert gjennom Quantm reduserer lengden på strekningen med omtrent 15km sammenlignet med dagens situasjon. Dette vil gi en tidsreduksjon på 20min med hastighet på 80km/t. Figur 33 ovenfor viser den optimaliserte linjeføringen sammenlignet med eksisterende vei.

Sammenkoblingen med fylkesvei 33 ved Tonsåsen gjør at kostnaden på veien faller betraktelig. Det vil være mest fordelaktig å flytte sluttpunktet hit, som fører til en besparelse på 1,25 milliarder kroner. Byggekostnadene på veien ender dermed på 2,25 milliarder kroner mot tidligere 3,5 milliarder kroner. Nytt endepunkt vil også redusere CO2-utslippet ved å se bort fra tunnelen og gjenbruk av den allerede eksisterende veien. Tabell 11 under viser hovedresultatene for linjen i ulike scenarier sammenlignet med dagens situasjon.

Den urealistiske høye brua på Bruflat kan også tas i betraktning om man ønsker å se bort fra denne. Brokostnadene er estimert til å 344 millioner kr. Se Vedlegg 5 for mer detaljert oversikt over kostnad på bro langs strekningen. Med tradisjonell prosjektering, vil nok linjeføringen bli lagt med serpentinsvinger langs fjellsiden ned til Bruflat. Her vil det også være viktig å ta hensyn til bebyggelse i Bruflatområdet. Kostnadsekspert i Norconsult estimerte en kostnad på 100 millioner for en vanlig vei gjennom dette området. Det vil gi en

besparelse på 244 millioner kr. Konsekvensene vil bli økt distanse og reisetid, men må bli gjort da broløsningen fra Quantm ikke er realistisk å gjennomføre.

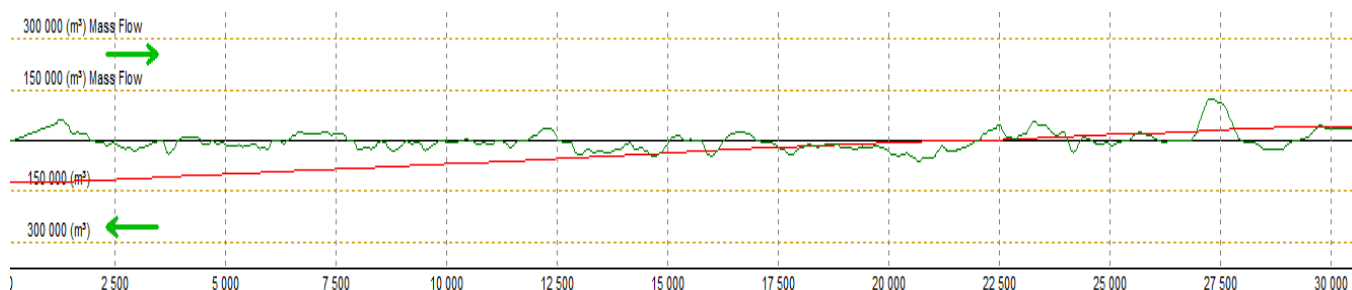
Tabell 11 - Oversikt over hovedresultater av den beste linjen optimalisert i ulike scenarioer sammenlignet med dagens situasjon

Trasé	Kostnad (kr)	Lengde (km)	CO2 – utslipp bygging/trafikk (tonn CO2)	Reisetid 80km/t
Dagens situasjon	ukjent	59,0	ukjent	53 min
Beste linje optimalisert	3 500 000 000	43,9	113 000/1,23	33 min
Uten tunell, sammenkobling Fv33	2 250 000 000	43,9	84 300/1,23	33 min
Uten tunell og bru, sammenkobling Fv33	2 006 000 000	45 estimert	76 650/1,23	36 min estimert

5.4.4 Massebalanse på optimalisert veilinje

Dialog med veiledere og interessenter til denne oppgaven var interessert i hvordan massebalanse kunne bli håndtert. Det ble derfor tatt med for å vise hvordan Quantm beregnet dette. Massebalanse er en viktig del gjennom planlegging og bygging av vei. Det er viktig at man alltid har riktig og tilstrekkelig med masser gjennom hele anleggsprosessen for å unngå forsinkelser. Resultatene fra Figur 34 viser tydelig at Quantm har gjort mange beregninger for å finne ut hvordan masser kan bli brukt både effektivt og bærekraftig. Bruk av lokale masser er med på å skape klimagassreduksjon ved å benytte lokalt sprengt fjell, istedenfor å importere og deponere steinmasser. Dette gjør at veien kan bli bygd mer klimavennlig og med mindre kostnader ved massetransport. Det er også viktig at man ikke sprenger for mye fjell og ender med overskudd av masser. Massene må igjen transporteres og deponeres, noe som er

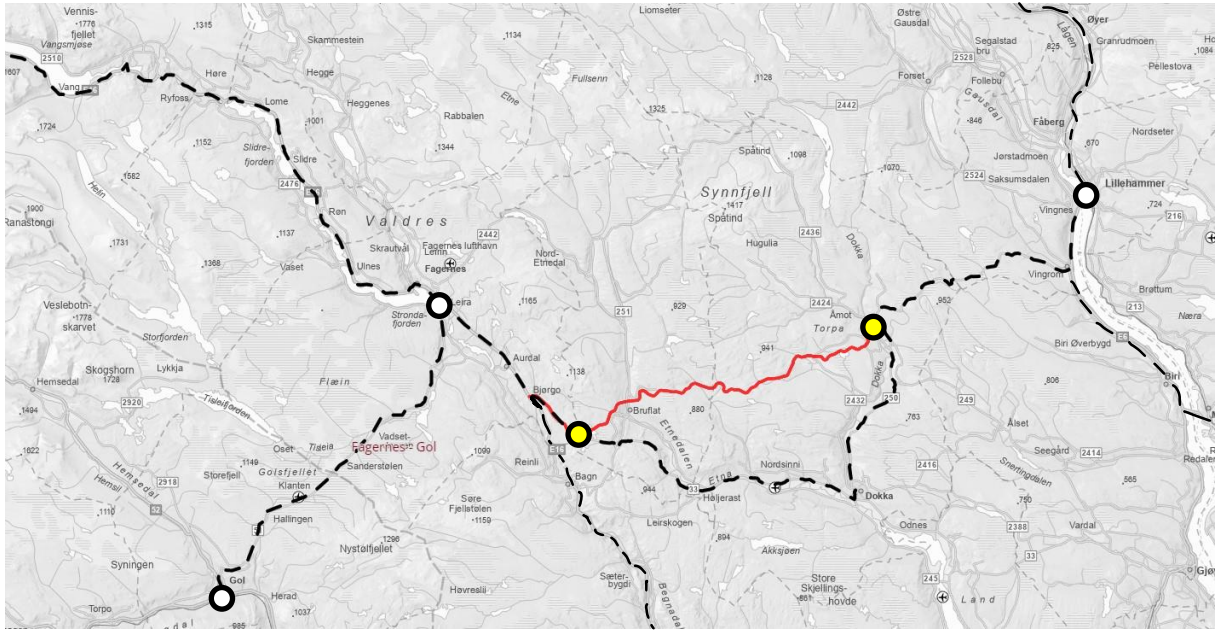
lite bærekraftig. Den grønne linjen på Figur 34 viser overskudd over den svarte linjen og underskudd under den svarte linjen.



Figur 34 - Visualisering av masseforflytninger på veilinjene hentet fra Quantm

5.5 Samfunnseffekt av optimalisert veilinj

Utbygging av en ny vei med kortere reisetid vil kunne ha store positive samfunnseffekter. Forkortet reisetid vil ha stor påvirkning på transportsektoren i Innlandet. Fra resultatene vil Valdres regionen bli knyttet bedre til resten av Innlandet. I et langstrakt fylke som Innlandet vil det bli åpning for å bedre økonomiske, sosiale og miljømessige forbindelser mellom byområder som er med å bidra positivt mot FNs bærekraftsmål 11. Reduksjon i reisetid vil kunne gi større muligheter for reiselivet mellom Beitostølen, Hallingdal og Gudbrandsdalen. Den nye veilinj vil også gi stor gevinst for jobbpendlere grunnet kortere reisetid. En vei med H1 standard vil kunne føre til færre ulykker langs strekningen og bidra mot nullvisjonsmålet om null drepte i trafikken innen 2050.



Figur 35 - Illustrasjon av hvordan ny veistrekning mellom Fagerlund og E16 i Bjørge kan knytte sammen Innlandet. Kilde: Kystverket.no

Sett i et større nasjonalt perspektiv er det behov for en bedre forbindelse mellom Østlandet og Vestlandet, og det har vært etterspørsel etter en bedre forbindelse i lang tid. Krevende terreng og natur gjør det dyrt å utbedre veinettet i Norge. Om man ser på strekningen mellom byene Bergen og Trondheim, er dette en strekning som er preget av mye tungtransport. Etterspørselen etter et bedre veinett på denne strekningen er stor fra transportsektoren. Ulempen med strekningen mellom de to storbyene er høye kostnader for utbygging, og lite alternativer for omkjøringer.

Transport er en essensiell del av det samfunnet vi lever i dag og kommer til å være fremover. Derfor er problemstillingen rundt bygging av nye veier like relevant i dag som i årene fremover. Økningen av biler på veiene øker med befolkningsveksten noe som gjør at utbygging og utbedring av veier er nødvendig. I lys av FNs bærekraftsmål som ble nevnt i innledningen har resultatene påvirkning i forhold til bidraget til bærekraftsmålene.

Resultatene har en stor påvirkningsgrad til å lage pålitelig og solid infrastruktur av høy kvalitet. Dette samsvarer med bærekraftsmål 9.1, der påvirkningsgraden er stor regionalt og middels stor på nasjonalt plannivå. En ny veistrekning som blir redusert med 20 minutter kan støtte de sosiale og økonomiske aspektene mellom byområder i Innlandet i stor grad.

Likeverdig tilgang vil styrkes grunnet en nedkorting av veistrekningen. Det er vanskelig å bedømme i hvilken grad resultatene påvirker FNs bærekraftsmål på internasjonalt nivå.

Likevel så er det en påvirkningsgrad gjennom at Norge kan senke deler av sitt klimagassutslipp. Så denne løsningen vil være et reallt bidrag til å nå bærekraftsmålene som er blitt diskutert.

5.6 Evaluering av Quantm som prosjektverktøy

Som et verktøy for tidligfaseprosjektering og mulighetsstudie viser det seg at Quantm kan gi raske og effektive estimater på nye veistrekningen. Likevel må det gjøres egne betraktninger og tradisjonell planleggingsmetode for deler av strekningen som beskrevet tidligere. Strekningen som strekker seg over fjellet fra Vest-Torpa til Bruflat har gitt en god linjeføring med bra massebalanse. Løsningene for bro ved Bruflat og Ullsjøen har vært urealistiske og krever tradisjonell planleggingsmetode. Programmet tar seg av mye av det tidskrevende arbeidet, som gjør at man ved mulighetsanalyser som denne oppgaven kan trekke beslutninger om videre arbeid skal fortsettes eller forkastes. Siden verktøyet kan gi raske resultater og estimater, vil det også bli rimeligere å utføre mulighetsanalyser for initiativtagere. For å kunne skape et bærekraftig samfunn kan bruk av digitale verktøy som Quantm være et stort gjennombrudd for effektivisering av tidligfaseprosjektering av vei. Denne effektiviseringen vil også kunne hjelpe med å senke utslippet av klimagass i planleggingsfasen gjennom å finne gode veistrekninger tidlig.

6 Konklusjon

Oppgavens formål var å undersøke om det er mulighet for en ny veilinje mellom Fagerlund og E16 i Bjørgo som reduserer reisetiden mellom Lillehammer og Fagernes.

Programmet Trimble Quantm ble brukt som verktøy for oppgaven. Det ble gjort et korridorsøk med 100 linjer, der den beste linjen har blitt optimalisert for et best mulig resultat. Den optimaliserte linjen har fått avvik på brua gjennom Bruflat som en konsekvens av menneskelig feil eller maskinskapt feil. Linjen optimalisert gjennom Quantm reduserer lengden på strekningen med omtrent 15km sammenlignet med dagens situasjon. Dette vil gi en tidsreduksjon på 20 min med hastighet på 80 km/t som vil gi store samfunnsmessige fordeler. En mulighetsstudie ved bruk av Quantm har vært nyttig for å raskt kunne kartlegge estimer og linjeføring for en ny veistrekning. Derimot er det viktig å vite at Quantm skal brukes som et verktøy, og ikke endelig løsning.

Det er rimelig å konkludere med at formålet med mulighetsstudie har blitt nådd og at resultatet har gitt en samfunnsnyttig strekning for redusert reisetid mellom Lillehammer og Fagernes. Problemstillingen til denne oppgaven er delvis nådd. Studie med Quantm gir gode samfunnsnyttige løsninger, men avvik og usikkerhetsmomenter gjør noen av løsningene mindre realistiske.

6.1 Fortsettelse av arbeid

Basert på løsningene fra delkapittel 5.2 og 5.4, vil det være naturlig å gå inn å så nærmere på disse områdene med tradisjonell planleggingsmetode. Senere planlegging vil måtte følge planleggingssystemet i Norge, spesielt plan- og bygningsloven som sikrer god involvering av alle grupper i samfunnet (Plan- og bygningsloven, 2008). Det vil også være viktig å ta med avgrensningene fra delkapittel 1.5 som ikke ble sett på i denne oppgaven. Et fullstendig kostnadsoverslag burde gjøres som inneholder totale kostnader. Kostnadsoverslaget burde da inneholde grunnverv, utredningsarbeid, prosjektering, påslag, usikkerhetskostnader eventuelt andre kostnader som er nødvendige. Etter å ha gjort et mer detaljert kostnadsoverslag kan man gå videre til å tenke på finansieringsmodeller. Det vil også være

viktig å gi en bred involvering av lokalsamfunnet. Samfunnsengasjement med innspill fra lokale, næringsliv og interessegrupper er viktig å ta til betraktning. Finansieringsmodell, nøkkeltall og samfunnsengasjement vil være viktige faktorer om prosjektet skal presenteres for politikere og fylkesrepresentanter.

Referanser

Det kongelige Samferdselsdepartement, 2017. *Meld. St. 33*, s.l.: s.n.

Det kongelige samferdselsdepartement, 2020. *Nasjonalt transportplan 2022-2023*, Oslo: Det kongelige samferdselsdepartement.

FN, 2023. *fn.no*. [Internett]

Available at: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/industri-innovasjon-og-infrastruktur>

[Funnet 15 Mai 2023].

FN, 2023. *fn.no*. [Internett]

Available at: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/baerekraftige-byer-og-lokalsamfunn>

[Funnet 15 Mai 2023].

Grønmo, S., 2023. *Kvalitativ metode*. s.l.: Universitetet i Bergen.

Grønmo, S., 2023. *Kvantitativ metode*, s.l.: Universitet i Bergen.

Lovdata.no, 2008. *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)*. [Internett]

Available at: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL_2-1-3#KAPITTEL_2-1-3

[Funnet 14 April 2023].

Lovdata, 2007. *Forskrift om anlegg av offentlig veg*, Oslo: Samferdselsdepartementet.

Lovdata, 2023. *Lov om kulturminner [kulturminneloven] §2*. [Internett]

Available at: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1978-06-09-50>

[Funnet 14 April 2023].

Multiconsult, 2021. *Klimahensyn i tidlig planfase*, Oslo: Multiconsult.

NVE, 2023. *temakart*. [Internett]

Available at: <https://temakart.nve.no/tema/naturvernomrader>

Nye veier, u.d. *Planprosesser og prosjektutvikling*. [Internett]

Available at: <https://www.nyeveier.no/om-oss/planprosesser-og-prosjektutvikling/>

[Funnet 12 April 2023].

Plan- og bygningsloven, 2008. *Lovdata*. [Internett]

Available at: <https://lovdata.no/lov/2008-06-27-71/§3-1>

[Funnet 19 05 2023].

Quantm Webinar | Introduksjon. 2017. [Film] Norge: Novapoint & Quadri.

Statens vegvesen, 2021. *Definisjonsliste for Statens vegvesens håndbøker*, s.l.: s.n.

Statens vegvesen, 2022. *N100 Veg- og gateutforming*, Oslo: Statens vegvesen.

Statens vegvesen, 2022. *Vegnormal N200 Vegbygging*, Oslo: Statens Vegvesen.

Statens vegvesen, 2023. *Statens vegvesen veikart*. [Internett]

Available at: <https://vegkart.atlas.vegvesen.no/#kartlag:geodata/@600000,7225000,3>
[Funnet 02 05 2023].

Statens vegvesen, 2023. *Vegkart*. s.l.:s.n.

Statens vegvesen, u.d.. *Planleggingsprosessen*, s.l.: s.n.

Statens vegvesen, u.d. *Klimagassreduksjoner ved planlegging*. [Internett]

Available at: <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/klima-miljo-og-omgivelser/utslipp-av-klimagasser/klimagassreduksjoner-ved-planlegging/>
[Funnet 14 April 2023].

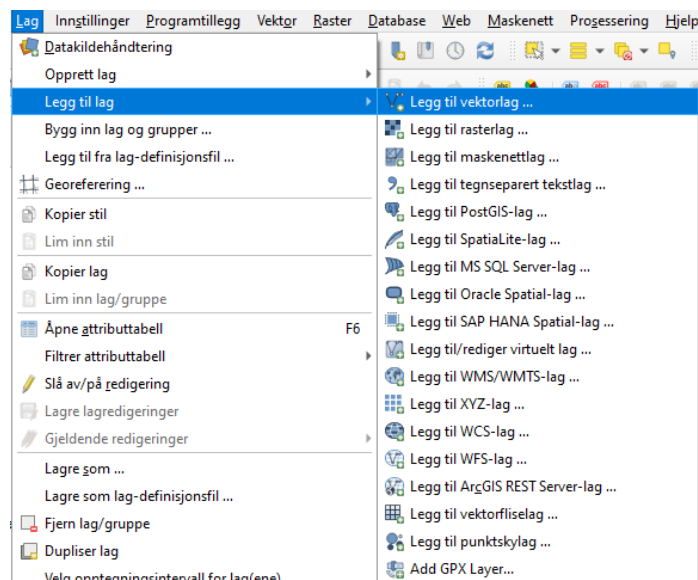
Statens vegvesen, u.d. *Nullvisjonen*. [Internett]

Available at: <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/nullvisjonen/>
[Funnet 10 Mars 2023].

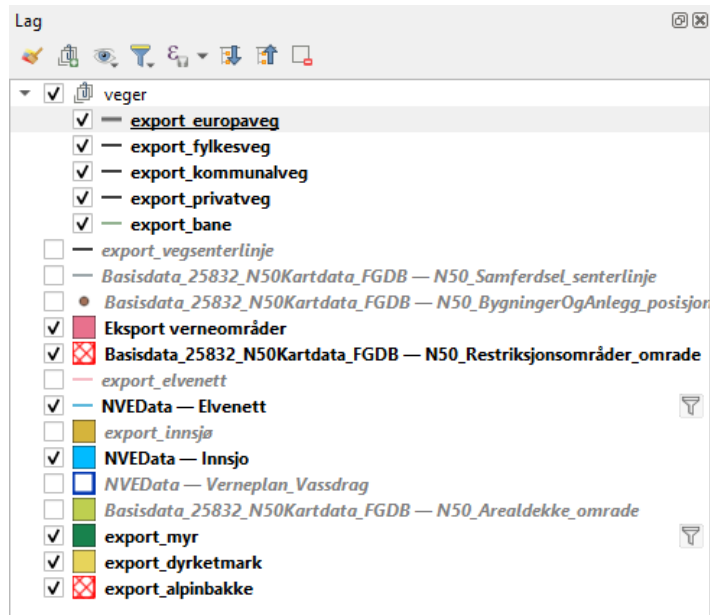
Viken fylkeskommune, 2021. *Masseforvaltning i kommunene*, s.l.: s.n.

Vedlegg 1: Behandling av kartdata i QGIS

Import av N50 og NVE GIS-data ble importert som vektorlag:



Lag av kartdata i FGDB-format:



Eksport av GIS-data som ESRI shapefil og UTM 32N:

Lagre vektorlag som ...

Format: ESRI Shapefile-format

Filnavn: GIS

Lagnavn:

KRS: EPSG:25832 - ETRS89 / UTM zone 32N

Tegnkode: UTF-8

Lagre kun valgte objekt

► **Hvilke felt skal eksporteres, samt eksportinnstillinger**

Bibehold lagmetadata

▼ **Geometri**

Geometritype: Automatisk

Tving flerdelt geometritype

Inkluder Z-akse

► Utstrekning (gjeldende: ingen)

▼ **Laginnstillinger**

RESIZE: NO

SHPT:

► **Egendefinerte innstillinger**

Legg til lagret fil i kart

OK Cancel Help

Vedlegg 2: Geometriske parametre H1 standard

Geometric Parameters

Geometry type

<input checked="" type="checkbox"/> H1	
<input type="checkbox"/> H3	
<input type="checkbox"/> H5	

Horizontal | Vertical | Grade | Template

Curve Limits

Radius (m) Minimum: 250 Desired: 300

Back to Back Curves

Same Direction
 Opposite Direction

Superelevation

Maximum (%) 8

Transition

Transition Type Clothoid

Length Convention Linear

Trans. Length at Min Radius 125

Straights

Horizontal (m) Minimum: 0

Desired: 0 Maximum: 0

Geometric Parameters

Geometry type

<input checked="" type="checkbox"/> H1	
<input type="checkbox"/> H3	
<input type="checkbox"/> H5	

Horizontal | Vertical | Grade | Template

Curves

Curve Type Parabola

Crest (Radius) Minimum 2800 Desired: 3000

Sag (Radius) 1900 2000

Back to Back Curves

Same Direction
 Opposite Direction

Straights

Vertical (m) Minimum: 0

Desired: 0 Maximum: 0

Coordination

Sight Distance (m) 180.00

Eye level (m) 1.1

Object Level (m) 0.3

Geometric Parameters

Geometry type

- H1
- H3
- H5
- H1

Horizontal Vertical **Grade** Template

Downhill

Sustained grade (%)	Max Grade ...	Sample Length (m)
<input checked="" type="checkbox"/> -6.000	-6.000	20000.000

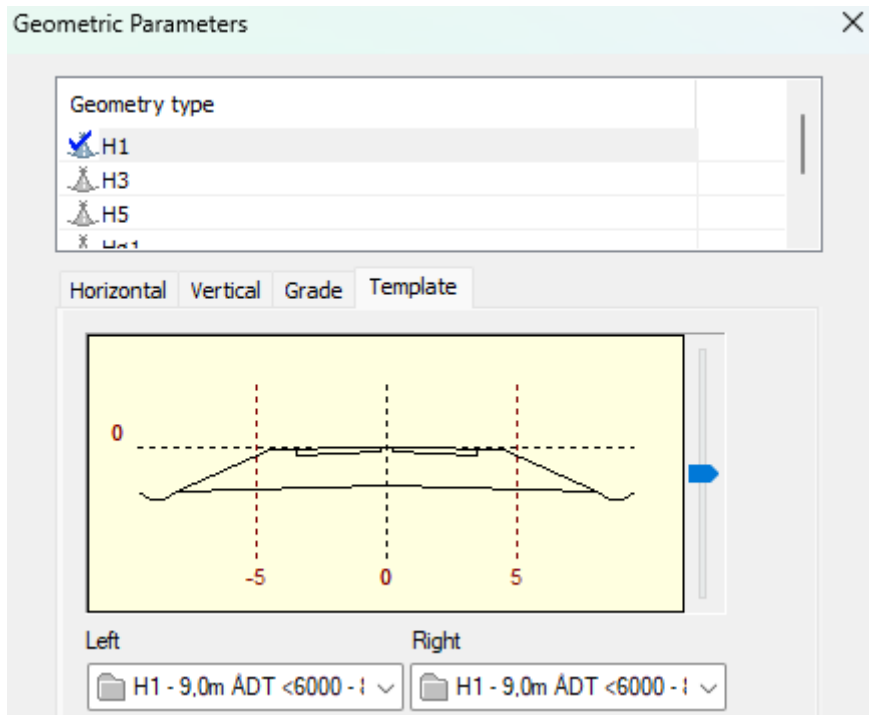
Uphill

Sustained grade (%)	Max Grade ...	Sample Length (m)
<input checked="" type="checkbox"/> 6.000	6.000	20000.000

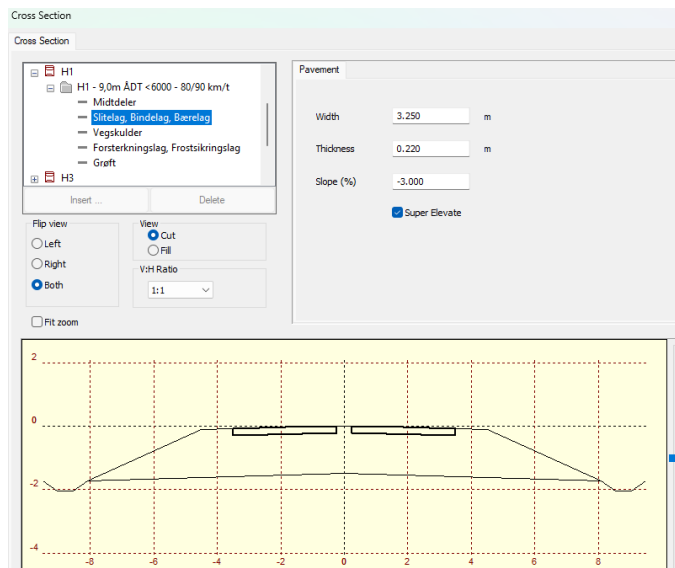
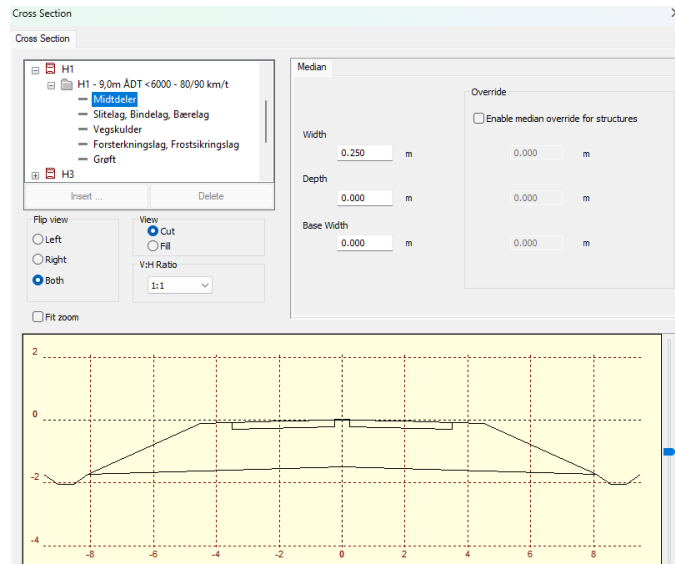
Minimum Grade

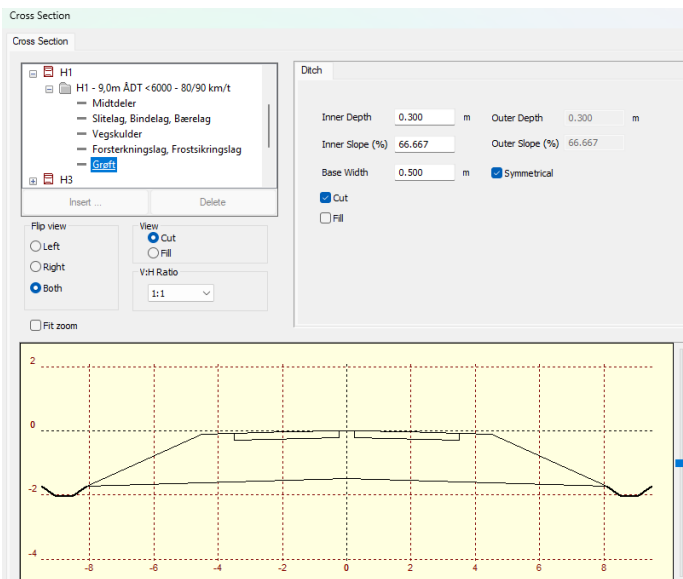
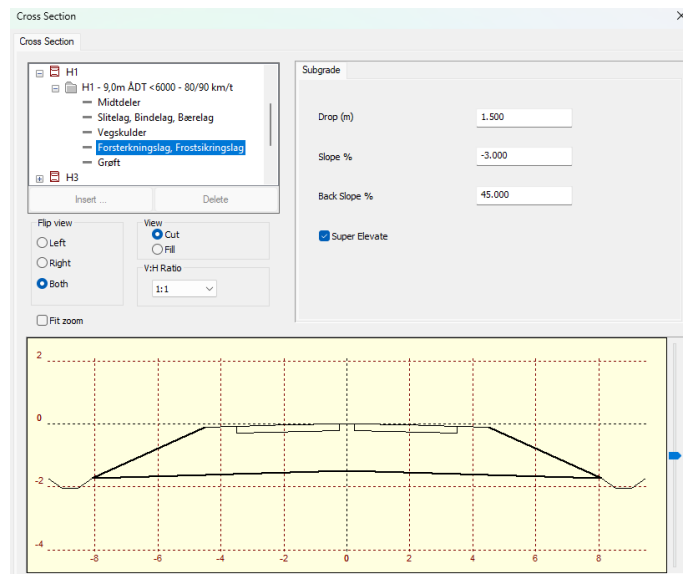
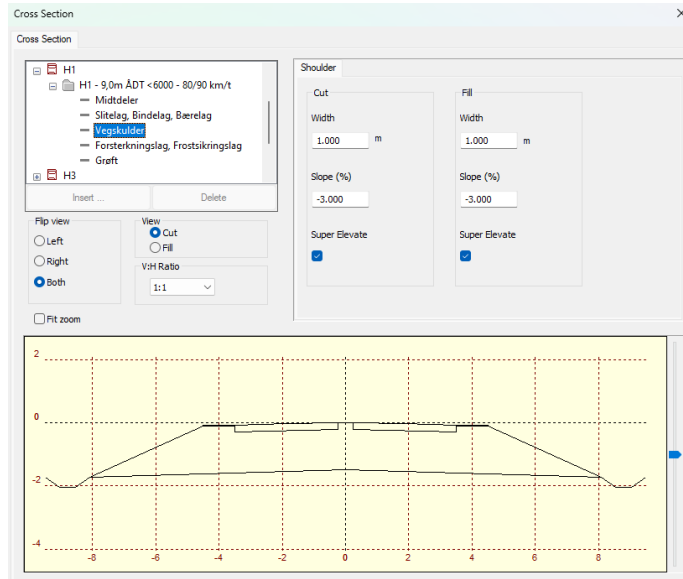
Downhill (%)

Uphill (%)



Vedlegg 3: Tverrsnitt parametre for H1 standard





Vedlegg 4: Kostnadsparametre

Globale kostnader:

Cost Parameters

Global **Material** Geology Fill Template Materials Bridge Tunnel Wall Culvert Area Linear Fixed

Earth movement cost

Haul	<input type="text" value="85,00"/>	kr/m ³ /km	<input type="text" value="2,00"/>	CO2/m ³ /km
Dump	<input type="text" value="85,00"/>	kr/m ³	<input type="text" value="3,00"/>	CO2/m ³
Borrow	<input type="text" value="100,00"/>	kr/m ³	<input type="text" value="4,00"/>	CO2/m ³

CO2 \$/tonne

Materialer:

Cost Parameters

Global **Material** Geology Fill Template Materials Bridge Tunnel Wall Culvert Area Linear Fixed

Name	Class	kr/m ³	Slope (%)	Usable	Compaction	CO2/m ³
Matjord	Strip	80,00	50,00	0,00	1,00	2,00
Jord	Ordinary	40,00	70,00	80,00	0,90	2,50
Berg	Ordinary	100,00	1000,00	100,00	1,00	4,00
Sand	Ordinary	40,00	100,00	80,00	1,00	2,00
Myr	Ordinary	150,00	20,00	0,00	1,00	2,00

Geologi:

Cost Parameters

Global **Material** **Geology** Fill Template Materials Bridge Tunnel Wall Culvert Area Linear Fixed

Name	Step Height (m)	Step Width (m)	No.	Material	Thickness (m)
Geologi 1	6,00	2,00	1	Matjord	0,15
Geologi 2	6,00	2,00	2	Jord	1,00
			3	Berg	9999,00

Fylling:

Cost Parameters

Global **Material** **Geology** **Fill** Template Materials Bridge Tunnel Wall Culvert Area Linear Fixed

Fill kr/m³ CO2/m³

Name	No.	Step Height (m)	Step Width (m)	Slope (%)
Fill_Earthworks	1	6,00	2,00	55,00

Materialkostnader for vei:

Cost Parameters											
Global	Material	Geology	Fill	Template Materials	Bridge	Tunnel	Wall	Culvert	Area	Linear	Fixed
Name				kr	CO2						
Slitelag, Bindelag, Bærelag (Asfaltmasser)				2300	100,00						
Forsterkningslag og Frostsikringslag				300	20,00						

Bru:

Cost Parameters												
Global	Material	Geology	Fill	Template Materials	Bridge	Tunnel	Wall	Culvert	Area	Linear	Fixed	
Name	Abutment slope (%)	Deck	Min length (m)	Geometry					Max height (m)	Max length (m)	Area Cost (kr/m ²)	CO2 (CO2/m ²)
✓ Bru (default)	100.00	Single	30.00	Unspecified					10.00	30.00	22500.00	640.00
									20.00	60.00	25000.00	640.00
									30.00	90.00	27500.00	640.00
									40.00	120.00	28800.00	640.00

Tunell:

Cost Parameters												
Global	Material	Geology	Fill	Template Materials	Bridge	Tunnel	Wall	Culvert	Area	Linear	Fixed	
Name	Portal cost	Area (m ²)	Bore	Min length (m)	Geometry				Max length (m)	Max depth (m)	Length Cost (kr/m)	CO2 (CO2/m)
✓ T 10.5	6000000.00	50.00	Single	30.00	Unspecifi				500.00	9999.00	175000.00	4645.00
									5000.00	9999.00	225000.00	4645.00
									99999.00	9999.00	200000.00	4645.00

Støttemur:

Cost Parameters											
Global	Material	Geology	Fill	Template Materials	Bridge	Tunnel	Wall	Culvert	Area	Linear	Fixed
Name				kr/m ²	Slope (%)		Height (m)		CO2/m ²		
Støttemur				8000.00	100000.00		9999.00		620.00		

Kulvert:

Cost Parameters											
Global	Material	Geology	Fill	Template Materials	Bridge	Tunnel	Wall	Culvert	Area	Linear	Fixed
Name				kr/m	Portal cost	Diameter (m)	Min cover (m)		CO2/m		
Kulvert				20000.00	250.00	1.50	0.75		240.00		

Areakostnader:

Cost Parameters											
Global	Material	Geology	Fill	Template Materials	Bridge	Tunnel	Wall	Culvert	Area	Linear	Fixed
Area cost type				Sub Type	kr/m ²		Margin (m)		CO2 (CO2/...		
By				Footprint	100000,00		10.00		1500,00		
Industriområde				Footprint	40000,00		10.00		3600,00		
Bebyggelse (areal hus)				Footprint	35000,00		10.00		1700,00		
Idrettsplass				Footprint	20000,00		5.00		1440,00		
Kvikkleire variabel				Footprint	6000,00		0.00		180,00		
Dyrket Mark variabel				Footprint	1000,00		0.00		360,00		
Dårlig Grunn variabel				Footprint	5000,00		0.00		180,00		
Myr Variabel				Footprint	4000,00		0.00		180,00		

Lineære kostnader:

Cost Parameters											
Global	Material	Geology	Fill	Template Materials	Bridge	Tunnel	Wall	Culvert	Area	Linear	Fixed
Linear cost type				Sub Type	kr/m		Height (m)		CO2 (CO2/m)		
Skilt og Oppmerking				General	200		0.00		12,00		
Belysning				General	1200		0.00		14,00		
Gjerde/Viltgjerde tosidig				General	1200		0.00		30,00		
Drenering og Overvann				General	2000		0.00		0,00		
Midtrabatt				General	2000		0.00		0,00		

Vedlegg 5: Den beste linjen optimalisert med kostnader

Sammendrag av kostnader for beste linje søk 1:

New_FR_1_17

Item	Quantity	kr %	CO2 %
Source			
Cut (m³)	2 340 000	210 000 000 5	8 570 000 6
Tunnel Debris (m³)	347 000	0 0	0 0
Import (m³)	0	0 0	0 0
Borrow (m³)	0	0 0	0 0
Destination			
Fill (m³)	1 690 000	42 200 000 1	3 380 000 2
Export (m³)	0	0 0	0 0
Dump (m³)	968 000	82 300 000 2	2 900 000 2
Template Materials			
Mass Haul (m³ km)	7 660 000	651 000 000 14	15 300 000 11
Ret. Wall (m²)	37 809	302 000 000 7	23 400 000 16
Culvert (m)	0	0 0	0 0
Bridge (m)	5 983	1 200 000 000 27	26 800 000 19
Tunnel (m)	6 942	1 570 000 000 35	32 200 000 23
Footprint Area (m²)	898 000	159 000 000 4	14 800 000 10
Linear (m)	42 732	0 0	0 0
Cadastral	0	0 0	0 0
Fixed Cost		0 0	0 0
CO2 (Construction)		0 0	143 000 000
Traffic Cost		0 0	1 190
Total cost		4 500 000 000	143 000 000

Sammendrag av kostnader for beste linje søk 2:

New_2_1_Ex_1_05

Item	Quantity	kr %	CO2 %
Source			
Cut (m³)	1 870 000	165 000 000 4	6 720 000 5
Tunnel Debris (m³)	493 000	0 0	0 0
Import (m³)	0	0 0	0 0
Borrow (m³)	0	0 0	0 0
Destination			
Fill (m³)	1 880 000	46 900 000 1	3 760 000 3
Export (m³)	0	0 0	0 0
Dump (m³)	462 000	39 300 000 1	1 390 000 1
Template Materials			
Mass Haul (m³ km)	4 510 000	384 000 000 10	9 030 000 7
Ret. Wall (m²)	18 439	148 000 000 4	11 400 000 9
Culvert (m)	0	0 0	0 0
Bridge (m)	2 400	482 000 000 13	10 800 000 8
Tunnel (m)	9 863	2 070 000 000 54	45 800 000 36
Footprint Area (m²)	935 000	202 000 000 5	21 200 000 17
Linear (m)	44 429	0 0	0 0
Cadastral	0	0 0	0 0
Fixed Cost		0 0	0 0
CO2 (Construction)		0 0	127 000 000
Traffic Cost		0 0	1 240
Total cost		3 850 000 000	127 000 000

Sammendrag av kostnader for beste linje optimalisert:

New_2_1_Rf_1_04

Item	Quantity	kr %	CO2 %
Source			
Cut (m³)	1 650 000	143 000 000 4	5 850 000 5
Tunnel Debris (m³)	479 000	0 0	0 0
Import (m³)	0	0 0	0 0
Borrow (m³)	0	0 0	0 0
Destination			
Fill (m³)	1 650 000	41 300 000 1	3 310 000 3
Export (m³)	0	0 0	0 0
Dump (m³)	454 000	38 600 000 1	1 360 000 1
Template Materials			
Mass Haul (m³ km)	4 290 000	365 000 000 10	8 580 000 8
Ret. Wall (m²)	11 307	90 500 000 3	7 010 000 6
Culvert (m)	0	0 0	0 0
Bridge (m)	1 950	390 000 000 11	8 730 000 8
Tunnel (m)	9 588	2 020 000 000 58	44 500 000 39
Footprint Area (m²)	909 000	111 000 000 3	16 400 000 14
Linear (m)	43 926	0 0	0 0
Cadastral	0	0 0	0 0
Fixed Cost		0 0	0 0
CO2 (Construction)		0 0	113 000 000
Traffic Cost		0 0	1 230
Total cost		3 500 000 000	113 000 000

Kostnader bru:

▲No.	Start	Finish	Type	Area	Cost (kr/m²)	Deck	Length	Height	Area	kr	CO2
1	1 980	2 037	Bro (default)		25 000	Both	57	8	399	9 970 000	255 000
2	7 767	7 818	Bro (default)		25 000	Both	51	6	359	8 980 000	230 000
3	21 304	21 439	Bro (default)		28 800	Both	135	15	942	27 100 000	603 000
4	29 859	31 566	Bro (default)		28 800	Both	1 707	207	11 900	344 000 000	7 650 000

Kostnader tunell:

▲No.	Start	Finish	Type	Length	Cost (kr/m)	Bore	Length	Depth	kr	CO2
1	115	1 146	T 10,5		225 000	Both	1 031	58	244 000 000	4 790 000
2	21 545	21 889	T 10,5		175 000	Both	344	30	72 200 000	1 600 000
3	25 097	25 479	T 10,5		175 000	Both	382	39	78 900 000	1 770 000
4	29 070	29 529	T 10,5		175 000	Both	458	38	92 200 000	2 130 000
5	31 706	32 890	T 10,5		225 000	Both	1 184	91	278 000 000	5 500 000
6	37 665	43 854	T 10,5		200 000	Both	6 188	160	1 250 000 000	28 700 000

Vedlegg 6: Formler og utregning

Formel 3.1.2 – 1 fra (Statens vegvesen, 2022):

$$N = 365 \times C \times E \times \dot{A}DT_T \times f \times \frac{(1,0+0,01p)^{20}-1}{0,01p} \quad (3.1.2-1)$$

hvor

<i>C</i>	gjennomsnittlig antall aksler pr. tungt kjøretøy (normalt settes C=2,4)
<i>E</i>	gjennomsnittlig ekvivalensfaktor for akslene på tunge kjøretøy (i Norge settes normalt E = 0,427 ved tillatt aksellast 10 tonn)
$\dot{A}DT_T$	gjennomsnittlig antall tunge kjøretøy per døgn
<i>f</i>	fordelingsfaktor – 1-feltsveg, f = 1,00 – 2-feltsveg, f = 0,50 – 4-feltsveg, f = 0,45 – 6-feltsveg, f = 0,40
<i>p</i>	årlig trafikkvekst for tunge kjøretøy [%]

Tabell 3.1.2 – 1 fra (Statens vegvesen, 2022):

Trafikkgruppe	Ekvivalente 10 tonns aksler (N)
A	< 500 000
B	500 000 – 1 000 000
C	1 000 000 – 2 000 000
D	2 000 000 – 3 500 000
E	3 500 000 – 10 000 000
F	> 10 000 000

Trafikkdata: (Statens vegvesen, 2023)

Strekning	ÅDT, total	ÅDT tunge kjøretøy	År (året statistikken gjelder for)
Fv 250 KS3D1 m737-3860	1200	12 %	2022
Fv 250 K S2D1 m3412-3484	1400	9 %	2021
Fv250 K S1D1 m14243-14337	1900	9 %	2021
Fv250 K S1D1 m1968-14243	2040	12 %	2022
Fv250 K S1D1 m1291-1968	3200	9 %	2021
Fv250 K S1D1 m933-1291	7000	9 %	2021
FV250 K S1D1 m416-933	2957	10 %	2022
FV250 K S1D1 m237-416	3300	9 %	2021
FV250 K S1D1 m0-237	3300	9 %	2021
FV33 K S11D1 m13042-13527	3000	11 %	2021
FV33 K S12D1 m843-2712	4137	13 %	2022
FV33 K S12D1 m2712-4761	3600	12 %	2021
FV33 K S12D1 m4761-5153	3300	13 %	2021
FV33 K S12D1 m5153-9906	3200	13 %	2021
FV33 K S12D1 m9906-15533	2769	16 %	2022
FV33 K S12D1 m15533-15576	2400	14 %	2021
FV33 S13D1	2258	21 %	2022
FV33 K S13D1 m11875-11986	2100	10 %	2021
FV33 K S14D1 m786-8068	2377	19 %	2022
FV33 K S14D1 m8068-11217	2100	12 %	2021
FV33 K S14D1 m11217-11418	2300	12 %	2021
EV16 S36D1	4868	16 %	2022
EV16 S35D1			
EV16 S36D1	5000	15 %	2022
Sum	69706		
Gjennomsnitt	3030,695652	12 %	

Trafikkulykker:

Velsystemreferanse	Antall trafikulykker på stedet	Ulykkesdato
FV250 K S3D1 m3349	1	30.03.2016
FV250 K S3D1 m2699	1	29.07.2017
FV250 K S3D1 m2507	1	14.07.1992
FV250 K S3D1 m1752	1	15.05.1980
FV250 K S3D1 m1585	1	22.04.1999
FV2440 K S1D1 m5237	1	24.03.1987
FV2440 K S1D1 m4107	1	30.07.1985
FV249 K S4D1 m6513	1	23.12.2010
FV250 K S1D1 m14211	1	26.07.2007
FV250 K S1D1 m14136	1	13.01.2000
Fv250 K S1D1 m13867	1	18.10.2022
Fv2440 K S1D1 m13862	1	20.12.2017
FV250 K S1D1 m13657	1	06.09.1994
FV250 K S1D1 m13543	1	23.09.2013
FV250 K S1D1 m13392	1	30.10.1982
FV250 K S1D1 m13087	1	26.05.2005
FV250 K S1D1 m12990	1	13.09.1989
FV250 K S1D1 m12273	1	05.11.2017
FV250 K S1D1 m12238	1	01.12.1990
FV250 K S1D1 m11373	1	01.12.2018
FV250 K S1D1 m10686	1	19.10.2005
FV250 K S1D1 m10602	1	02.11.1991
FV250 K S1D1 m10337	1	02.12.2005
FV250 K S1D1 m10277	1	09.11.1984
FV250 K S1D1 m9472	1	05.04.1982
FV250 K S1D1 m9369	1	09.06.2018
FV250 K S1D1 m9180	1	01.12.2020
FV250 K S1D1 m8698	1	11.10.1988
FV250 K S1D1 m8631	1	02.05.2010
FV250 K S1D1 m7690	1	15.02.2005
FV250 K S1D1 m7528	1	03.12.2018
FV250 K S1D1 m7279	1	22.03.1987
FV250 K S1D1 m7211	1	24.10.1978
FV250 K S1D1 m7037	1	09.09.2018
FV250 K S1D1 m6833	2	25.09.2000
FV250 K S1D1 m6749	1	19.04.2003
FV250 K S1D1 m6101	1	16.07.2019
FV250 K S1D1 m4919	1	02.03.2006
FV250 K S1D1 m4077	1	17.01.2014
FV250 K S1D1 m2860	1	08.07.1987
FV250 K S1D1 m2585	1	19.09.2006
FV250 K S1D1 m2529	1	30.04.1983
FV250 K S1D1 m2184	1	16.05.1981
FV250 K S1D1 m1963	1	25.09.2014
FV250 K S1D1 m1972	1	20.02.2011
FV250 K S1D1 m1963	1	25.09.2014
FV250 K S1D1 m1292	1	26.09.2002
FV2432 K S1D1 m10	1	13.04.1996
FV2432 K S1D1 m26	4	1991-1994
FV2432 K S1D1 m90	1	25.09.1999
FV2432 K S1D1 m95	1	26.01.2005
FV2432 K S1D1 m125	1	17.07.1995
FV2432 K S1D1 m284	1	16.07.2006
3448 KV2400 K S2D1 m617	1	22.08.2006
FV33 K S12D1 m848	1	20.06.2005
FV33 K S12D1 m860	1	24.09.2012
FV33 K S12D1 m1165	1	30.07.2017
FV33 K S12D1 m1325	1	02.11.1995
FV33 K S12D1 m1599	1	28.08.2010
FV33 K S12D1 m1675	1	14.02.2013
FV33 K S12D1 m1825	1	09.04.1989
FV33 K S12D1 m1675	1	14.02.2013
FV33 K S12D1 m2059	1	09.04.2007
FV33 K S12D1 m2150	1	25.07.1982
FV33 K S12D1 m2225	1	31.07.2002
FV33 K S12D1 m2286	1	03.06.2004
FV33 K S12D1 m2714	1	11.06.2005
FV33 K S12D1 m2750	1	08.09.1993
FV33 K S12D1 m2901	1	19.04.2001
FV33 K S12D1 m3452	1	06.07.1996
FV33 K S12D1 m3593	1	10.01.1996
FV33 K S12D1 m3854	1	21.06.2005

FV33 K S12D1 m4206	1	20.10.1994
FV33 K S12D1 m4408	1	09.03.2001
FV33 K S12D1 m4549	1	05.03.1993
FV33 K S12D1 m4762	1	28.05.1999
FV33 K S12D1 m5016	1	22.09.1979
FV33 K S12D1 m5157	1	10.08.1985
FV33 K S12D1 m5164	1	26.06.1995
FV33 K S12D1 m5313	1	10.07.1998
FV33 K S12D1 m6107	1	02.07.1992
FV33 K S12D1 m6200	1	12.07.2006
FV33 K S12D1 m6212	1	10.08.2001
FV33 K S12D1 m6585	1	29.09.2010
FV33 K S12D1 m6663	1	19.07.1984
FV33 K S12D1 m7297	1	16.08.1997
FV33 K S12D1 m7545	1	08.07.1991
FV33 K S12D1 m7632	1	20.02.1994
FV33 K S12D1 m7733	1	02.03.2015
FV33 K S12D1 m7793	1	21.07.1992
FV33 K S12D1 m7899	1	06.06.1982
FV33 K S12D1 m7925	1	09.08.1994
FV33 K S12D1 m8049	1	26.06.2010
FV33 K S12D1 m8401	1	31.01.1999
FV33 K S12D1 m8446	1	27.03.2009
FV33 K S12D1 m8502	1	26.10.2006
FV33 K S12D1 m9008	1	26.10.2001
FV33 K S12D1 m9019	1	20.06.2000
FV33 K S12D1 m9343	1	27.06.1996
FV33 K S12D1 m9603	1	28.01.1985
FV33 K S12D1 m9750	1	16.04.2017
FV33 K S12D1 m9982	1	24.11.1994
FV33 K S12D1 m10056	1	12.07.1999
FV33 K S12D1 m10151	1	09.12.1995
FV33 K S12D1 m10500	1	17.02.2001
FV33 K S12D1 m10964	1	13.03.1998
FV33 K S12D1 m11569	1	21.05.1990
FV33 K S12D1 m12015	1	24.09.1992
FV33 K S12D1 m12088	1	25.04.2019
FV33 K S12D1 m12233	1	05.08.2015
FV33 K S12D1 m12268	1	21.05.2017
FV33 K S12D1 m12327	1	14.07.2001
FV33 K S12D1 m12729	1	23.06.2005
FV33 K S12D1 m12779	1	09.08.2004
FV33 K S12D1 m12788	1	02.08.2016
FV33 K S12D1 m12953	1	15.08.2018
FV33 K S12D1 m13136	1	06.08.2009
FV33 K S12D1 m13156	1	16.05.1989
FV33 K S12D1 m13210	1	23.06.2021
FV33 K S12D1 m13257	1	01.03.1991
FV33 K S12D1 m13659	1	17.10.2003
FV33 K S12D1 m13946	1	23.04.1987
FV33 K S12D1 m14232	1	09.04.2000
FV33 K S12D1 m14508	1	29.07.2001
FV33 K S12D1 m14588	1	26.07.1997
FV33 K S12D1 m14922	1	26.05.2002
FV33 K S12D1 m14947	1	16.06.2010
FV33 K S12D1 m15047	1	18.02.2011
FV33 K S12D1 m15518	1	27.06.1981
FV33 K S12D1 m15556	1	23.01.2004
FV33	1	04.12.1992
FV33 K S13D1 m500	1	28.08.2020
FV33	1	08.04.2007
FV33	1	18.05.1986
FV33	1	18.08.1992
FV33	1	20.03.2003
FV33	1	26.02.1993
FV33 K S13D1 m3106	1	19.11.1981
FV33 K S13D1 m3361	1	20.10.1995
FV33 K S13D1 m3442	1	12.03.1999
FV33 K S13D1 m3776	1	12.04.2013
FV33 K S13D1 m3840	1	06.10.2021
FV33 K S13D1 m4875	1	13.07.1998
FV33 K S13D1 m5137	1	21.10.1992
FV33 K S13D1 m5707	1	08.07.2007
FV33 K S13D1 m6599	2	25.09.2001

FV33 K S13D1 m6996	1	04.07.1984
FV33 K S13D1 m7001	1	04.12.1998
FV33 K S13D1 m7025	1	06.08.2010
FV33 K S13D1 m7341	1	05.08.2013
FV33 K S13D1 m8357	1	01.01.1995
FV33 K S13D1 m8534	1	31.08.2008
FV33 K S13D1 m8634	1	29.01.1997
FV33 K S13D1 m9236	1	04.11.1994
FV33 K S13D1 m9610	1	11.05.1979
FV33 K S13D1 m10902	1	11.03.2008
FV33 K S13D1 m10991	1	07.02.1999
FV33 K S13D1 m11406	1	17.04.2015
FV33 K S13D1 m11693	1	24.07.2006
FF99999 K S1D1 m0	1	03.08.2020
FV33 K S14D1 m808	1	27.11.1990
FV33 K S14D1 m1598	1	12.08.2007
FV33 K S14D1 m1708	1	12.11.1977
FV33 K S14D1 m2767	1	18.01.1980
FV33 S14D1 m4346	1	16.03.1987
FV33 K S14D1 m4120	1	20.12.1985
FV33 K S14D1 m4730	1	12.12.2021
FV33 K S14D1 m4594	1	19.01.1992
FV33 K S14D1 m5011	1	12.11.2005
FV33 K S14D1 m5101	1	05.02.1995
FV33 K S14D1 m5162	1	30.09.1994
FV33 K S14D1 m5178	1	31.07.2013
FV33 K S14D1 m5242	1	18.06.1978
FV33 K S14D1 m5251	1	13.09.1992
FV33 K S14D1 m6130	1	18.04.1984
FV33 K S14D1 m6484	1	11.03.2020
FV33 K S14D1 m6525	1	26.11.1995
FV33 K S14D1 m6534	1	03.06.1986
FV33 K S14D1 m6969	1	25.06.1985
FV33 K S14D1 m7448	1	06.10.1979
FV33 K S14D1 m7449	1	14.04.2003
FV33 K S14D1 m7748	1	05.06.1981
FV33 K S14D1 m7823	1	17.10.1998
FV33 K S14D1 m8759	1	22.12.1983
FV33 K S14D1 m9392	1	05.05.2000
FV33 K S14D1 m9936	1	10.09.1978
FV33 K S14D1 m10146	1	21.12.2002
FV33 K S14D1 m10673	1	06.02.2004
FV33 K S14D1 m11098	1	19.10.2003
EV16 K S36D1 m12506	1	30.10.2019
EV16	1	10.10.2013
EV16	1	19.08.2008
EV16	1	28.07.1986
Samlet ulykker på strekningen vår	<u>198</u>	

Nøkkeltall trafikk:

Definisjon	Statistikk
Gjennomsnittlig ÅDT	3030
Gjennomsnittlig tungtrafikk	12%
Antall ulykker på hele strekningen	197

