

Ny avkjørselsfri E6 mellom Engan og Granmo i Oppdal kommune

New limited-access road on E6
in Oppdal municipality between Engan and Granmo

Trondheim Mai 2019

Vibeke Fardal

Haakon Andreassen

Pengkai Li

Intern veileder: Nils Kobberstad

Ekstern veileder: Robert Aakerli
og Amund B. Stranden

Prosjektnr: 30 - 2019

Rapporten er ÅPEN



Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Statens vegvesen

Problemdefinering/prosjektbeskrivelse og resultatmål

Plan -og prosjekteringsseksjonen i SVV har fått planbestilling på en utredningsoppgave på E6 strekningen Oppland grense – Oppdal. Dette er en strekning på 6 km med endringer i kurvatur og fartsgrense samt en del randbebyggelse med dyrket mark.

Oppgaven går ut på å utarbeide tre vegalternativer for utvalgt delstrekning som skal rangeres etter flere kriterier for å gå videre med et av forslagene for ytterligere arbeid. Disse kriteriene går på punkter som; fart, kurvatur, avkjørsler, økonomi, skred- og flomfare med mer. Hvert vegalternativ skal modelleres i Novapoint 21 sammen med eksisterende veg. Et delmål med oppgaven er å skape en god avkjørselsfri riksveg. For det beste alternativet skal det lages en modellbasert teknisk plan og relevante tegninger, slik som B-tegning, C-tegning og F-tegninger. Etter at vegalternativet er utarbeidet og tegnet i Novapoint, skal det lages en rapport som viser arbeidsmetodikk og vurderinger gjort i prosessen. Til slutt skal det beste alternativet kostnadsberegnes, vurderes og presenteres.

Det som er viktig i planleggingsprosessen er å ta hensyn til dimensjoneringsnotat, ønsket fartsgrense og området i seg selv. Det må tas hensyn til eksisterende bebyggelse, næring, dyrket mark, en elv og mulighet for flom. Delstrekningen på 6 km er ikke særlig utsatt, men det er viktig å skape en oversikt over eventuelle farer. Med naturreservat og flere turområder i nærliggende område er det også viktig å passe på at naturvernloven ikke overskrides.

Et av målene ved prosjektet er å utarbeide et vegalternativ på 6 km som oppfyller behovene som ikke er tilfredsstillt ved dagens veg, slik som høyere fartsgrense, jevnere kurvatur og færre avkjørsler. Et annet mål er å sørge for bedre trafiksikkerhet ved å skape en avkjørselsfri veg. Ved å nå disse målene håper vi at vegen blir verdsatt av både lokalbefolkning og tilreisende.

Stikkord: Veg. Linjeføring. Dimensjonering. Nyopprettelse. Tunnel. Bro. T-kryss. Elv. Trafiksikkerhet. Kostnadsberegning. Naturreservat.

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet ved Norges Tekniske Naturvitenskapelige Universitet i Trondheim, som et avsluttende prosjektarbeid for treårig bachelor ingeniørfag bygg ved institutt for bygg- og miljøteknikk. Prosjektgruppen består av tre studenter som har vist store interesser innen retningen Teknisk Planlegging. Bacheloroppgaven er utført i samarbeid med Statens Vegvesen, Region Midt, på Statens Hus i Prinsens gate 1, i Trondheim sentrum, som en del av samarbeidet mellom NTNU og Statens vegvesen. Oppgaven ble valgt på grunnlag av fagkunnskap og egne interesser. Det ble lagt vekt på relevans til tidligere fag og om det var rom for kreativitet i gitt oppgave.

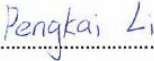
Det har vært et godt samarbeid mellom prosjektgruppa og alle støttepersoner rundt som har bidratt. En spesiell takk vil rettes til intern veileder i NTNU, Nils Kobberstad, for veiledning på faglige og akademiske områder gjennom årene på byggingeniør-linja, og ikke minst et godt samarbeid gjennom hele prosessen.

Av stor takknemlighet sender gruppen også sin oppmerksomhet til våre eksterne veiledere hos Statens Vegvesen, i plan- og prosjekteringsseksjonen, Amund Bach Stranden og Robert Aakerli, for veiledning, gode råd og assistanse med datahåndtering og programvare.

For et optimalt leserutbytte forventes det noen forkunnskaper innen fagfeltet og kjennskap til Statens Vegvesens utgitte håndbøker, som ligger gratis ute på nett.


Haakon M. L. Andreassen


Vibeke Fardal


Pengkai Li

Trondheim, Statens Hus, Mai 2019

Summary

This bachelor dissertation is written by Haakon Andreassen, Vibeke Fardal and Pengkai Li. We are civil engineering students studying at Norwegian University of Science and Technology. The report is written in collaboration with the Norwegian Public Roads Administration (Statens Vegvesen) and is a preliminary project that describes the new limited-access road on E6 in Oppdal municipality between Engan and Granmo to the H1 road standard.

The dissertation consists of two parts including this report and a booklet. The report illustrates the theories and working process that has gone in to the preliminary project. The booklet contains drawings and reports with specific and technical data affiliated with the report. The drawings are represented are B-, C-, F- and L-drawings which all have been made in Novapoint 21.10 and AutoCAD 2019 according to NPRA standards.

The report considers the existing situation of the road on E6 in Oppdal municipality between Engan and Granmo with focus on traffic safety and capacity calculations. In addition, the report drafted three alternatives for a better solution. The aim is to make a limited-access road on E6 with better traffic safety, higher speedlimits and an improved driving pattern.

Before developing suggestions for a new road, it is necessary to acquire knowledge about existing conditions. It turns out the existing situation consists of big height differences and demanding curvature. The speedlimits vary from 60 km/h to 80 km/h and there are several exit roads that lead to private areas and farm houses. The existing road is close to the railway all the way from Engan to Granmo. It also has a river called Driva running by on the left side from north to south. The river sometimes leads to floods and is an important element to look out for when making a new road. The area contains big amounts of agriculture and open fields. Besides, there are a school and kindergarten located in the middle. The village is too small to contain many people and the existing road is mostly used by people travelling or tourists looking for a place to spend the night.

Based on existing conditions we have come up with three alternatives for a new solution. Alternative 0 focuses on simple and safe solution, while alternative 1 and 2 create a new route. Alternative 1 is regarded as the best solution with bridge, cross, and tunnel based on impact assessment and competence among authors and supervisors. The tunnel is 780

meters long and is replacing demanding curvature out in the open. To avoid an intersection with a county road, there will be made a bridge solution. Further on the path the alternative moves on the outside of the village, next to the river, and ends up in an intersection with the existing road.

The dissertation provides a 6 km long limited-access road with H1-standard, a speed limit on 80 km/h, better traffic security and increased accessibility to Oppdal. It is considered a good solution based on the demands that were given.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Summary	ii
Innholdsfortegnelse	iv
1 Innledning	1
2 Dagens situasjon	2
2.1 Veg -og trafikkforhold	2
2.1.1 Tilknyttede veier	2
2.1.2 Vegdekke	3
2.1.3 ÅDT	4
2.1.4 Fartsgrense.....	4
2.1.5 Drift og vedlikehold	5
2.1.6 Jernbanen.....	5
2.1.7 Kollektivtrafikk.....	6
2.2 Lokale forhold.....	7
2.2.1 Bebyggelse	7
2.2.2 Vernede områder	7
2.2.3 Truede arter	9
2.2.4 Kulturminner.....	9
2.2.5 Dyrket mark.....	10
2.3 Reguleringsplaner.....	11
2.4 Grunnforhold	13
2.4.1 Løsmasser	13
2.4.2 Bergarter	13
2.5 Sikkerhet.....	14
2.5.1 Trafikkulykker og trafiksikkerhet	14
2.5.2 Samfunnsøkonomiske kostnader	14
2.5.3 Risikovurdering.....	15
2.5.4 Flom- og Skredfare	16
3 Alternative veger	17
3.1 Innledning.....	17
3.2 Alternativ 0	18
3.2.1 Dimensjoneringsklasse.....	18
3.2.2 Horisontalkurvatur	18
3.2.3 Vertikalkurvatur.....	19
3.2.4 Gang -og sykkelveg.....	20

3.2.5	Busslommer	21
3.2.6	Rekkverk	22
3.2.7	Forsterkningsbehov.....	22
3.3	Alternativ 1	24
3.3.1	Dimensjoneringsklasse.....	24
3.3.2	Horisontalkurvatur	24
3.3.3	Vertikalkurvatur.....	25
3.3.4	G/s-veg og kollektivtilbud	25
3.3.5	Rekkverk	25
3.3.6	Tunnel	26
3.3.7	Bru	26
3.3.8	T-kryss	26
3.4	Alternativ 2	27
3.4.1	Dimensjoneringsklasse.....	27
3.4.2	Horisontalkurvatur	27
3.4.3	Vertikalkurvatur.....	28
3.4.4	G/s-veg og kollektivtilbud	28
3.4.5	Rekkverk	28
3.4.6	Tunnel	28
3.4.7	Bru	28
3.4.8	T-kryss	28
3.5	Drøfting av alternativer	29
3.5.1	Alternativ 0.....	29
3.5.2	Alternativ 1.....	30
3.5.3	Alternativ 2.....	31
3.5.4	Valg av veglinje	32
4	Dimensjoneringsnotat	33
4.1	Dimensjoneringsklasse	33
4.2	Tverrprofil	33
4.3	Dimensjonering av vegoverbygning.....	34
4.3.1	Trafikkgruppe	34
4.3.2	Valg av vegdekke.....	34
4.3.3	Valg av bærelag.....	35
4.3.4	Forsterkningslag	35
4.3.5	Frostsikring.....	37
4.3.6	Fylling.....	37

5	Kryssgeometri.....	38
5.1	Valg av krysstype.....	38
5.2	Utforming av kryss	38
5.3	Plassering og dimensjonering av T-kryss.....	39
6	Bru.....	42
6.1	Bru – Fylkesveg 520.....	42
6.2	Bru over elva Driva.....	43
7	Rekkverk.....	44
7.1	Plasserings av rekkverk.....	47
7.2	Behov for rekkverk.....	49
8	Tunnel.....	51
8.1	Geometrisk utforming av tunnelen	51
8.1.1	Dimensjoneringsklasse og tunnelprofil	52
8.1.2	Tunnelklasse.....	53
8.1.3	Plassering av tunnel.....	54
8.2	Sikkerhetstiltak.....	55
8.2.1	Utvidelse for nisjer	55
8.2.2	Sikkerhetselementer	56
8.2.3	Brannsikring	58
8.2.4	Belysning.....	59
8.3	Vann- og frostsikring i tunnel.....	59
8.3.1	Drenering, vegfundament og vegdekke	61
8.3.2	Grøft	61
8.3.3	Tekniske bygg.....	62
9	Drenering.....	63
9.1	Valg av drensssystem	63
9.1.1	Dimensjoner på sidegrøft	64
9.1.2	Terrenggrøft	64
9.1.3	Nedføringsrenne	64
9.1.4	Materialer	64
10	Siktforhold	65
10.1	Siktkrav i forkjørsregulerte T-kryss	65
10.2	Stoppesikt i skjæring.....	66
10.3	Sikt i tunnel.....	67
10.4	Forbikjøring.....	68
10.5	Siktanalyse i Novapoint	69

10.5.1	Stoppesikt	69
10.5.2	Forbikjøringssikt.....	70
11	Masseberegning og kostnader.....	71
11.1	Masseberegning.....	71
11.2	Kostnader	72
12	Samlet vurdering og konklusjon.....	75
12.1	Sikkerhet.....	75
12.2	Kostnader og masseoverskudd.....	75
12.3	Konklusjon	75
13	Innovasjon, forskning, utvikling og entreprenørskap.....	77
13.1	Bakgrunn	77
13.2	Selvkjørende biler	77
13.3	Resultat	78
13.4	Datasenter.....	79
13.5	Konklusjon	79
14	Referanser, figur- og tabelliste	81
14.1	Referanser.....	81
14.2	Figurliste.....	84
14.3	Tabelliste.....	86
15	Vedlegg	88
15.1	Vedlegg i selve rapporten	88
15.2	Vedlegg i eget tegningshefte	88

1 Innledning

Vegstrekningen Engan – Granmo ligger like sør for Oppdal og er 1 time og 45 minutter sør for Trondheim med bil. Strekningen befinner seg i Drivdalen, som er et dalføre i Oppdal kommune. Veggen er en del av E6 og brukes som lokalveg og gjennomfartsveg, med ÅDT 3060, 23% tungtrafikk og varierende fartsgrense (60 til 80 km/t). Vegstrekningen er om lag 6 – 7 km lang. De som bruker veien som gjennomfartsveg kjører som regel til eller fra Trondheim og nordover. Jernbanen følger også Dovrebanen mot Dombås. Vegstrekningen er preget av ujevn vegstandard, varierende fartsgrenser og randbebyggelse. Den har en variert kurvatur med store høydeforskjeller i terrenget. Mellom Engan og Granmo ligger et lite bygdelag oppkalt etter elven Driva. Det er vanskelig å finne tall på hvor mange det bor i Driva, men det er om lag 6000-7000 mennesker som bor i Oppdal kommune. [1]

Oppgaven går ut på å utarbeide tre ulike vegalternativer for utvalgt vegstrekning. Etter å ha utarbeidet en fagmodell for hvert alternativ skal det beste alternativet jobbes videre med. Før de andre to alternativene forkastes skal det bli gitt en grundig begrunnelse for valg av beste løsning. For det alternativet vi går videre med skal et lages en teknisk plan for. Dette innebærer B, C, F og L-tegninger. Hvert alternativ skal kostnadsberegnes ut ifra gitte enhetspriser. Mengdeberegning er også en viktig del av oppgaven.

Besvarelsen inneholder vurderinger, beregninger og begrunnelser gjort underveis i prosessen. Kostnadsberegningen er gitt under kap. 11. Resultatet fra mengdeberegningen til hvert alternativ er gitt under vedlegg 4. Annen beregning er gitt og forklart i besvarelsen.

Oppgaven er gjennomført på bachelornivå og inneholder av den grunn noen avgrensinger. Tidsmessig er arbeidsperioden kort og det er av den grunn begrenset hvor mye vi får produsert på denne tiden. Kunnskapsmessig har vi kun en grunnleggende kompetanse innenfor fagområdet.

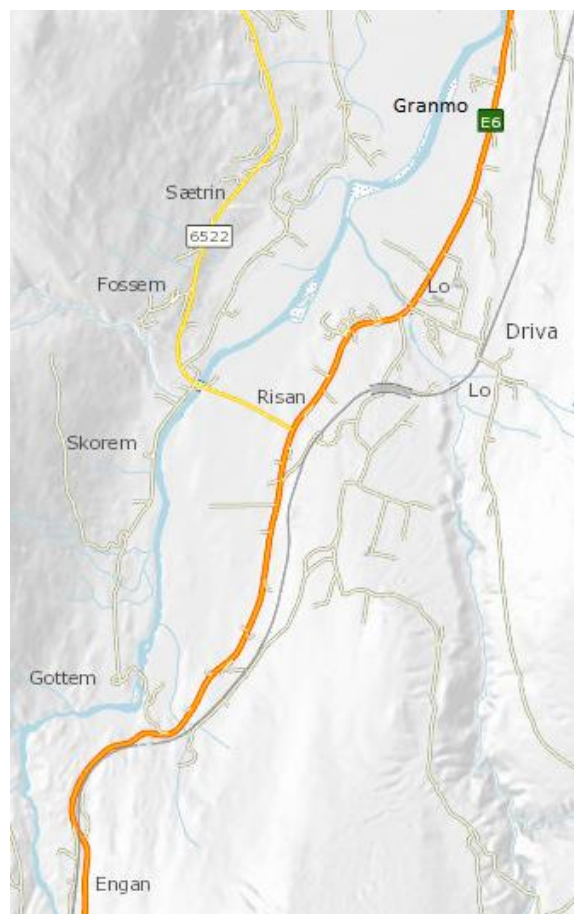
All prosjektering av vegalternativer og produksjon av tekniske tegninger er gjennomført i Novapoint 21.10 og Autocad. Beregninger knyttet til mengdeberegningene er produsert i Novapoint. Det samme gjelder utførelse av siktanalyser som i tillegg er gjort ved manuell beregning.

2 Dagens situasjon

2.1 Veg -og trafikkforhold

2.1.1 Tilknyttede veier

Vegstrekningen Engan – Granmo består av flere tilknyttede veier. Midt mellom Engan og Granmo ved Risan møter eksisterende veg fylkesveg 520 i et T-kryss. Fylkesveg 520 har ÅDT 140 og 0% tungtrafikk. Fylkesveg 520 møter fylkesveg 513 i som går inn til Oppdal. Langs fylkesveg 520 inn til Oppdal finner man for det meste gårder og boligbebyggelse. På strekningen Engan – Granmo er det om lag 50 gårdsbruk. Det er få samleveger mellom gårdene, men mange avkjørsler til randbebyggelse, gårder og annen bebyggelse. Når det kommer til jernbanen så er det flere over -og underganger (se figur 2) som knytter bebyggelse på andre siden av jernbanen sammen med hovedvegen. Dette gjør det mulig for beboende å komme seg raskt inn til Oppdal sentrum eller videre til Trondheim.



Figur 1: Strekningen Engan – Granmo

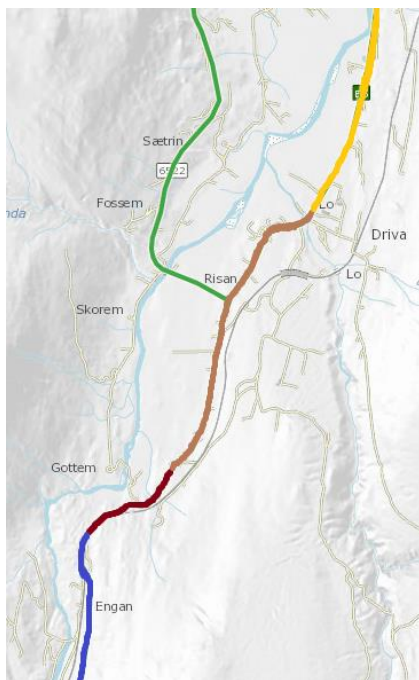


Figur 2: Bru over jernbanen



Figur 3: Krysset mellom E6 og fylkesveg 520

2.1.2 Vegdekke



Eksisterende veg har en vegbredde på 7,5 meter med kjørefelt på 3 meter og skuldre på 0,75 meter. Vegen består av ulike vegdekker med ulik dekkelevetid. Ved hjelp av Statens Vegvesen sitt vegkart fins det enkle metoder for å finne informasjon om vegdekke.

Strekningen Engan – Granmo er delt inn i fire ulike deler med ulike vegdekke (se figur 4). Vegdekket varierer i massetype, dekketykkelse og dekkebredde. Tabell 1 viser en oversikt over de ulike vegdekketyperne og leggetid på strekningen. [2]

Figur 4: Vegdekke

Fargekode	Massetype	Dekketykkelse	Dekkeleggingsdato	Normert dekkelevetid
Blå	Agb	36 mm	03.07-2012	11 år
Rød	Ab	35 mm	23.05-2017	12 år
Brun	Agb	47 mm	06.07-2010	11 år
Oransje	Ab	35 mm	23.05-2017	12 år

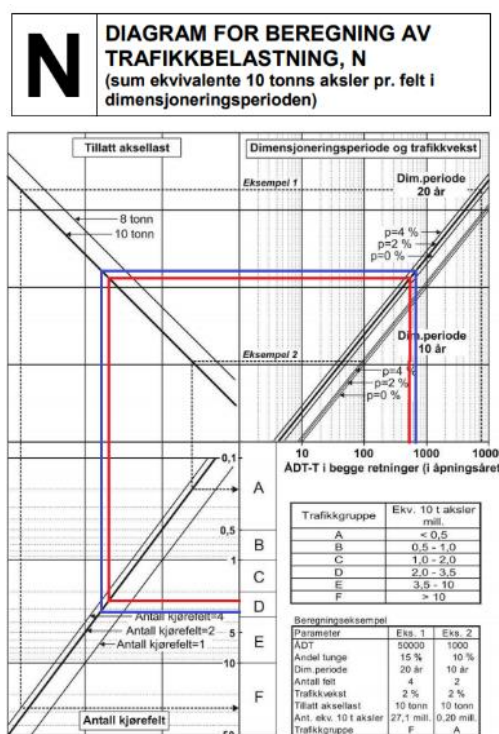
Tabell 1: Vegdekke

2.1.3 ÅDT

Strekningen Engan – Granmo består av to veger med ulik ÅDT. Fra Engan til krysset med fylkesveg 520 er det ÅDT 3050. Fra krysset og mot Granmo er det ÅDT 3200. Strekningen med ÅDT 3050 gir en ÅDT-T på 701,5. Mens strekningen med ÅDT 3200 gir en ÅDT-T på 736. Som figur 5 viser er vegen i trafikkgruppe D. Her er det brukt dimensjoneringsperiode på 20 år.

30 år fram i tid med 1% årlig vekst vil dimensjonerende ÅDT være;

$$1,01^{30} * 3200 = 4313,12 \frac{kjt}{døgn} \approx \mathbf{4320}$$



Figur 5: Trafikkgruppe

Finner ut hvor lang tid det tar før vegen har 5000 kjøretøy/døgn og får at;

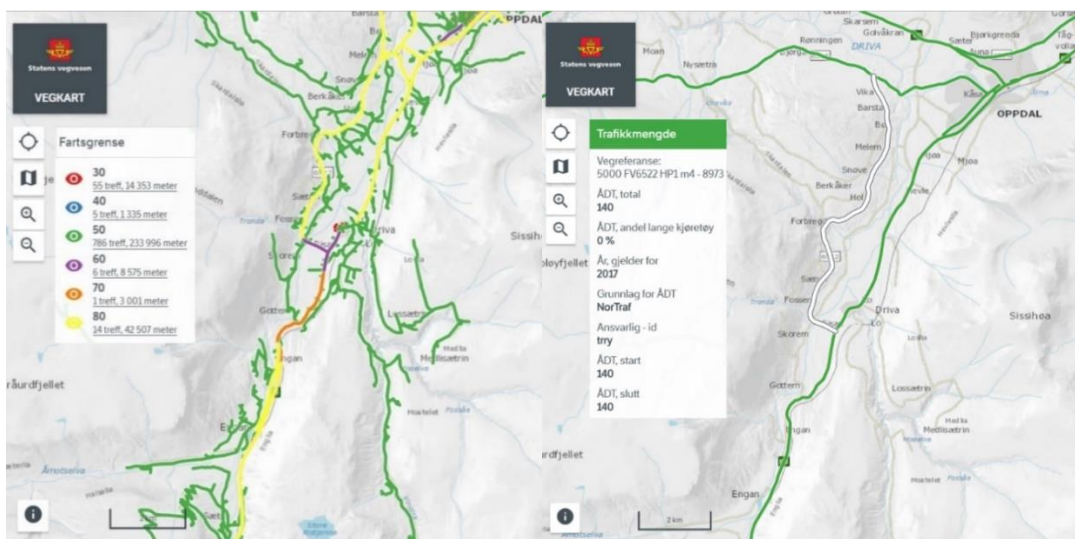
$$1,01^x * 3200 = 5000$$

$$\rightarrow \frac{\ln(5000)}{\ln(1,01)} = 44,85 \text{ år}$$

Det vil ta ca. 45 år før vegen har 5000 kjøretøy/døgn, med 1% årlig vekst i trafikken.

2.1.4 Fartsgrense

Fartsgrense er et viktig stikkord i dette prosjektet. Eksisterende veg har en variert fartsgrense på grunn av kurvaturen og mengden bebyggelse langs vegen. Figur 6 viser de varierende fartsgrensene i området. Før høyresvingen (fra sør) ved Engan endres fartsgrensen fra 80 til 70 km/t, og deretter til 60 km/t ved Driva sentrum. Etter Driva sentrum går fartsgrensen opp til 80 km/t igjen. Hovedparten av strekningen har nedsatt fartsgrense på grunn av varierende horisontalkurveradius og mange avkjørsler og randbebyggelse.

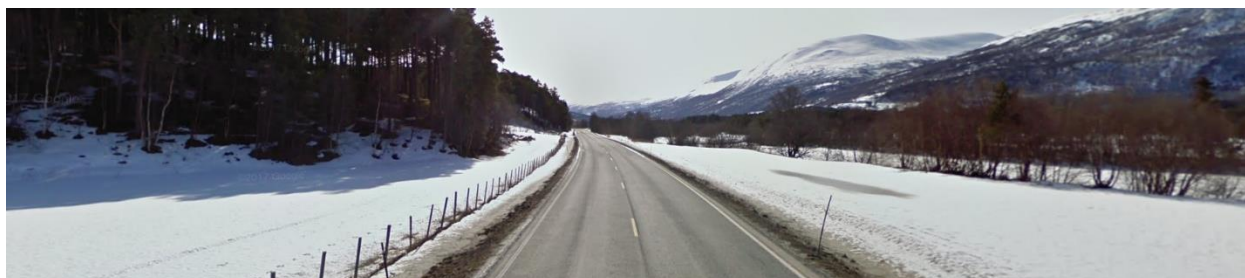


Figur 6: Fartsgrense

Figur 7: Trafikkmengde

2.1.5 Drift og vedlikehold

Eksisterende veg er dekket av snø og is store deler av året og har vinterdriftsklasse C – DkC. Dette betyr at godkjent føreforhold er bar veg i milde perioder og hard snø/is i kalde perioder. Tidskravet for gjenopprettet godkjent føreforhold etter værhendelse er 3 timer. Avkjøringene er utformet uten trafikkøyt og danner ikke et spesielt problem for brøytingen. Ellers er uttrykningstiden ved uforutsette hendelser angående drift og vedlikehold på 1 time dag og kveld ved ÅDT mellom 3001 – 20 000.



Figur 8: Eksisterende veg er store deler av året dekket av snø/is.

2.1.6 Jernbanen

På strekningen Engan – Granmo finner man Dovrebanen som går fra Trondheim til Eidsvoll over Dombås. Det var tidligere en togstasjon på Engan, men denne ble nedlagt i 1971. På Oppdal finner man Oppdal stasjon som er endestasjonen for lokaltogene fra Trondheim.

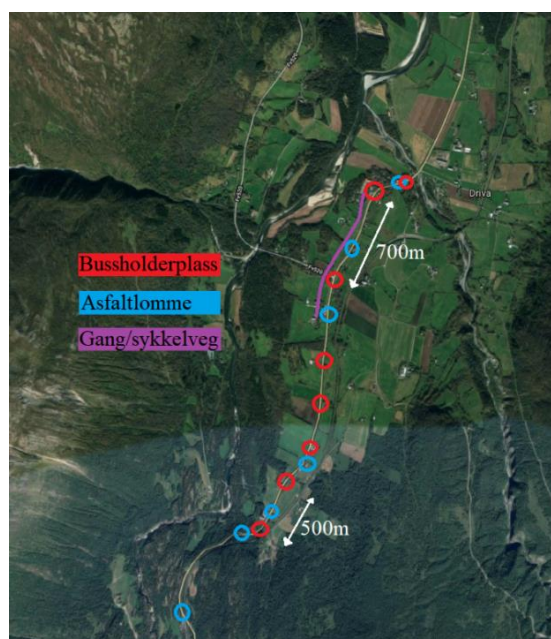
I første del av strekningen i sør krysser Dovrebanen E6. Her er det gitt en bruløsning der jernbanen ligger lavere enn eksisterende veg. Dovrebanen følger så E6 videre gjennom et par bratte svinger ned mot dalen, men holdes adskilt fra E6 med steinmur og vegetasjon. Videre går jernbanen opp i terrenget, mens E6 svinger ned mot dalen. Dovrebanen følger så E6 videre til Driva hvor den får litt avstand til hovedvegen fram til Granmo. Det er en markant høydeforskjell mellom jernbane og hovedveg gjennom hele dalen. Ved slutten av svingen er det om lag 15 meter høydeforskjell mellom E6 og jernbanen. Nedi dalen er det 20 - 23 meter høydeforskjell. Det er tydelig at jernbanen setter sitt preg på omgivelsene i området og har mye å si for transport og framkommelighet.

2.1.7 Kollektivtrafikk

Busstilbudet i området består av en skolerute som kjører 6 turer pr. dag mellom Oppdal og Engan. Hovedstoppet er Drivdalen barneskole før og etter skoletid. Avstanden mellom bussholdeplassene er 500-700m (se figur 10). Det er også en gang- og sykkelveg på ca. 1 km. sørover fra skolen. Den går rett ved siden av veien langs hele strekket og ikke slik som i illustrasjonen. Ved asfaltlommen nederst i figuren ved Engan svinger i dag bussen av og fortsetter videre til Drivstua. Det er ikke registrert andre kollektivtilbud i området, sett bort ifra jernbanen. [3]



Figur 9: Oversikt og jernbanetrasé



Figur 10: Bussholdeplasser

2.2 Lokale forhold

2.2.1 Bebyggelse

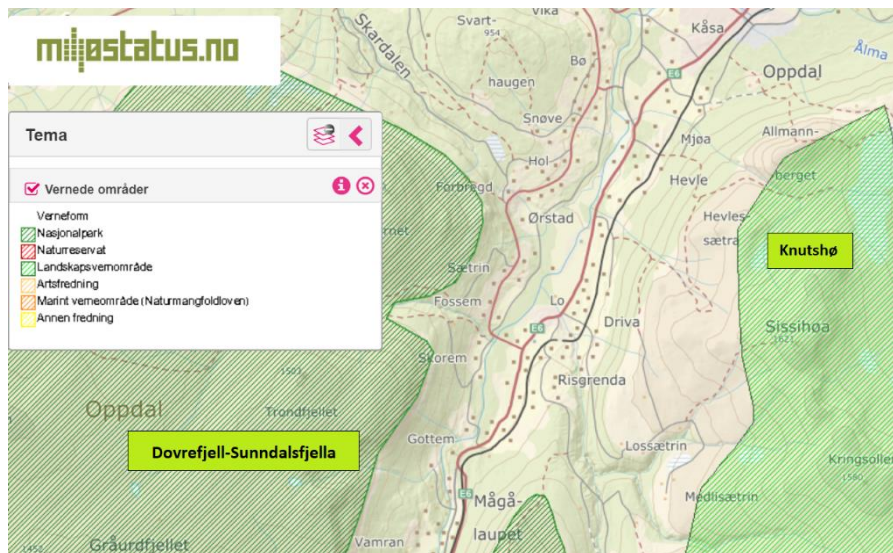
En av utfordringene ved eksisterende veg er mengden randbebyggelse. Mye randbebyggelse betyr mange avkjørsler og reduserer fartsgrensen betraktelig. I tillegg til eneboliger og gårdsbruk finner man to campingplasser på strekningen. Det er også mulig å overnatte på Driva Hytter. At det er mange muligheter for overnatting på strekningen tilsier at det er et populært sted for turister og tilreisende. Men strekningen består også av bebyggelse som er viktig for dem som bor i Driva året rundt. Midt mellom Engan og Granmo ligger Drivdalen skole og barnehage. Barneskolen hadde 41 elever skoleåret 2018/2019 og barnehagen har plass til 36 barn. Utenom alle gårdsbrukene er det lite industri i området.



Figur 11: Drivdalen barneskole

2.2.2 Vernede områder

Strekningen Engan – Granmo ligger mellom Knutshø og Dovrefjell-Sundalsfjella. Lenger sør på E6 befinner veien seg på Hjerkin/Kongsvoll/Drivdalen landskapsvernområde. Vernede naturområder betyr sårbar natur som skal bevares. Det er ikke nødvendigvis uberørt natur. I vårt tilfelle ligger ikke eksisterende veg direkte på et vernet naturområde, men det er likevel viktig å være skånsom og ta hensyn til naturområdet ved ferdsel og bruk av området. [\[4\]](#)[\[5\]](#)[\[6\]](#)



Figur 12: Kart over vernede områder Engan - Granmo

Knutshø landskapsvernområde har et areal på om lag 900 km² og ble opprettet 3.mai 2002 som en del av verneplan for Dovrefjell. Verneområdet ligger mellom Fagerhaug – Oppdal – Drivdalen, Folldalen, Savalen og Kvikneskogen – Kvikne. Formålet med landskapsvernområdet er å bevare høyfjellsområdet med blant annet villreinstammen i Knutshø villreinområde. [7][8]

Dovrefjell-Sundalsfjella nasjonalpark ble i likhet med Knutshø opprettet i 2002 og er et høyfjellsområde som grenser til Trøndelag, Oppland og Møre og Romsdal. Formålet med nasjonalparken er å ta vare på et stort urørt høyfjellsområde, dets økosystem og biologiske mangfold. Området har et areal på om lag 1800 km².



Figur 13: Knutshø landskapsvernområde



Figur 14: Snøhetta i Dovrefjell-Sundalsfjella nasjonalpark

2.2.3 Truede arter



Figur 15: Truede arter

Miljøstatus.no sitt kart er et nyttig verktøy for å få oversikt over truede dyrearter. Her kommer det fram flere ulike truede arter på strekningen Engan – Granmo. Ved Engan er planteveksten svartkurle og flere ulike varianter av rødspore kritiske truede arter. Disse artene er å finne flere steder på Engan. Det finnes også truede fuglearter som vipe og fiskemåke. Vipe står oppført som truet fugleart midt mellom Engan og Granmo. Her står også storspove, gullspurv, taksvale og stær oppført som truede arter. Elva Driva er et populært område for fiske av laks.

2.2.4 Kulturminner

Oppdal kommune består av mange kulturminner, blant annet på strekningen Engan – Granmo. Her finner man blant annet Lo kirkested, nedre Lo og Smedgården, som alle er merket som vernede kulturminner. Lo kirkested er datert til middelalderen og har en uavklart vernestatus. Kirkestedet stammer fra et kirkebygg som trolig har blitt fjernet. På Smedgården finner man et arkeologisk minne. Her er det ved bygging av uthus på gården gjort to skjelettfunn med uviss datering. Lo kirkested og Smedgården er bare to av mange kulturminner i Oppdal kommune.

Dovrefjell-Sunndalsfjella nasjonalpark regnes også som kulturminner. Nasjonalparken består av mange arkeologiske kulturminner fra forhistorisk villreinjakt. Her finner man jordgravde fangstgroper, ledegjerder og andre installasjoner brukt under jakt.

Nasjonalparken består også av spor etter tidligere ferdselsveier slik som kongeveger og

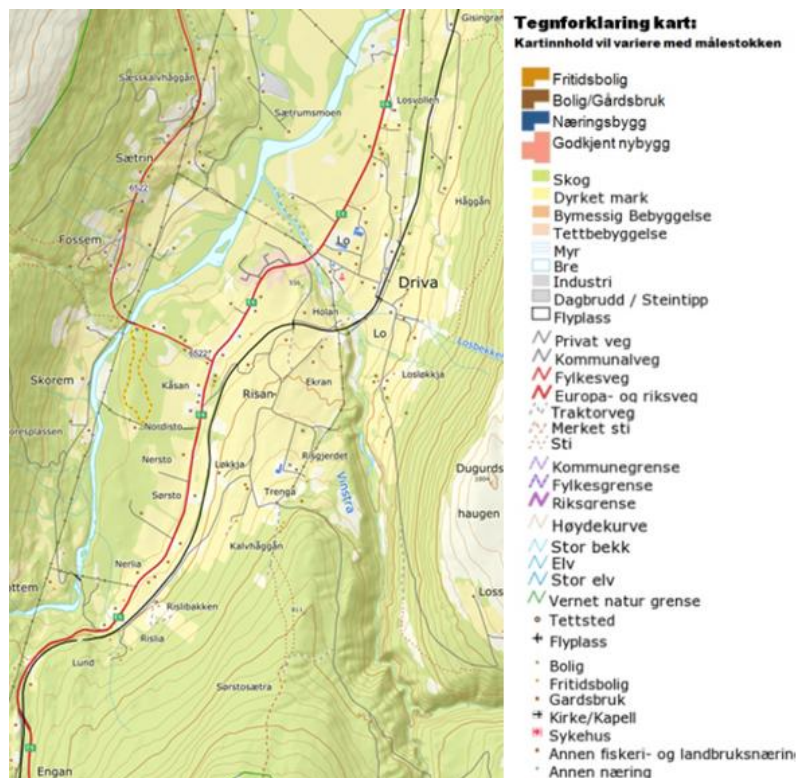
pilgrimsruter. Ferdselsveiene skapte behov for fjellstuer som er å finne i nasjonalparken i dag.

2.2.5 Dyrket mark

Bare tre prosent av Norges landareal består av dyrket mark selv om det kan virke som det er mye av det over hele landet. Dette gjør det til en knapp ressurs. Området rundt vår vegstrekning består for det meste av dyrket mark. Like ved Lo i nord ligger det dyrket mark helt ned mot vannkanten. Vegetasjonen på dyrket mark varierer etter kulturvekst. Det kan også være store variasjon i tykkelse og mengde. Dyrket mark ligger i nær tilknytning til gårdsbruk og er en viktig del av Driva.



Figur 16: Oversikt over kulturminner

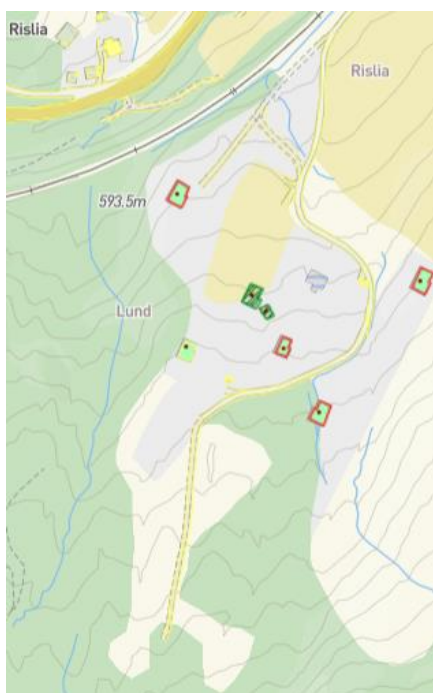


Figur 17: Dyrket mark i området

2.3 Reguleringsplaner

Det er viktig å ha god oversikt over gjeldende reguleringsplaner i området når ny veg skal planlegges og prosjekteres. I vårt område er det et par reguleringsplaner som er viktig å være oppmerksom på ved legging av ny vegtrase.

Det er planlagt en utvidelse av boligfeltet ved den krappe høyresvingen ved Engan, på den andre siden av jernbanen (Rislivegen). Disse planene tredde i kraft 3.mars 2014 og er knyttet til Lundlia hytteområde. Store deler av arealet skal brukes til fritidsbebyggelse, mens noe skal brukes til landbruk og reindrift og annen gård tilknyttet næringsvirksomhet. Figur 18 og 19 viser kommunekartet over området med og uten reguleringsplaner synlige.



Figur 18: Boligområde uten reg. plan



Figur 19: Boligområde med reg. plan

Ved Drivdalen skole er det planlagt et nytt boligområde. Reguleringsplanen er en detaljreguleringsplan for boligområde Driva og erosjonssikring på Skoremsbru i Driva. Planen tredde i kraft 14.desember 2016. Figur 20 viser kommunekartet i dag. Mens figur 21 til høyre viser reguleringsplanen for området.



Figur 20: boligområde uten reg. plan

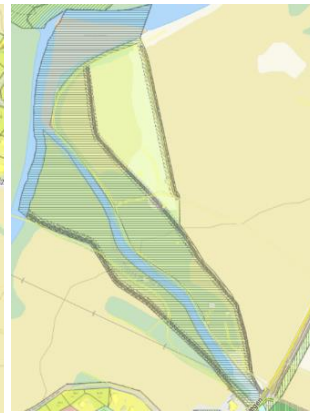


Figur 21: boligområde uten reg. plan

Når det kommer til elven Driva er det et par reguleringsplaner verdt å bemerke seg. Langs elven ved siden av planlagt boligbebyggelse nevnt ovenfor er det et landbruksområde og satt av areal til erosjonssikring som ble nevnt ovenfor. Se figur 22 og 23 under.



Figur 22: Reg.plan ved Driva elv



Figur 23: Reg.plan ved Driva elv

Forbi Driva sentrum er det et friluftsområde. 24.mai 2006 tredde reguleringsplanen i kraft for området som bestod av endelig vedtatt arealplan. Reguleringsplanen strekker seg fra øvrig hovedveg via elven Driva og ut i vassdraget. [9]

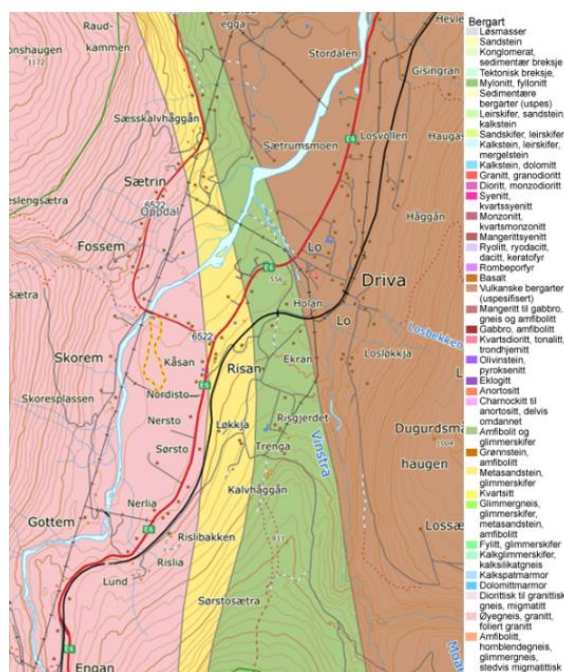
2.4 Grunnforhold

2.4.1 Løsmasser

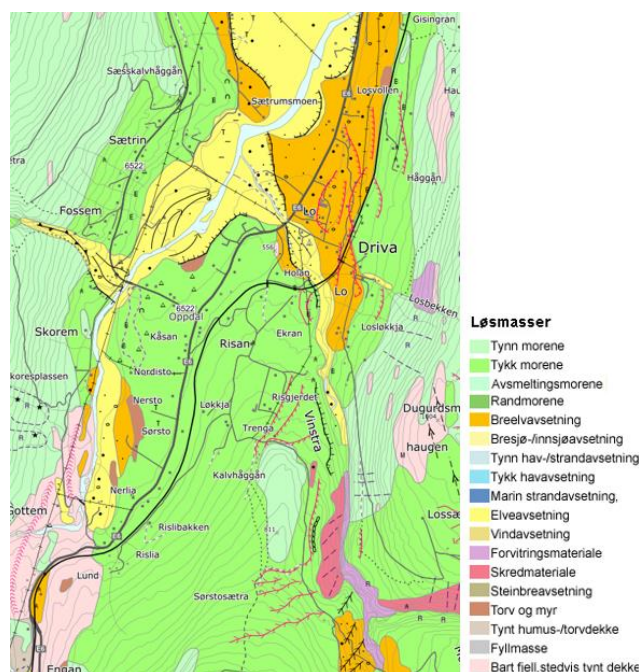
Angående løsmasser ligger eksisterende veg på tykke morenemasser, breelvavsetninger, bart fjell, breelvavsetninger og bresjø-/innsjøavsetninger (se figur 24). Det er også registrert torv, myr og skredmateriale i området. Ved Engan er det store mengder skredmateriale langs E6. [10]

2.4.2 Bergarter

Strekningen Engan- Granmo består som figur 25 viser, av fire ulike bergarter; charnockitt til anortositt, metasandstein, glimmerskifer, amfibolitt og uspesifiserte vulkanske bergarter.



Figur 25: Bergarter



Figur 24: Løsmasser

2.5 Sikkerhet

2.5.1 Trafikkulykker og trafiksikkerhet

Det er allerede nevnt at strekningen består av en ujevn kurvatur og store høydeforskjeller. Dette påvirker trafiksikkerheten i stor grad. På strekningen Engan – Granmo er det registrert 33 trafikkulykker der 4 av dem er de siste 8 årene.

2.5.2 Samfunnsøkonomiske kostnader

Samfunnsøkonomisk nytte av å unngå skader i trafikken (oppdatert til 2016-priser) viser følgende kostnader av trafikkulykker:

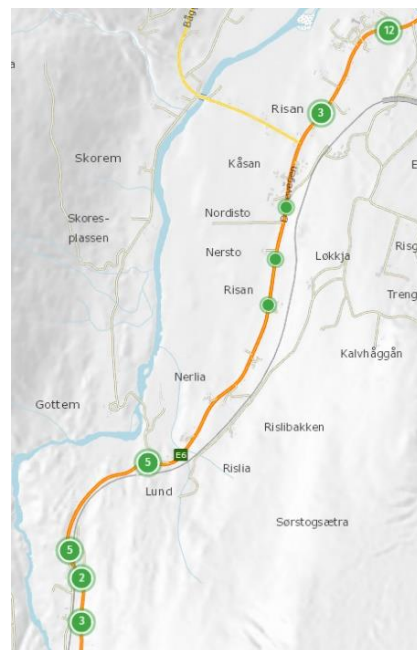
Benytter data fra KPI (konsumprisindeksen) for å oppgradere kostnad til 2018-nivå. SSB viser at 1000 kr i 2016 tilsvarte 1046,33 kr i 2018 og prisstigning er 4,6%.

Et dødsfall: $37.700.000 * (1+4.6\%) = 39.434.200$

En meget alvorlig skade: $28.600.000 * (1+4.6\%) = 29.915.600$

En alvorlig skade: $10.100.000 * (1+4.6\%) = 10.564.600$

En lettere skade: $750.000 * (1+4.6\%) = 784.500$



Figur 26: Ulykker

Skadetilfelle	Kostnad pr. tilfelle
Et dødsfall	37 700 000
En meget alvorlig skade	28 600 000
En alvorlig skade	10 100 000
En lettere skade	750 000

Engan - Granmo	Antall	Kostnad pr tilfelle	Kostnad
Antall døde	0	39.434.200	0
Antall meget alvorlig skadd	0	29.915.600	0
Antall alvorlig skadd	1	10.564.600	10.564.600
Antall med lettere personskade	3	784.500	2.353.500
Gjennomsnitt ÅDT	3060		
Antall År	8	Total kostnad	12.918.100

Tabell 2: Kostnad på strekningen siste 8 år fra ulykker

For vegstrekningen Engan – Granmo 6 km. er de beregnede tallene som følger:

Ulykkestallet er antall politirapporterte uhell med personskade:

Vegstrekning $U = 4$ ulykker (8 år)

Ulykkestettheten er antall ulykker pr enhet på et vegelement pr år eller pr km veg og år

Vegstrekning $U_t = U/t \cdot L = 4/8 \cdot 6 = 0.0833$ ulykker/km veg og år

Alvorlighetsgrad - (Antall døde + meget alv. skadd)/ulykkestallet

Vegstrekning $A = (0/43) \cdot 100 \% = 0$

Ulykkesfrekvensen beskriver risikoen ved å ferdes i vegsystemet og er praktisk mål på ulykkesrisikoen for evt. kryss eller en vegstrekning. Ulykkesfrekvensen regnes i forhold til trafikkarbeidet målt i millioner kjøretøykilometer for vegstrekning

$$\text{Vegstrekning } U_f = \frac{U * 10^6}{\text{ÅDT} * 365 * t * L} = \frac{4 * 10^6}{3060 * 365 * 8 * 6} = 0,0746$$

Skadegradstetthet er et kostnadsvektet mål på hvor mange drepte eller hardt skadde personer som forekommer på en vegstrekning i løpet av en gitt periode.

$$SGT = \frac{39,4 DR + 29,9 MAS + 10,6 AS + 1,05 LS}{km * \text{år}} = \frac{10,6 * 1 + 1,05 * 3}{6 * 8} = 0,286$$

DR = Antall drepte

MAS = Antall meget alvorlig skadde

AS = Antall alvorlig skadde

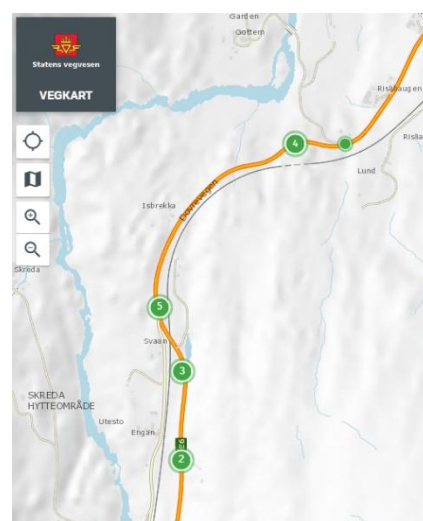
LS = Antall lettere skadde

Hardt skadde = Antall alvorlig skadd + Antall meget alvorlig skadd = 1

[11] [12] [13]

2.5.3 Risikovurdering

Vegkartet viser at ulykker skjer med større risiko i svingene. Ulykker med syklistene skjer mest i forbindelse med kryss. Det er ikke registrert noen dødsulykker i prosjektområdet vårt fra Engan til Granmo. Ifølge Statens vegvesens rapport nr 294 Temaanalyse av sykkelulykker fra 2014 skyldes i hovedsak to av tre



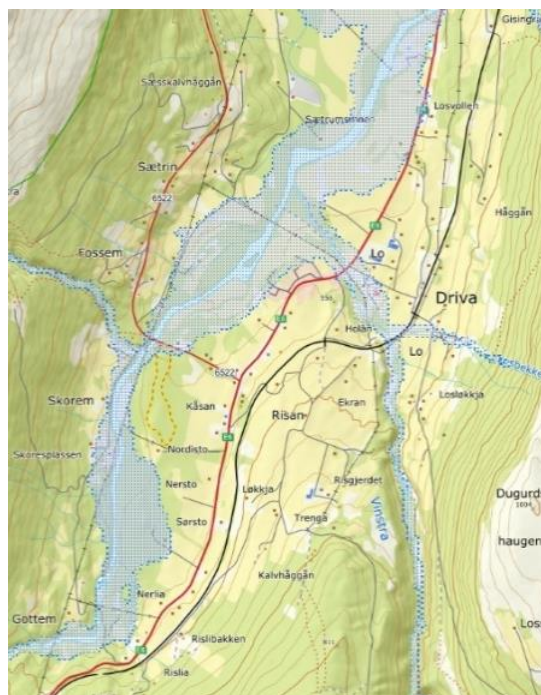
Figur 27: Ulykker i svingen

dødsulykker med syklisters ulogiske veiløsninger, dårlig sikt og lite sammenhengende tilbud til syklistene.

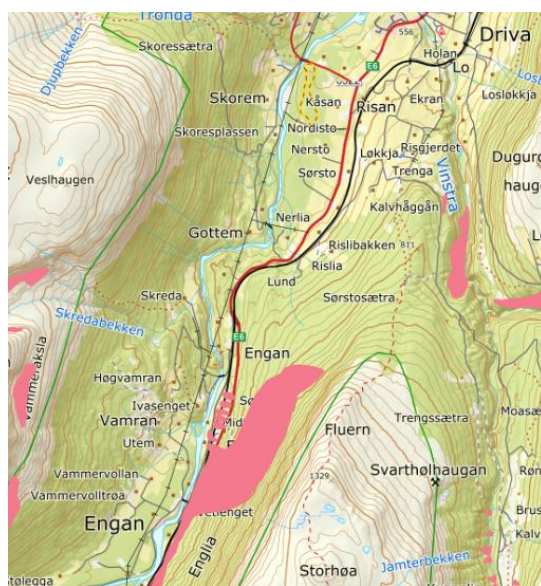
2.5.4 Flom- og Skredfare

På venstre side av eksisterende veg i retning Oppdal finner man elven Driva. Elven kommer opprinnelig fra elven Svåne som starter i Oppland ved Grytdalen og renner inn i Trøndelag, hvor den slås sammen og blir Driva ved Oppdal. Driva er vernet i henhold til verneplan III for vassdrag og er et av Midt-Norges største vassdrag. Driva var nær 10-årsflom 11. mai 2018 med en vannføring på 708 kubikk i sekundet. Dette skapte problemer for bebyggelse langs elven og nærliggende veger. Vinteren 2018 sørget snøras for oppdemming i elva. Dette førte til at vannet steg og dekket åkrer og veger langs elva. Elva gjør dermed strekningen særlig utsatt for flom.

Området inneholder også noen områder med fare for skred, litt sør i feltet, ved Engan. Men sør for Engan er det stadig jordras så vår strekning er ikke særlig utsatt i sammenligning. Det er likevel registrert flere aktsomhetsområder på NVE sine skredkart. På kartet kommer det fram at området etter svingen fra Engan er særlig utsatt for løsmasseskred. Det er også registrert fare for snø og steinskred før og i selve svingen. Det samme er registrert fra Lo og mot Granmo. Figur 29 viser skredmaterialet markert med rødt på kartet. Dette er glasielle avsetninger som nå ligger nært veien og må tas hensyn til ved forbedring av veien. [14] [15]



Figur 28: Flomsone



Figur 29: Skredmateriale

3 Alternative veger

3.1 Innledning

I oppstartsfasen av prosjektet ble det vedtatt at det skulle utarbeides flere vegalternativer på utvalgt vegstrekning. Det ble senere bestemt at det burde utarbeides minst tre ulike vegalternativer; alternativ 0, 1 og 2. Av de tre alternativene var det kun ett som skulle utarbeides videre. De andre alternativene skulle forkastes.

Bildene under viser alternativ 0, 1, og 2 med en grov linjeføring av valgalternativene. Alternativ 0 innebærer ikke store endringer i veglinjen, men har fokus på forbedring/forsterkning av eksisterende veg. Her sees det på løsninger for å bevare dagens veg uten store inngrep. Alternativ 1 og 2 har ny linjeføring som viker fra eksisterende veg. Her prosjekteres det for tunnel, bru og T-kryss. Det som skiller de to alternativene fra hverandre er hvor ny veg skal møte eksisterende veg i T-kryss. Etter en prosess med grundige vurderinger av topografi og andre eksterne faktorer, interne diskusjoner, beregninger og møter med veiledere er det valgt et alternativ som skal utarbeides videre.



Figur 30: Alternativ 1



Figur 31: Alternativ 2



Figur 32: Alternativ 0

3.2 Alternativ 0

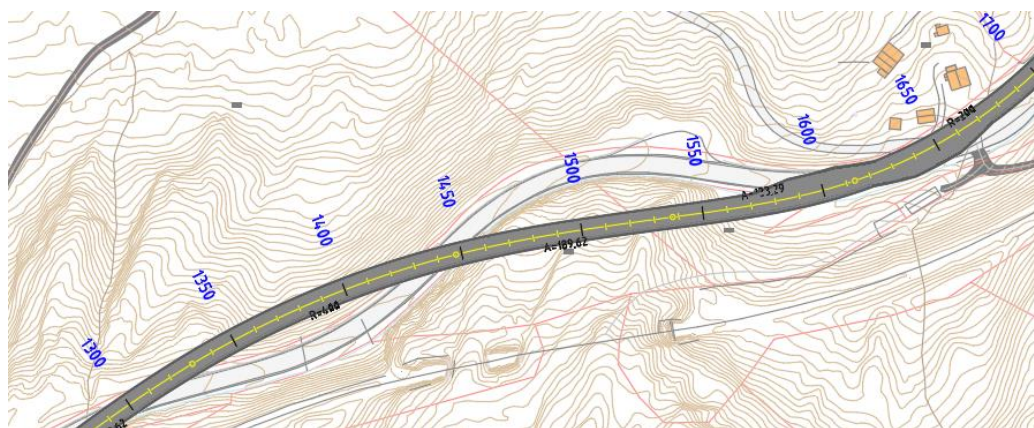
Alternativ 0 innebærer å beholde eksisterende veg. Det er gjort noen endringer i veglinjen, men det er i hovedsak snakk om å forbedre eller forsterke eksisterende veg. Den alternative vegen strekker seg i stor grad på samme sted som eksisterende veg, men har noen unntak. Disse unntakene er gjort for å få en tryggere veg med bedre framkommelighet.

3.2.1 Dimensjoneringsklasse

Eksisterende veg har en vegbredde på 7,5 meter og tilhører dimensjoneringsklassen Hø1. Alternativ 0 skal så godt det lar seg gjøre dimensjoneres ut ifra kravene til en H1-veg, men baserer seg på eksisterende veg. Dette betyr at vegbredden øker fra 7,5 meter til 9,0 meter. Når det gjelder fartsgrenser må vegen opprettholde samme fartsgrenser som eksisterende veg. Dette kommer av at vegens kurvatur og mengden randbebyggelse i området. Vegen oppfyller ikke dimensjoneringskravene til en H1-veg på hele strekningen. Dette gjør det ikke forsvarlig å øke fartsgrensen på strekningen.

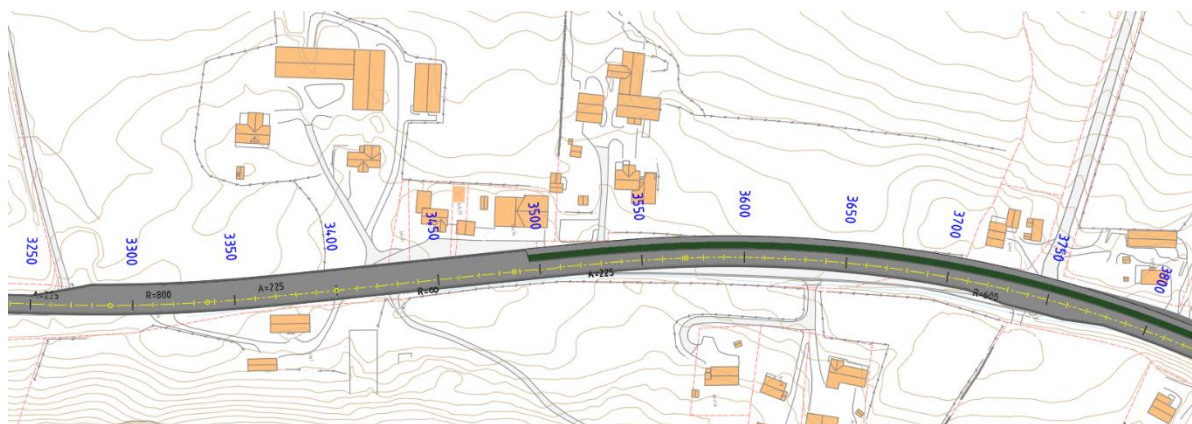
3.2.2 Horisontalkurvatur

Når det kommer til horisontalgeometri er alternativ 0 i stor grad lik eksisterende veg. Stedene som skiller seg ut er første sving fra Engan og ved Drivdalen skole. Her er det endret på radius for å få den mest optimale kurvaturen. Ved Engan er det bratt helning og flere skarpe kurver som beveger seg langs fjellveggen. Som ny løsning består alternativ 0 av flere slakere kurver i horisontalkurvaturen. Dette krever at det foretas sprengning av fjell og en del fylling på utkanten av eksisterende veg. Dette vil gi en mer oversiktlig og tryggere veg, samtidig som det fører til en del kostnader og nye utfordringer. Jernbanen går på høyre side av vegen og må tas hensyn til ved evt. fjellsprengning.



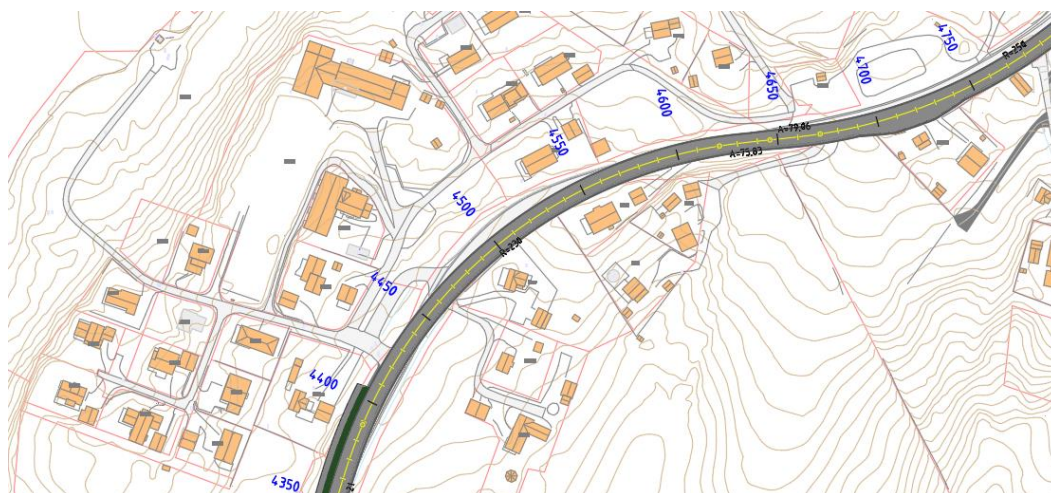
Figur 33: Viser nedre del av svingen ved Engan

Nede i dalen er det ikke gjort store endringer i veglinjen. Her følger alternativ veg eksisterende veg fram til Driva sentrum. Det er lagt inn buss- og asfaltlommer og g/s-veg på strekningen fram til Driva sentrum fra sør.



Figur 34: Viser vegen på vei til krysset med fylkesveg 520

Ved Drivdalen skole er det mye randbebyggelse som gjør det vanskelig å endre på dagens veg uten å berøre privat eiendom. Her er det blitt brukt en radius på 230 som ikke oppfyller dimensjoneringskravet til en H1-veg, men blir sett på som nødvendig for å unngå å treffe bebyggelse langs vegen. Med en fartsgrense på 60km/t i området vil ikke minstekrav til horisontalradius overskrides.



Figur 35: Viser vegen ved Driva sentrum.

3.2.3 Vertikalkurvatur

Vi har valgt en jevn vertikalkurvatur som følger terrenget i stor grad. Ved Engan gjør endringer i horisontalkurvaturen at det er behov for å jevne ut vegen med fylling. Det er også behov for fjerning av fjellmasser på samme område for å tilfredsstille horisontalkurvaturen.

(Se vedlegg 3, Geometri - Alternativ 0)

3.2.4 Gang -og sykkelveg

Det er ønskelig å opprettholde samme tilbud for gang -og sykkelveg som på eksisterende veg. Alternativ 0 er det eneste alternativet med g/s-veg. G/s-vegen befinner seg på profil 3495 til profil 4405, og ligger sør for Driva sentrum. Det er mulig å forlenge gang -og sykkeltilbudet, men med lavt antall gående/syklende i timen sees det ikke på som nødvendig. Det er størst behov for gang -og sykkelveg på vei til Drivdalen skole fra sør og det er her g/s-vegen er plassert.



Figur 36: Oversikt over g/s-veg

Gående pr time/ Syklende pr time	<15	15-100	100-200	>200
<15	Gang- og sykkelveg=2,5	Gang- og sykkelveg=3		
15-300	Gang- og sykkelveg=3	Sykelveg=2,5 Fortau= 1,5	Sykelveg=2,5 Fortau= 2	
300-1500	Sykelveg=3 Fortau= 1,5	Sykelveg=3 Fortau= 2		
> 1500	Sykelveg=4 Fortau=1,5	Sykelveg=4 Fortau= 2	Sykelveg=4 Fortau= 2,5	

Tabell 3: Dimensjoneringstabell for g/s-veg

Det antas at det er < 15 gående/syklende per time. Dette gir en gang -og sykkelveg på 2,5 meter med skuldre på 0,25 meter.

Fartsgrense veg (km/t)	Avstand mellom veg og gang- og/eller sykkelveg (m)
50, 60	1,5
70, 80	3
≥ 90	Utenfor vegens sikkerhetssone, se håndbok N101 Rekkverk og vegens sideområder [4]

Tabell 4: Avstand mellom veg og g/s-veg

Mellom g/s-veg er det lagt en grøfteskråning med helning 1:2 med bredde 1,2 meter. Grøftebunnen er 0,5 meter bred. Avstand mellom veg og gang -og sykkelveg blir da 2,9 meter. Dette oppfyller krav til avstand ved 60 km/t, se tabell 4.



Figur 37: Gang- og sykkel veg i Novapoint og i virkeligheten

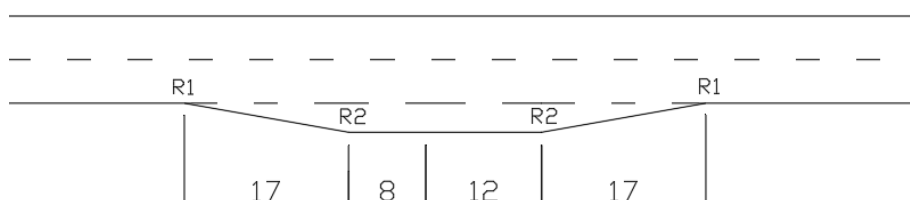
3.2.5 Busslommer

Eksisterende veg er godt tilrettelagt for kollektivtransport og består av flere busslommer. Det er viktig at alternativ 0 kan tilby det samme kollektivtilbudet på strekningen. Ved utbedring av vegen i form av større vegbredde må nye busslommer uformes etter utbedringsstandard. Vanligvis vil målene på busslommen variere ut ifra om fartsgrensen er over eller under 80 km/t, men ved utbedring dimensjoneres det for $\leq 80\text{km/t}$. Fartsgrensen ligger på 60 km/t og 70 km/t der det er busslommer. Ved utbedring av veger har busslommene en innkjøringslengde på 17 meter med 20 meter som oppstillingsplass og 3 meter bredde.

Fartsgrense (km/t)	Innkjøringslengde	Lengde oppstillingsplass	Utkjøringslengde	R1	R2	Bredde på busslomme
≤ 80	17	n x 20	17	20	20	3

Tabell 5: Busslommeutforming

Utforming av busslomme ved utbedringsstandard (mål, m):



Figur 38: Busslomme-dimensjoner



Figur 39: Busslomme

Figur 39 viser en av busslommene slik de er i dag, og en busslomme tegnet i Novapoint med utbedringsstandard. Her har vegen 9,0 meter vegbredde.

3.2.6 Rekkverk

For å oppnå god trafiksikkerhet er det nødvendig å sette opp rekkverk langs vegen der sideområdet har bratt fall eller farlige hinder i sideområdet. På alternativ 0 beholdes gjeldende rekkverk i dagens situasjon i stor grad.

3.2.7 Forsterkningsbehov

Alternativ 0 innebærer å finne forsterkningsbehovet til eksisterende veg. Forsterkning er aktuelt på eksisterende veg dersom man ønsker å blant annet bedre vegens bæreevne, øke tillatt aksellast, forlenge dekkelevetiden eller foreta kantforsterkning. Dersom dekkelevetiden er unormalt lav i forhold til det som anses som akseptabel dekkelevetid for den aktuelle dekketyper og trafikkbelastningen (ÅDT) er det et forsterkningsbehov.

For veger med ÅDT 3000-

5000 er det

stive dekketyper (Ska,

Ab, Agb) som skal brukes.

Strekningen Engan –

Granmo er som tidligere

nevnt delt i fire deler med

ulikt vegdekke, se avsnitt [2.1.2](#).

D	DEKKE (SLITELAG OG BINDLAG) AV BITUMINØSE MASSER (lagtykkelser i cm)			
	ÅDT (i åpningsåret)			
Dekketype	0 - 1500	1500 - 3000	3000 - 5000	> 5000
Myke dekketyper	4,0	4,0		
Stive dekketyper	3,0 over 3,0	3,5 over 3,0	4,0 over 3,0	4,5 over 3,5

Tabell 6: Dekke

For at det skal være et forsterkningsbehov ved unormalt lav opptredende dekkelevetid må vegen ha en funksjonell dekkelevetid på 8 år eller mindre. Eksisterende veg med asfaltbetong-dekke har en funksjonell dekkelevetid på 7 år. [2]

Levetidsfaktor 2)	Trafikkgruppe (N, mill.)			
	A (< 0,5)	B (0,5 - 1)	C (1 - 2)	D (2 - 3,5)
f = 0,7	9	9	10	11
f = 0,6	12	13	14	15
f = 0,5	15	17	18	19

1) I tillegg til de oppgitte indeksverdier forutsettes at evt. spordannelse er rettet opp
 2) Vegdekkets levetidsfaktor, f = forholdet mellom funksjonell dekkelevetid og normert dekkelevetid

Finner først levetidsfaktoren, f, som er forholdet mellom funksjonell og normert dekkelevetid. I vårt tilfelle blir f = 7 / 12 = 0,6

Vegen befinner seg i trafikkgruppe

D. Forsterkningsbehovet, F_{diff} ,

blir dermed **15**.

Tabell 7: Forsterkningsbehov

For vegdekker med levetidsfaktor mellom 0,7 og 0,5 skal det tas utgangspunkt i forsterkningsbehov som angitt i tabell 7 over, men forsterkningsbehovet skal også undersøkes ved hjelp av oppgravingsprøver. Det har ikke blitt gjort noen form for oppgravingsprøver for å finne forsterkningsbehovet i dette prosjektet.

På en del veger er tillatt aksellast mindre enn 10 tonn. Dersom tillatt aksellast skal økes må man vurdere behovet for forsterkning. Ved økning av tillatt aksellast er det egne forsterkningsbehov. På eksisterende veg dimensjoneres det for veg med tillatt aksellast på 10 tonn. Det er derfor ikke nødvendig å se på eventuell økning av aksellast og forsterkningsbehovet knyttet til dette.

3.3 Alternativ 1

Alternativ 1 består av en 6 km ny avkjørselsfri 2-feltsveg som strekker seg fra Engan mot Granmo med en 780 meter lang tunnel i begynnelsen. Vegen møter fylkesveg 520 i form av en bruløsning, der fylkesvegen går i en bru over hovedvegen. Videre legges vegen på utsiden av Driva sentrum med elven på venstre side i retning Oppdal. Rett før Granmo svinger vegen inn på eksisterende veg og danner et T-kryss. På denne måten unngår veien mange avkjørsler og får en mye tryggere og bedre kurvatur.

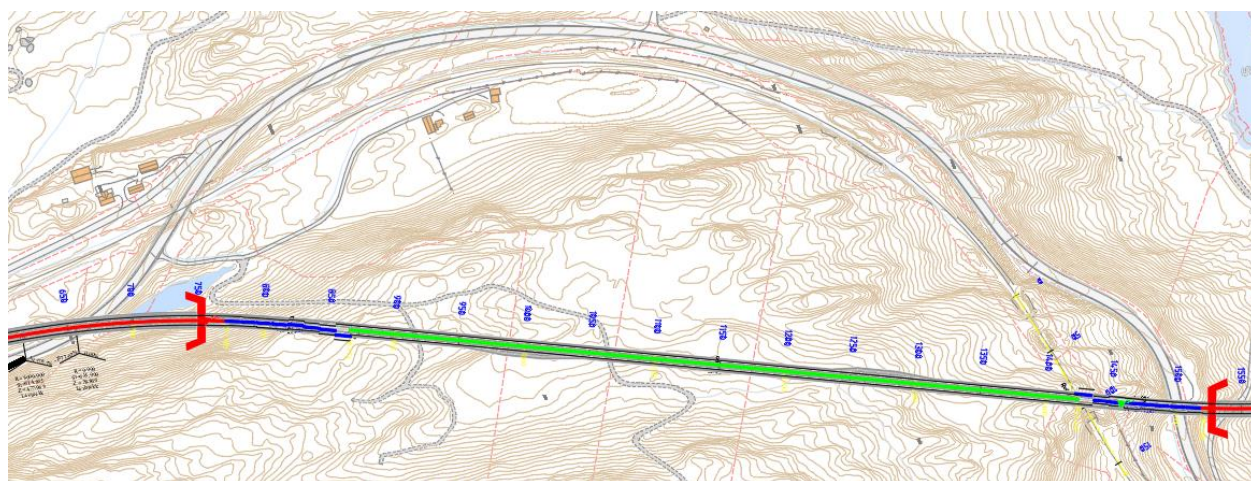
3.3.1 Dimensjoneringsklasse

Den alternative vegen befinner seg i dimensjoneringsklassen H1 med ÅDT < 6000 og fartsgrense på 80 km/t. Vegbredden vil være 9 meter med kjørefeltbredde på 3,25 meter. Dette er en stor forbedring fra eksisterende veg som har vegbredde på om lag 7,5 meter. I tunnelen utvides veien med 0,25 m. mellom kjørefelt og skulder. Total vegbredde i tunnelen er dermed 9,5 meter.

3.3.2 Horisontalkurvatur

Alle krav til horisontalkurvatur er opprettholdt i henhold til dimensjoneringsklassen H1. Vi har valgt å bruke en slak horisontalradius på hele vegstrekningen med radius ≥ 550 m.

Ved Engan er det etter siktberegninger valgt en radius på 770 ved inngangen til Drivatunnelen. Dette er for å sørge for optimal sikt og sikre trafikantenes sikkerhet. I tunnelen er det gitt ett rettstrekk med klotoider i hver ende for å gi gode siktforhold.



Figur 40: Tunnel alt. 1

Ved utgangen av tunnelen kommer en ny sirkelbue med radius på 770 etterfulgt av ett langt rettstrekk. Videre møter vegen fylkesveg 520 i en bruløsning. Her er det lagt inn

rettstrekk og stor horisontalradius på nordre side av bruløsningen for å opprettholde god sikt. Mellom elven Driva og Driva sentrum ligger vegen langs høydekurvene i en trygg avstand fra elven. Her er det forsøkt å ta hensyn til gjeldende reguleringsplaner så godt det lar seg gjøre. Ved enden av vegstrekningen ender vegen i et T-kryss med eksisterende veg.

På hele vegstrekningen er det forsøkt å legge horisontalkurvaturen slik at eksisterende bebyggelse ikke blir påvirket. Ellers er horisontalkurvaturen bestemt på bakgrunn av kravene til dimensjoneringsklassen i HB N100 og høydekvotene i terrenget.

3.3.3 Vertikalkurvatur

Vertikalkurvaturen følger kravene til dimensjoneringsklassen i HB N100 og unngår minimum vertikalradius. Vertikalkurvaturen har stor helning på begynnelsen av horisontalkurvaturen i sør. Her er det gitt en stigning på 5,6 % i dagen.

Vertikalkurvaturen er på begynnelsen lagt lavere enn dagens terreng for å unngå for stor stigning i tunnelen. Gjennom hele tunnelen er det en helning på 5,0 % som tilfredsstillere kravet om maks stigning i tunnel. Videre trengs det å jevne ut vegen med 5-10 meter fylling ved utkant av tunnel for å tilfredsstillere stigningskravet. Vertikalkurvaturen følger i stor grad terrenget, men består av et lavbrekk under terrengnivå ved møte med fylkesveg 520. Her er det registrert 7 meter høydeforskjell mellom vegflatene. Det er ellers valgt stor vertikalradius for å gjøre vegstrekningen trygg å kjøre på.

(Se vedlegg 3, Geometri - Alternativ 1)

3.3.4 G/s-veg og kollektivtilbud

Det er, i likhet med alternativ 2, ikke dimensjonert for gang -og sykkelveg eller kollektivtilbud på vegstrekningen. Dimensjonerende fartsgrense er for høy for at et slikt tilbud skal gi god trafikksikkerhet. Kollektivtilbudet vil fortsatt gjelde på eksisterende veg.

3.3.5 Rekkverk

Alternativ 1 har rekkverk på flere deler av vegstrekningen. Dette er for å ivareta sikkerheten til trafikantene på steder der sideområdene er for bratte. Med mye fylling flere deler på strekningen og stor stigning i dagen er rekkverk et nødvendig tiltak.

3.3.6 Tunnel

Det er valgt å utforme en 780 meter tunnel ved Engan for å unngå ujevn horisontalkurvatur i dagen. Tunnelen består av to havarinisjer og har maksimal tillatt stigning. Bruker tunnelprofil T9,5. Har valgt å kalle tunnelen Drivatunnelen.

3.3.7 Bru

Det ble diskutert flere ulike løsninger når det gjaldt vegens møte med fylkesveg 520. Det var aktuelt å se på X-kryss, to T-kryss og bru. Planskilt kryss og rundkjøring utgikk basert på ÅDT og dimensjoneringsklassekrav. Vi kom til slutt fram til at det beste for å få en avkjørselsfri veg er å ha en bru istedenfor kryss. Dette vil by på noen utfordringer, men for at hovedvegen skal gi bedre framkommelighet og mindre avkjørsler anses dette som nødvendig. Videre blir det også nødvendig med en bru over elva forbi Driva sentrum.

3.3.8 T-kryss

Alternativ 1 består av ett T-kryss, helt nord på vegstrekningen før Granmo. Her vil den alternative vegtraseen møte eksisterende veg i et forskjørsregulert T-kryss.

3.4 Alternativ 2

Alternativ 2 består en 4 km ny avkjørselsfri 2-feltsveg som strekker seg fra Engan til Driva sentrum. I starten av vegtraseen er det lagt inn en 770 meter lang tunnel for å unngå de skarpe svingene ned mot Drivdalen. Veggen møter fylkesveg 520 på samme måte som alternativ 1, i form av en bruløsning. Videre svinger veien inn mot tettstedet og knyttes til eksisterende veg med et T-kryss. Ved å legge vegen inn mot eksisterende veg såpass tidlig unngår en konflikt med reguleringsplaner og eventuelle flomfarer.

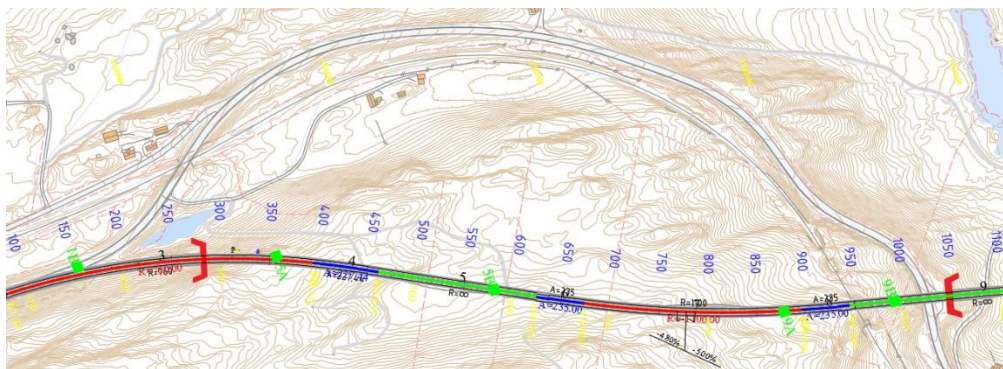
3.4.1 Dimensjoneringsklasse

Vegen befinner seg i samme dimensjoneringsklasse som alternativ 1. Når det kommer til tunnelen gjelder samme utvidelse som ved alternativ 1.

3.4.2 Horisontalkurvatur

Alle krav til horisontalkurvatur er opprettholdt i henhold til dimensjoneringsklassen H1. Vegen har en variert horisontalkurvatur med radius ≥ 300 m.

Ved Engan er det etter siktberegninger valgt en radius på 760 ved inngangen til Drivatunnelen. Tunnelen i alternativ 2 skiller seg fra alternativ 1 ved å ha sirkelbue inni tunnelen med radius 1000meter.



Figur 41: Tunnel alt. 2

Deretter går veien ut i dagen og vi benytter området med tett skog, som har en flat vertikal kurvatur. Vegen møter fylkesveg 520 på lignende vis som alternativ 1 i form at et rettstrekk med klotoider etterfulgt av en sirkelbue med radius 600. Etter møtet med fylkesveg 520 svinger vegen seg inn til Driva sentrum og resulterer i et T-kryss med eksisterende veg. Her er det gitt den minste radius på 300 for å treffe eksisterende veg med riktig innfallsvinkel.

3.4.3 Vertikalkurvatur

Vertikalkurvaturen følger kravene til dimensjoneringsklassen i HB N100 og unngår minimum vertikalradius. Vertikalkurvaturen har stor helning på begynnelsen av horisontalkurvaturen i sør. Her er det gitt en stigning på 4,8% i dagen. Samme stigning gjelder også i tunnelen. Dette er gjort for å tilfredsstille kravet til maks stigning som er 5 %. Ved utgangen av tunnelen er det 5% i dagen. Dette resulterer i om lag 5-35 meter fylling. Ellers følger vertikalkurvaturen terrenget i stor grad, men består av et lavbrekk under terrengnivå ved møte med fylkesveg 520. Her er det registrert 6-7 meter høydeforskjell mellom vegflatene. Det er ellers valgt jevn vertikalradius i henhold til dimensjoneringskravene for å gjøre vegstrekningen trygg å kjøre på.

(Se vedlegg 3, Geometri - Alternativ 2)

3.4.4 G/s-veg og kollektivtilbud

Alternativ 2 dimensjonerer ikke for gang -og sykkelveg eller kollektivtilbud på vegstrekningen.

3.4.5 Rekkverk

Vegen trenger rekkverk på flere deler av vegstrekningen på grunn av store stigninger i dagen og mye fylling enkelte plasser. Rekkverk er et viktig sikkerhetstiltak.

3.4.6 Tunnel

Tunnelen har en tunnellengde på 770 meter og befinner seg i tunnelprofil T9,5. Tunnelen består av to havarinisjer og har stigning 4,8 %.

3.4.7 Bru

Alternativ 2 har i likhet med alternativ 1 samme bruløsning for fylkesveg 520. Dette er et tiltak for å bygge opp under strategien om avkjørselsfri E6, men krever en dyp skjæring om ikke fv. 520 skal løftes betraktelig.

3.4.8 T-kryss

I nordlige del av vegtraseen, rett før Driva sentrum, knyttes vegen opp mot eksisterende veg i et T-kryss. Her måtte vi flytte på eksisterende veg for å få riktig innfallsvinkel til hovedvegen. Det antas at størst andel bilister svinger mot høyre i krysset i retning Oppdal.

3.5 Drøfting av alternativer

3.5.1 Alternativ 0

Fordeler	Ulemper
Beholder kjent kjøremønster i stor grad	Blir ikke færre avkjørsler
Tilrettelagt for fotgjengere og syklist	Behov for store mengder fylling
Tilrettelagt for kollektivtrafikk	Stort masseunderskudd
Større vegbredde gir bedre trafiksikkerhet	Blir ikke økt effektivitet når gjeldende fartsgrenser brukes
Ikke behov for ekspropriasjon	Krever reasfaltering
Billigste alternativ	Generelt store kostnader uten særlig store endringer i veglinjen

Tabell 8: Fordeler og ulemper alt. 0

Alternativ 0 innebærer både fordeler og ulemper. Alternativet beholder kjent kjøremønster og unngår med dette unødvendig ekspropriasjon. Dagens næring, kollektivtilbud, g/s-veg og annen virksomhet vil ikke bli påvirket. Men endringene som gjøres er likevel kostbare og gir et masseunderskudd (se kap. 11). Ved Engan vil det være behov for flere meter med fylling i høyden, som er både kostbart og tidkrevende. Inngrep i fjellveggen langs veg og jernbane kan skape rasfare og være økonomisk kostbart hvis overskuddsmassene er store. Store deler av kostnadene vil også gå til reasfaltering og forsterkning av veg. Dette kan skape problemer for framkommelighet i anleggsfasen når eksisterende veg utbedres og det ikke finnes andre veger å bruke.

På tross av små endringer og nye løsninger det er ingen av tiltakene som vil gi en avkjørselsfri veg med høyere fartsgrense og jevnere kurvatur. Vegen vil ikke kunne bidra med noe nytt eller innovativt på tross av store kostnader. Vil det ikke da være mer økonomisk å bygge en helt ny veg i stedet? Det er av akkurat denne grunn at det er bestemt å ikke gå videre med alternativ 0. Alternativet forkastes med bakgrunn i manglende positive endringer. Vegen vil bli bedre å kjøre på, men vil ikke bidra til en avkjørselsfri E6 med bedre framkommelighet og tryggere kjøreforhold.

Alternativ 0 forkastes.

3.5.2 Alternativ 1

Fordeler	Ulemper
Avkjørselsfri veg	Behov for ekspropriasjon
Høy fartsgrense på hele strekningen	Behov for fylling
Ny linjeføring	Maks stigning i tunnel
Tunnel erstatter krevende kurvatur	Ikke tilrettelagt for kollektivtrafikk
Oppdatert vegnormalstandard	Stort masseoverskudd
Unngår å måtte kjøre innom tettstedet	
Slipper kryss ved fylkesveg 520	

Tabell 9: Fordeler og ulemper alt. 1

Alternativ 1 er et forslag til helt ny linjeføring av en avkjørselsfri veg, men også nye veger bærer med seg noen utfordringer. Alternativet står for et nytt kjøremønster med tunnel som har maksimal stigning på 5%. Til tross for stor stigning består tunnelen av rettstrekk slik at siktforholdene er gunstige og stigningen kan godtas. Maksimal stigningsgrad i tunnelen gir behov for et par meter fylling ved utgangen i nord. Dette vil bære med seg en del kostnader, men hvis steinmasse fra tunnelutgraving brukes anses det som en god løsning. Videre i dagen blir det behov for en del ekspropriasjon da det er mye dyrket mark på strekningen. Men dette anses som et krav til løsning for avkjørselsfri veg og må regnes med.

En av de største utfordringene med alternativet er tilknytning til elven Driva. Vegen strekker seg på utsiden av Driva sentrum og ligger i et flomaktsomhetsområde (se kap. 1.6.4.). Likevel sørger høydeforskjeller og beliggenhet for at vegen er i trygg avstand fra elven. Men det er viktig at vegen har gode sikkerhetstiltak i tilfelle en flom oppstår. Utenom stor fare for flom sørger alternativets traseomlegging til at vegen blir avkjørselsfri når den beveger seg på utsiden av tettstedet Driva. På denne måten unngår vegen randbebyggelse og variasjon i fartsgrense, samtidig som den oppnår bedre framkommelighet til Oppdal.

Alternativ 1 klarer altså å innfri kravene som ble gitt på forhånd. Vegen er avkjørselsfri hele strekningen, har 80 km/t fra start til slutt og består av kryss -og bruløsninger som gir god framkommelighet. Alternativet møter på noen utfordringer knyttet til kostnader, elv og tunnel, men det anses som nødvendige tiltak for å få fram en veg som trengs sterkt. I motsetning til de andre alternativene er alternativ 1 ett alternativ som er verdt å gå

videre med. Det er en veg som skal gi trafikantene større trygghet på vegen i tillegg til økt framkommelighet. Det er en veg med spennende løsninger og tilfredsstillende resultat.

Alternativ 1 er det alternativet vi skal gå videre med.

3.5.3 Alternativ 2

Fordeler	Ulemper
Avkjørselsfri veg	Behov for ekspropriasjon
Høy fartsgrense på hele strekningen	Behov for store mengder fylling
Ny linjeføring	Maks stigning i tunnel
Tunnel erstatter krevende kurvatur	Svinger inn til tettstedet
Oppdatert vegnormalstandard	Ikke tilrettelagt for kollektivtrafikk
Slipper kryss ved fylkesveg 520	Stor skjæring ved påhugg til tunnel.
	Stort masseoverskudd

Tabell 10: Fordeler og ulemper alt. 2

Alternativ 2 er et forslag til helt ny linjeføring av en avkjørselsfri veg med tunnel i sør. Tunnelen er en god løsning for å unngå den krevende kurvaturen langs fjellveggen, men bærer med seg noen utfordringer. Tunnelen ligger nært maksimal stigning og begynner og slutter i en kurve. Krav til sikt er opprettholdt ved beregninger, men slike inn- og utgangskurver er likevel med på å redusere sikt til møtende bilister. En annen utfordring knyttet til tunnelen er utgangspartiet i nord. På grunn av krav til maksimal stigning i tunnelen blir det behov for store mengder fylling i dagen etter tunnelen. Dette gir store kostnader, men det kan være en fordel om steinmassen fra tunnelen brukes som steinfylling. På denne måten unngår man store transportkostnader og masseoverskudd.

En annen utfordring er vegens linjeføring. I stedet for å gå fra Engan til Granmo strekker vegen seg fra Engan til tettstedet Driva. Alternativet består da av en relativ kort strekning på 4 km. Vegen vil ikke gi like god framkommelighet når den må innom tettstedet hvor fartsgrensen minker til 60 km/t. Her er det i tillegg flere avkjørsler og randbebyggelse som ikke gir det, alternativet i utgangspunktet, lover. På en annen side unngår vegen fare for flom og telehiv fra elven og det er kun behov for én bru på strekningen. Men med tanke på at ny veg skal være avkjørselsfri, ha høy fartsgrense og gi bedre framkommelighet til Oppdal, oppfyller ikke alternativ 2 kravene til ny avkjørselsfri veg.

På tross av ny linjeføring, høyere fartsgrense, tunnel, bru og ny vegnormalstandard tilfredsstillende ikke alternativ 2 alle kravene som blir gitt. Vegen er ny og innovativ, men den strekker seg ikke langt nok og kurvaturen er noe ujevn. Totale kostnader er alt for store med tanke på veglengde og løsninger som er gitt. Masseoverskuddet er stort og mengden fylling som trengs er krevende. Alternativ 2 anses derfor ikke som et forslag verdt å gå videre med. Vegen bidrar til avkjørselsfri veg i 4 km, men den tar oss ikke fram til Granmo på best mulig måte.

Alternativ 2 forkastes.

3.5.4 Valg av veglinje

Etter konklusjonene er gjennomgått står alternativ 1 fram som et aktuelt og godt alternativ å jobbe videre med. Resten av oppgaven vil derfor handle om dimensjonering av veien med linjeføringen lagt til grunn i alternativ 1, og de egenskapene veien kan tilby for nye E6, som en sikker, rask og gunstig vei som skaper flyt i trafikken. Dette innebærer delemner som kryssgeometri, bru, rekkverk, tunnel, drenering og siktforhold. Oppgaven tar også for seg mengdeberegning og kostnadsestimat for endelig løsning.

4 Dimensjoneringsnotat

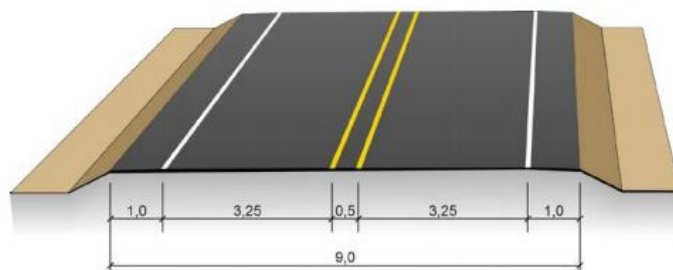
Dimensjonering av veger skal utføres slik at trafikken kan avvikles med stor sikkerhet og god framkommelighet. Det skal bestemmes kjørebanebredde, antall kjørefelt, minste horisontalkurveradius og minste vertikalkurvatur. Dette skal utformes ut ifra årsdøgntrafikk (ÅDT), dimensjoneringsperiode og fartsgrense. Utformingskravene er å finne i de ulike dimensjoneringsklassene i håndbok N100. Det er viktig å presisere at håndbok N100 fra 2019 er den nye gjeldende standarden og ikke håndbok N100 fra 2013.

4.1 Dimensjoneringsklasse

Den planlagte vegstrekningen skal ha en planlagt fartsgrense på 80 km/t og ÅDT lik 3200 i dag, men vil ha en økning til 4320 kjøretøy/døgn de neste 30 årene (vist i 2.1.4.). Dette plasserer vegen i dimensjoneringsklassen H1- nasjonal hovedveg. Kravene for å velge en H1-veg er ÅDT < 6000 og fartsgrense på 80 km/t. Det er viktig at dimensjoneringskravene til H1 oppfylles og tas hensyn til under prosjekteringen. Minste horisontalkurveradius på en H1-veg er 250. Ingen kurver skal ligge under dette minstekravet. Det samme gjelder for siktlengde, vertikalkurvatur, klotoider og stigningsgrad. Det stilles også egne krav til breddeutvidelse. Det er viktig å følge prosjekteringstabellen for å oppnå kravene til enkeltelementene i linjeføringen.

4.2 Tverrprofil

Det skal planlegges en tofeltsveg med 9,0 m vegbredde slik forslaget til nye vegnormaler legger opp til. Bruk av vegbredde 9,0 m med forsterket midtoppmerking vil ha god trafiksikkerhetsmessig effekt. Vegen har en skulderbredde på 1 meter og hvert av kjørefeltene har en bredde på 3,25 meter. I midten av vegen er det 0,5 meter med forsterket midtoppmerking mellom de to kjørefeltene. Vegen skal dimensjoneres for modulvogntog (MVT).



Figur 42: Normalprofil

4.3 Dimensjonering av vegoverbygning

Vegoverbygningen skal fordele laster fra trafikken til undergrunnen slik at det ikke oppstår skadelige eller uønskede deformasjoner. Derfor er bygging av vegen med bæredyktige, ikke-telefarlige og ikke-vannømfintlige materialer ekstremt viktig for å beholde tilstrekkelig bæreevne hele året. Spesielt om våren.

4.3.1 Trafikkgruppe

For å finne trafikkbelastningen til vegen trenger vi å kjenne til hvilken trafikkgruppe vegen befinner seg i. Da må vi først regne ut årsdøgnetrafikk for tunge kjøretøy, ÅDT-T. Andelen tunge kjøretøy på vegen er 23%. [2]

$$\text{ÅDT-T} = \text{ÅDT} * 23\% = 4320 * 23\% = 994$$

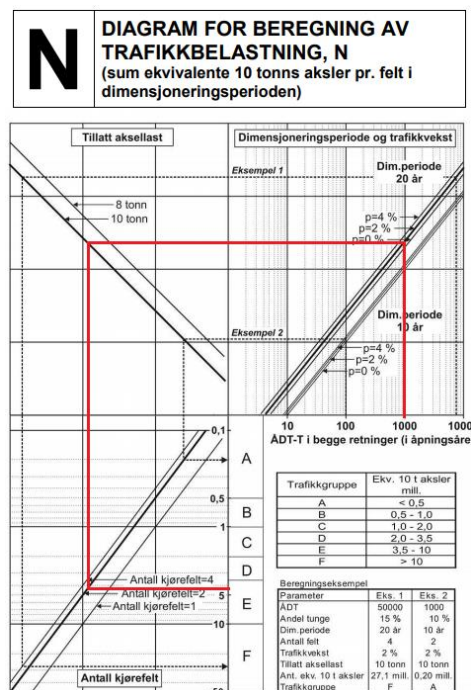
Velger dimensjoneringsperiode på 20 år.

Dette plasserer vegen i trafikkgruppe E.

Trafikkgruppe E gir 3,5-10 mill. ekvivalente 10-tonns aksellaster pr. felt i dimensjoneringsperioden.

4.3.2 Valg av vegdekke

Valg av dekke skjer på grunnlag av ÅDT i åpningsåret. Dekke består av et slitelag og bindelag som varierer ut ifra dekketype. Med ÅDT på 3200 i åpningsåret er det valgt 4,0 cm asfaltbetong som slitelag over 3,0 cm asfaltgrusbetong bindelag.



Figur 43: Trafikkgruppe

D	DEKKE (SLITELAG OG BINDLAG) AV BITUMINØSE MASSER (lagtykkelser i cm)			
	ADT (i åpningsåret)			
Dekketype	0 - 1500	1500 - 3000	3000 - 5000	> 5000
Myke dekketyper	4,0	4,0	4,0	4,5
Stive dekketyper	3,0 over 3,0	3,5 over 3,0	4,0 over 3,0	4,5 over 3,5

Tabell 11: Dekke

4.3.3 Valg av bærelag

Hovedfunksjonen ved bærelaget er å oppta spenninger knyttet til ringtrykk og fordele laster til underliggende lag. Bærelaget kan fordeles i øvre og nedre lag. Valg av materiale til bærelag bestemmes av trafikkgruppe.

H/S/A		DIMENSJONERINGSTABELL FOR HOVED-, SAMLE- OG ADKOMSTVEGER (lagtykkelser i cm)					
		TRAFIKKGRUPPE (Antall ekvivalente 10 t aksler pr. felt i dimensjoneringsperioden, N, mill.) Beregning av trafikkgruppe, se pkt 510.2.					
		A (< 0,5)	B (0,5 - 1)	C (1 - 2)	D (2 - 3,5)	E (3,5 - 10)	F (> 10)
DEKKE		Dekketype og tykkelse velges på grunnlag av ADT i åpningåret, se pkt. 512.3 / figur 512.1					
BÆRELAG		Tykkelse (cm), bærelag					
Anbefalte materialer:		9	10	11	12	13	14
Ag							
Ag over Ap		5 over 6	6 over 7	6 over 8	7 over 8	7 over 9	7 over 10
Ag over Ak		5 over 10	6 over 10	7 over 10	8 over 10		
Ag over Gja ³⁾		6 over 5	6 over 7	6 over 9	6 over 10		
Ag over Fk		5 over 10	6 over 10	7 over 10			
Fk		20					

Tabell 12 Bærelag

Material	Lastfordelingskoeffisient	Tykkelse	Ekvivalentverdi, BI
Ab (slitelag)	3	4 cm	4*3 = 12 cm
Agb (bindelag)	3	3 cm	3*3 = 9 cm
Ag (bærelag)	3	7 cm	7*3 = 21 cm
Ap (bærelag)	2	9 cm	9*2 = 18 cm
Sum		23 cm	60 cm

Tabell 13: Øvre overbygning

Kravet til bærelagsindeksen, BI_k , er $62 > 60$ ikke OK! Resultatet fra tabell 13 over viser at vegen ikke tilfredsstillende kravene til bærelagsindeksen. Velger å øke nedre bærelag fra 9 cm til 10 cm. Ny $BI = 62 \Rightarrow BI_k$ OK! Ny tykkelse på dekke og bærelag blir 24 cm.

	Trafikkgruppe					
	A	B	C	D	E	F
Grus						
Knust grus						
Knust berg (pukk, kult og samfengt knust berg)						
Resirkulerte materialer (Gjb og Bm)						

Tabell 14: Aktuelle materialer til forsterkningslaget

Forsterkningslaget varierer ut ifra

underlaget vegen blir liggende på. Forsterkningslaget må ha en tykkelse som sørger for at undergrunnen ikke blir overbelastet. Den mekaniske styrken i materialet må være så god at den ikke blir nedknust av trafikkbelastninger. Disse materialene skal ikke være vannømfintlige og permeable slik at de er drenerende. De vanligste materialene som blir benyttet er grus, pukk, kult, knust asfalt og gjenbruksbetong.

For trafikkgruppe E er det pukk og kult som er gjeldende materialer å bruke i forsterkningslaget. Disse materialene har lastfordelingskoeffisient 1,1. Tykkelsen på

forsterkningslaget reduseres da lastfordelingskoeffisienten er høyere enn 1.

Tykkelse på forsterkningslag = tabellverdi dividert med lastfordelingskoeffisient.

Forsterkningslaget skal ligge på valgt materialtype i grunnen. Dette betyr at forsterkningslaget vil variere på vegstrekningen ut ifra bæreevnegruppen.

Styrkeindeks = BI_k + forsterkningslagets tykkelse

Parsell	Grunnforhold	Bæreevne gruppe	Forsterkningslag	Styrkeindeks, SI
0-750	Fjell, T2	3	50 cm / 1,1 = 46 cm	$SI_k = 62 + 46 = 108$ $SI = 62 + 46 \cdot 1,1 = 112,6$
750-1530	Fjell, T2 Tunnel	3	50 cm / 1,1 = 46 cm	$SI_k = 62 + 46 = 108$ $SI = 62 + 46 \cdot 1,1 = 112,6$
1530-2400	Steinfylling, T1	1	30 cm / 1,1 = 27 cm	$SI_k = 62 + 27 = 89$ $SI = 62 + 27 \cdot 1,1 = 91,7$
2400-6120	Grus, sand, morene, T3	5	80 cm / 1,1 = 73 cm	$SI_k = 62 + 73 = 135$ $SI = 62 + 73 \cdot 1,1 = 142,3$

Tabell 15: Forskjellig overbygning i parsellene

*Kravene til styrkeindeks er tilfredsstillt på hele strekningen.

*Krav til forsterkningslag i tunnel er 50 cm. Velger dermed 60 cm som forsterkningslag her.

Merk: Vegstrekningen langs elven fra bru på fylkesveg 520 til T-kryss er flomutsatt. Her er det gitt at det er stor fare for telehiv og parsellen får høy telefarlighetsgrad.

Krav til materialet i forsterkningslaget

Av knuste steinmaterialer som blir brukt i forsterkningslaget er det snakk om kult, pukkk og samfengt pukkk. Ved bruk av kult i forsterkningslaget skal minste siktstørrelse være ≥ 60 mm og øvre siktstørrelse skal være mellom 90 og 300 mm. Øvre siktstørrelse for pukkk er mellom 22 og 90 mm. Mens samfengt pukkk har en nedre siktstørrelse på 0 mm.

Mest aktuelle sorteringer av knuste steinmaterialer:

- Kult 22/90, 22/120, 22/180
- Pukkk 22/90, 0/45
- Samfengt pukkk 0/63, 0/90

Velger å bruke kult i forsterkningslaget med siktstørrelse 22/120.

4.3.5 Frostsikring

Frostsikringslaget ligger mellom forsterkningslag og undergrunn. Det skal sikre at veggen får tilstrekkelig bæreevne under vanskelige forhold. Tykkelse og behov for frostsikringslag avhenger av materialtype i grunnen. På strekningen er det store deler morene i grunnen. Dette innebærer ett frostsikringslag på minst 30 cm. Velger å gå for 45 cm forsterkningslag med kult 0/120 mm.

Materialtype i grunnen	Nødvendig tykkelse, cm
Grus, sand, morene, T3, T4	30
Silt, leire, T4, $c_u \geq 50$ kPa	50
Silt, leire, T4, $c_u 37,5-50$ kPa	60
Silt, leire, T4, $c_u 25-37,5$ kPa	80
Silt, leire, T4, $c_u < 25$ kPa	110

Tabell 16: Telefarlighet og tykkelse på frostsikring

Ved fjellskjæring og steinfylling er det ikke behov for frostsikring på grunn av lav telefarlighetsgrad. Krav til frostsikring i tunnel står under delkapittel 7.3.

4.3.6 Fylling

Vegstrekningen inneholder flere områder med behov for fylling. På grunn av stor stigning i tunnelen blir det om lag 5-10 meter fylling ved utkant av tunnel.

Materialer	Største skråningshelning
Stein	1: 1,5 ¹⁾
Grus	1:1,5
Sand	1:2
Finsand/silt	1:3
Leire	Se figur 252.1
Morene	1:2 ²⁾

Tabell 17: Krav til største skråningshelning

Ved bru-overgangen kreves det tilførsel av fyllingsmasser for å heve fylkesveg 520 over E6. Hvilken skråningshelning fyllingen kan ha varierer ut ifra materialtype.

Utforming av Drivatunnelen vil medføre stort masseoverskudd i form av sprengt stein. Dette skal bli brukt som fylling på store deler av vegstrekningen med skråningshelning $\geq 1: 1,5$. Det er viktig å bruke ikke-telefarlige materialer.

Ved for stor skråningshelning og fyllingshøyde stilles det egne krav til rekkverk. Dette kommer fram under kap. 6 *Rekkverk*.

5 Kryssgeometri

5.1 Valg av krysstype

Når vi bygger et nytt kryss på veien, basert på dimensjonerende ÅDT 4320, skal krysset utformes etter kravene gitt i Håndbok V121 i Statens Vegvesens håndbokserie. Tabell 18 viser kryssløsninger for ulike dimensjoneringsklasser. H4-veg fra V121 (2014) svarer til H1-veg i ny standard N100 (2019). Aktuelle krysstyper for planlagt veg er T-kryss, rundkjøring eller planskilt. T-kryss er mer oversiktlige og har færre konfliktpunkter enn rundkjøring.

Dimensjonerings-klasse Primærveg	ADT	Farts- grense	T-kryss	X-kryss	Rund- kjøring	Planskilt
H1	0–12 000	60	X	X	X	
H2	0–4 000	80	X		X	
H3	0–4 000	90	X		X	
H4	4 000–6 000	80	X		X	X
H5	6 000–12 000	90	X		X	X
H6	>12 000	60	X	X	X	X
H7	>12 000	80				X

Tabell 18: Aktuelle krysstyper

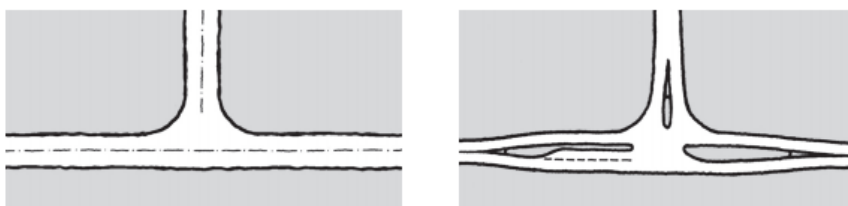
5.2 Utforming av kryss

T-kryss gir to muligheter for utforming:

- Ukanaliserte kryss: Den enkleste krysstypen, og den mest aktuelle krysstypen for underordnet vegnett.
- Kanaliserte kryss: Konfliktpunktene i krysset spres ved at trafikken ledes inn i et ønsket kjøremønster. Det blir enklere for trafikantene, fordi de forholder seg til færre konfliktsituasjoner om gangen.

Valg av type T-kryss er avhengig av høyre- og venstresvingende pr. time.

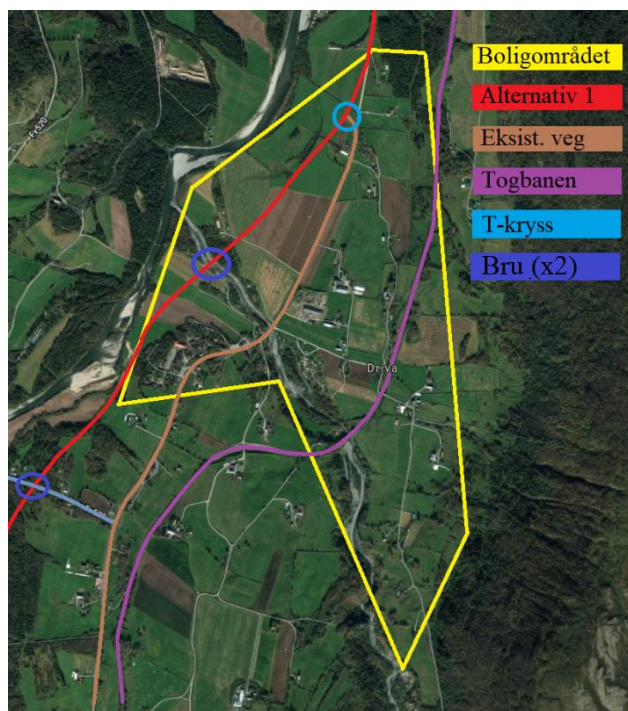
Figur 44 under oppsummerer tillatte kryssløsninger for primærvegen. Separate venstresvingefelt er sikkerhetsmessig gunstig, særlig i T-kryss. Behov for og lengde av venstresvingefelt bestemmes ut fra kapasitet og avviklingsstandard. For å finne høyre- og venstre svingende pr. time må vi vite hvor mange som bor i området, og dermed finne turproduksjonen.



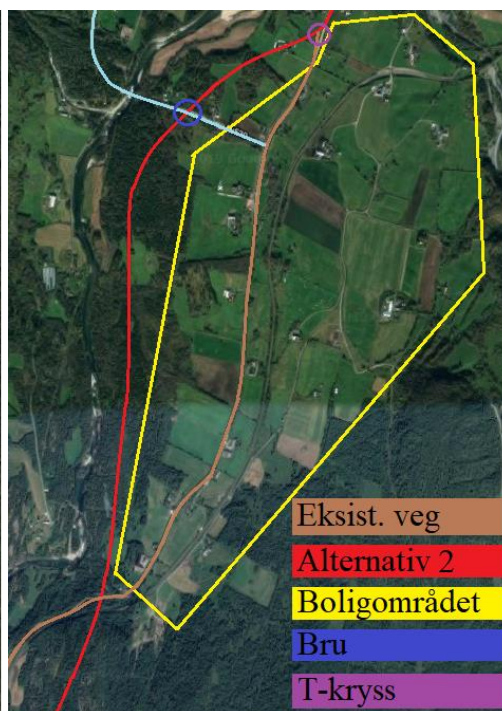
Figur 44: Kanalisert og ukanalisert T-kryss

For å dimensjonere kryss må vi finne ut hvor mange trafikanter det er som passerer krysset pr. time. Teller antall boliger i området for å gjøre et anslag av turproduksjonen.

5.3 Plassering og dimensjonering av T-kryss



Figur 45: Boligområde 1



Figur 46: Boligområde 2

Figur 45 og figur 46 viser en grov oversikt over linjeføring og plassering av kryss og bru til orientering. Boligområde 1 har 61 boliger. Boligområde 2 har 31 boliger. Turproduksjonen beboerne skaper, beregnes som følger: Turproduksjon TP = boliger * tur pr. Døgn pr. Bolig.

TURPRODUKSJON PR. ENHET PR. STØRSTE TIME

AREALBRUK	ENHET	TURPRODUKSJON			% av ADT
		Bil-turer	Variasj. område	Største time	
BOLIG - eget eller andres hjem	pr. bolig	0.6	0.2-1.0	1530 - 1630	16 %
	pr. person	0.2	0.1-0.3		
INDUSTRI - fabrikk - lager - verksted - engros	pr. ansatt	0.6	0.3-0.9	1500 - 1600	22 %
	pr. 100 m2	0.8	0.4-1.2		
HANDEL - detalj - kiosk - bensinstasjon - kjøpesenter	pr. ansatt	5.0	2.0-10.0	1530 - 1630	17 %
	pr. 100 m2	7.0	3.0-12.0		
KONTOR - post - bank - helse - off. kontorer	pr. ansatt	0.5	0.2-0.8	0730 - 0830	22 %
	pr. 100 m2	2.0	1.0-4.0		

Tabell 19: Variasjonsområdet for turproduksjon pr. bolig er 2,5-5,0

TURPRODUKSJON PR. ENHET PR. DØGN

AREALBRUK	ENHET	TURPRODUKSJON		
		Person-turer	Bil-turer	Variasjons-område
BOLIG - eget eller andres hjem	pr. bolig		3.5	2.5 - 5.0
	pr. person		1.0	0.5 - 1.5
INDUSTRI - fabrikk - lager - verksted - engros	pr. bolig	9.0		7 - 12
	pr. person	3.0		2 - 4
INDUSTRI - fabrikk - lager - verksted - engros	pr. ansatt		2.5	1.5 - 5
	pr. 100 m2		3.5	2.0 - 6
HANDEL - detalj - kiosk - bensinstasjon - kjøpesenter	pr. ansatt		4.0	3 - 8
	pr. 100 m2		6.0	4 - 10
HANDEL - detalj - kiosk - bensinstasjon - kjøpesenter	pr. ansatt		25	10 - 45
	pr. 100 m2		45	15 - 105
KONTOR - post - bank - helse - off. kontorer	pr. ansatt		50	20 - 80
	pr. 100 m2		90	30 - 150
KONTOR - post - bank - helse - off. kontorer	pr. ansatt		2.5	2 - 4
	pr. 100 m2		8	6 - 12
KONTOR - post - bank - helse - off. kontorer	pr. ansatt		4	2 - 6
	pr. 100 m2		12	5 - 20

Tabell 20: Turproduksjon i største time

Antall boliger i det markerte boligfeltet (figur 45) er 61. Hvis vegen bygges ut vil den eksisterende vegen stenges mot Engan (ved tunnelen). Dermed blir alle innbyggere fra den første tellingen i figur 45, og den gjort i figur 46, slått sammen og er med på å dimensjonere svingefelt i T-krysset. Finner at turproduksjonen er;

Type tur	Min.	Anbefalt	Maks.
Pr. Døgn pr. bolig	2,5	3,5	5
Antall turer pr. døgn	152,5	213,5	305
Største time	0,2	0,6	1,0
Antall turer pr. time	12,2	36,6	61

Tabell 21: Maksimal turproduksjon fra, (markert) boligområdet er 61 pr. time.

Tabell 21 slås sammen med tabell 22 fra alternativ 2.

Type tur	Min.	Anbefalt	Maks.
Pr. Døgn pr. bolig	2,5	3,5	5
Antall turer pr. døgn	77,5	108,5	155
Største time	0,2	0,6	1,0
Antall turer pr. time	6,2	18,6	31

Tabell 22: Alternativ 2, bruker 18,6 videre

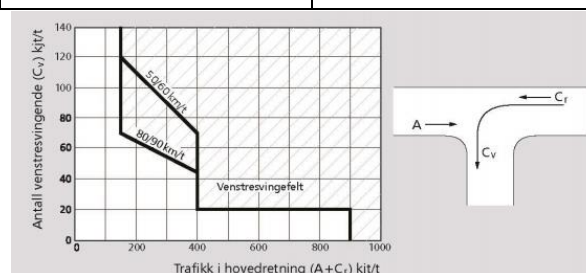
Type tur	Min.	Anbefalt	Maks.
Pr. Døgn pr. bolig	2,5	3,5	5
Antall turer pr. døgn	230	322	460
Største time	0,2	0,6	1,0
Antall turer pr. time	18,4	55,2	92

Tabell 23: Alternativ 1 = tabell 21 + tabell 22

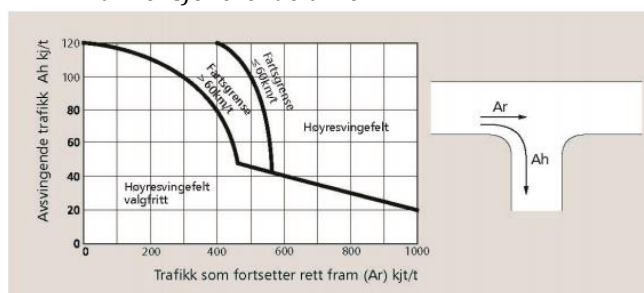
Maksimalt 92 kjørende pr. time i T-krysset. Bruker 55,2 videre

Dimensjonerende time er den trafikkmengde som vegen er dimensjonert for. Skal sjekke behovet for venstresvingefelt.

Gjennomfartstrafikken, $A+C_r$, baseres på trafikkvariasjon gjennom året. 1,4 (fra de høyeste ukene i året), 1,0 fra høyeste dag i uka og 9% fra høyeste time I døgnet.



Figur 48: Kriterier for vurdering av eget venstresvingefelt basert på trafikken i dimensjonerende time



Figur 47: Behov for høyresvingefelt basert på trafikk i dimensjonerende time

$$\text{ÅDT} \cdot 1,4 \cdot 0,09 = 4320 \cdot 1,4 \cdot 0,09 = 544.$$

Alternativ 1: $C_v = 55,2$.

Det er behov for venstresvingefelt.

Om det er behov for høyresvingefelt i krysset bestemmes ut ifra vurdering av kapasitet og avviklingsstandard. Høyresvingefelt er å finne i signalregulerte felt og brukes ved fare for tilbakeblokkering. Veiledende behov for høyresvingefelt framgår av figur 48.

Alternativ 1: $A_h = 55,2$. Hvis $A_r = 544/2 = 272$ er krysningspunktet mellom linjene utenfor feltet for 'fartsgrense > 60km/t, og det er dermed ikke behov for høyresvingefelt.

Det er mulig å ha passeringslomme for gjennomkjørende slik det er i dagens situasjon, hvor plasseringen har gjort det mulig å kombinere med bussholdeplass.



Figur 49: Kryssplassering

Figur 50: Avkjøring til Vikan, fylkesveg 520

Avkjøringen til Vikan er en bussholdeplass med utvidet lengde og fungerer som en passeringslomme. En slik løsning kan velges som erstatning for venstresvingefelt.

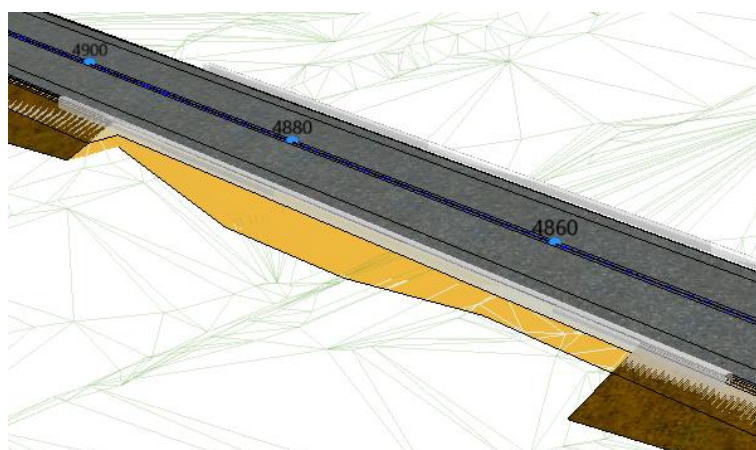
6 Bru

Vegen inneholder to bruer som er med i prosjekteringen og kostnadsberegningen.

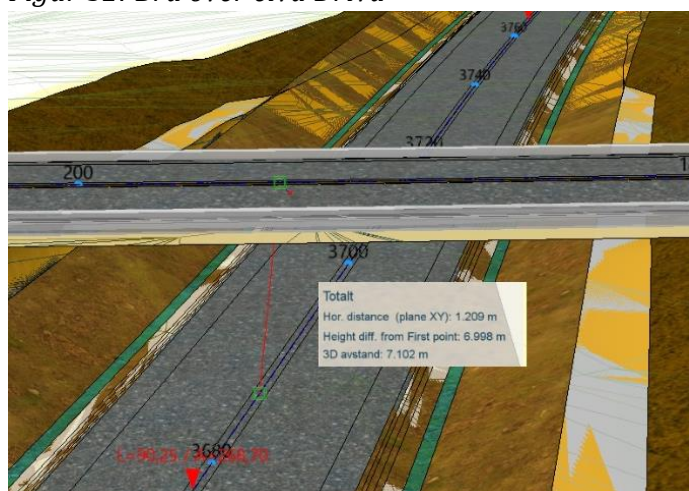
6.1 Bru – Fylkesveg 520

Fylkesveg 520 skal gå over nye E6 med bru, som er i tråd med målet om en avkjørselsfri E6. Dette minsker tilgjengeligheten til tettstedet Driva, men vil til gjengjeld gi lavere risiko for ulykker, færre traktorer på veien, bedre flyt i trafikken, mindre støy i lokalområdet og høyere gjennomsnittsfart. For å ikke gjøre for store inngrep i fylkesvegen må det gjøres en skjæring som går ca. 7 meter under terrengoverflata. Dette er til fordel for kurvaturen i hovedvegen. Brua er tegnet inn som en 2-feltsveg. Dette er kun ment for illustrasjon og til hjelp som referanse for høyden på hovedvegen.

Fylkesvegen er ikke en del av problemstillingen i denne oppgaven, men brua er med i kostnadsberegningen.



Figur 52: Bru over elva Driva

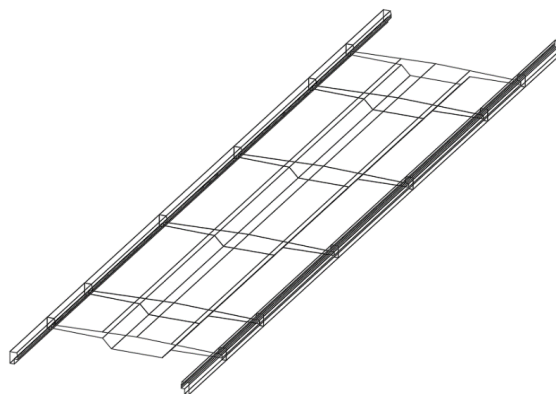


Figur 51: Høydeforskjell

Figur 52 viser høydeforskjellen på 7 meter fra vegoverflate på hovedveg til vegoverflate på fv520. Kravet til frihøyde under bru er 4,9 meter. Det gir en sikkerhetsmargin på om lag 2,1 meter for tykkelsen på bruen inkludert vegdekke. Skjæringen ved bruen blir ca. 35 meter bred. De to boligene som ligger på hver sin side av bruen vil skjermes av skjæringen. Den øvrige bebyggelsen vil har en større avstand fra veien. Som sikkerhetstiltak skal det settes opp gjerder langs skjæringen og rekkverk på bruen.

6.2 Bru over elva Driva

Vegen krysser elva Driva forbi Driva sentrum i nord og det er da behov for en bru. Figur 53 viser forslag til bru over elva Driva. Bruen er tegnet i Autocad som et forslag i til utforming av brua på to-felts veg. Figur 54 viser vegen krysse elva Driva med ortofoto som kartgrunnlag. Langs elven er det bygget en traktorveg som kan se ut til å virke som en flom barriere. Bruker dette som grense for start og stopp til bruen. Det er noe bebyggelse i nærheten, men vegen er plassert slik at privat eiendom ikke berøres.



Figur 53: Bru tegnet i Autocad



Figur 54: Bru over elva Driva sett med Ortofoto

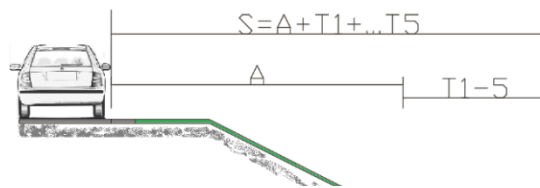
Et viktig sikkerhetstiltak på bru er rekkverk. Rekkverk på bru er gitt under kap. 6 *Rekkverk*.

7 Rekkverk

Rekkverk eller autovern brukes som sikring langs vegen for å hindre utforkjøringer.

Plassering er gitt etter vegens egenskaper som fall, skråningshelling, farlig objekter med mer. Det kan, og er ønskelig å legge fyllinger med lavt fall slik at man eventuelt kan unngå å montere rekkverk. Dette er spesielt aktuelt om massebalansen tilsier at det kan gjøres slike endringer. Lave skråningshellinger gjør det enklere for en utforkjører å komme tilbake på kjørebanelen igjen. Rekkverk skal beskytte:

- trafikanter, og andre som befinner seg i nærheten av kjørebanelen
- spesielle anlegg som jernbane og drivstofftanker
- vegkonstruksjoner som bruer
- og forhindre fall av kjøretøy på avveie



Figur 55: Sikkerhetssonen

Sikkerhetssonen definerer en avstand hvor bilisten trygt kan havne utenfor kjørefeltet slik at kjøretøyet ikke treffer farlige sidehindre, velter, stopper brått eller ikke klarer å kjøre inn på kjørefeltet igjen.

(Håndbok N101)

S = sikkerhetssonens bredde

A = sikkerhetsavstanden = 7 meter for ÅDT 4000-12000 og fartsgrense 70 og 80 km/t.

(For den eksisterende vegen vil det være dagens trafikk som er gjeldende ÅDT)

T1 = Eventuelt tillegg for krappe kurver.

T2 = Eventuelt tillegg/fratrekk for skråninger

T3 = Eventuelt tillegg for øvrige trafikanter, jernbane

T4 = Eventuelt tillegg for spesielle anlegg

T5 = Eventuelt tillegg for midtdeler

T1: I alternativ 1 og 2 er det ingen svinger der $R_h < R_{min}$. Det har eksisterende veg.

T2: Må vurderes spesielt. Mange tilfeller av skjæringer og fyllinger som kan være i nærhet av farlige hindre eller har ugunstig stigning.

For fall: 1:4 eller slakere, $T2 = 0$. Brattere enn 1:4 - $T2 =$ skråningens bredde.

Stigning: 1:2, $T2 = 0$ m, eller S begrenses av avstanden ut til en skjæringshøyde 2,0 m over vegbanenivå dersom denne ligger innenfor A . Brattere enn 1:2 - $T2 = 0$ m, eller S begrenses av avstanden ut til en skjæringshøyde 1,6 m over vegbanenivå dersom denne

ligger innenfor A

T3: Eksisterende veg krysser jernbanen, går periodevis ved en gang- og sykkelveg.

T4: Vi har en skole i nærheten som skal tas hensyn til. På eksisterende veg skal da T4 være lik $0,5 \cdot A$.

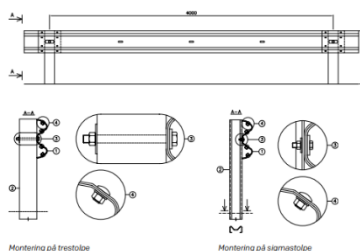
T5: Ikke aktuelt, ingen deler av strekningen har midtdeler.

Nødvendig styrkeklasse på rekkverket er N2, som utløses av kravet; fartsgrense ≥ 70 km/t og $\text{ÅDT} > 1500$, fall slakkere enn stup (1:3 – 1:1,5).

Styrkeklasse H2 eller L2 velges ved støttemurer, bruer og stup (fall brattere enn 1:1,5) høyere enn 4 m. Dette kan være steder hvor konsekvensene og skadene av en kollisjon vil bli store, f.eks. ved utkjøring i jernbane eller steder hvor det er lite utbøyningsrom ved f.eks. tunneler. Velger altså styrkeklasse N2 på de fleste steder langs veien der de generelle kravene tilsier behov for rekkverk, og H2 eller L2 før tunnelen og bruene og ved brattere stup.

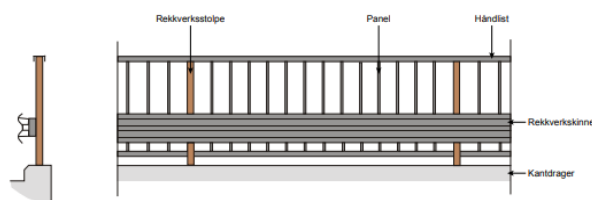
ÅDT 4000-12000	Skråningshøyde (fall) H
Skråningshelling: Forholdstall	Fartsgrense over 70 og
- Desimaltall	80 km/t
1:1,15 – 0,87	2m
1:2 – 0,5	3m
1:3 – 0,33	4m

Tabell 24: Maks fallhøyde ved gitte skråningshellinger uten rekkverk (N101 tabell 2.6. side 29)



Figur 56: Viser autovern (skinnerekkverk med trestolpe og sigmastolpe)

Figur 56 viser rekkverk fra Brødrene Dahl, som tilfredsstillende N101 – «Rekkverk og vegens sideområder». [16]



Figur 57: Rekkverk på bru (fra N101 figur 3.12)

Fordeler og ulemper med skinnerekkverk:

Fordeler	Ulemper
Standard løsning. Tilpasset utstyr	Det kan lage skavler ved snøfokk
Alle styrkeklasser er tilgjengelig	Det har skarpe kanter som kan skade myke trafikanter
Lett å få tak i reservedeler	Det er mindre transparent enn rørrekkverk
Billigere enn rørrekkverk	Mindre estetiske enn et riktig montert rørrekkverk
Mindre skader kan repareres punktvis	

Tabell 25: Skinnerekkverk [16]

Fordeler og ulemper med rørrekkverk:

Fordeler	Ulemper
Det har avrundet tverrsnitt og er dermed uten skarpe kanter	Det er vanligvis dyrere enn skinnerekkverk
Det er mer transparent enn skinnerekkverk	Åpne profiler er svake for snølaster
Det gir en bedre reiseopplevelse enn et tett rekkverk eller en rekkverksskinne	Vanskelig å få romkurven riktig, da den kan påvirkes av bevegelser i undergrunnen.
Det kan gi et ønsket estetisk urbant uttrykk	
Det er resirkulerbart	

Tabell 26: Rørrekkverk [16]

Egenskaper med forskjellige stolper:

Trestolper	Stålstolper	Plaststolpe
Kan være vanskelig å oppdage brudd, skjer mellom jord og veg	Tåler vær og vind	Problemer med linjeføring ved temperatursvingninger
Kan råtne	Resirkulerbart	Vanskelig å fylle igjen med grus, kan dermed sige
Ingen stolper er like siden de er laget av tre	Kan lakkeres i ønsket farge	Kan føre til velt av kjøretøyet ved påkjørsel
Brekker av og splintrer ved påkjørsel. Uheldig for myke trafikanter	Stolpen bøyes ved påkjørsel	Uskadet ved lett påkjørsel
Rimelig materiale, men høy levetidskostnad	Dyrere enn andre stolper	Bolten rives gjennom plasten
Ingen skapre kanter	Skarpe kanter	Ingen skarpe kanter

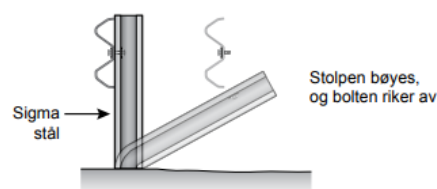
Tabell 27: Stolper til rekkverk [16]

Velger å bruke skinnerekkverk med stålstolper. Slik som vist i figur 58.

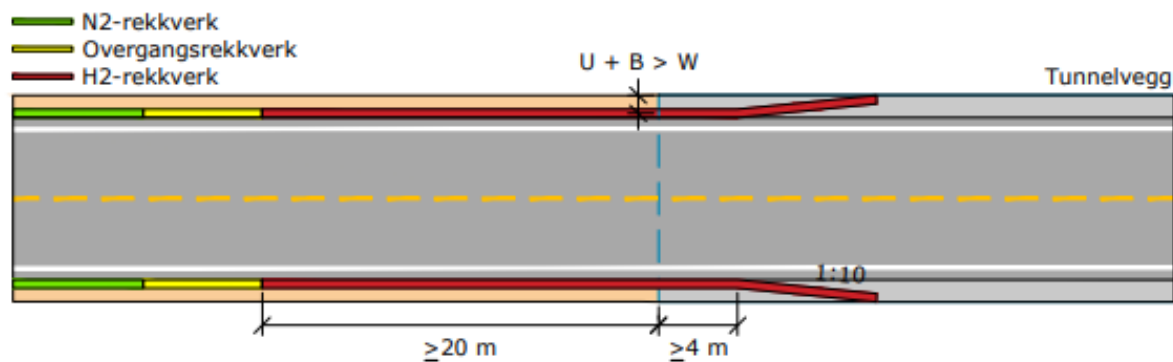
7.1 Plasserings av rekkverk

For portaler med parallelførte vegger skal rekkverk følge veglinjen rett inn i tunnelportalen og deretter svinges rekkverket 1:10 inn mot tunnelveggen og

festes i denne. Ved behov kan sideforskyvning av rekkverk ved tunnelportaler vurderes i tråd med kap. 4.6.5 i håndbok N101. Rekkverkets arbeidsbredde (W) skal alltid være mindre enn avstanden fra rekkverksfronten til tunnelveggen av tunnelportalen ($U+B$). For vegger med fartsgrense > 60 km/t og ÅDT > 1500 skal sikkerhetssonen i overkant av tunnelvegrommet vurderes i tillegg.

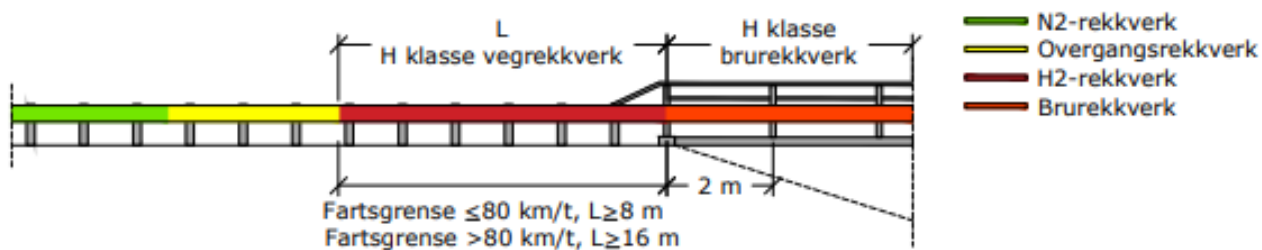


Figur 58: Sigma stolpe bøyes

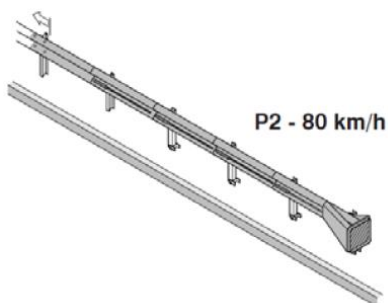


Figur 59: Rekkverksklasse og plassering ved tunnelportal

Rekkverket på bru med fartsgrense >80km/t bør være 8 meter lengre på hver side til overgangsskinnen. For påkjøringsrekkverk benyttes type P2 for 80 km/t.

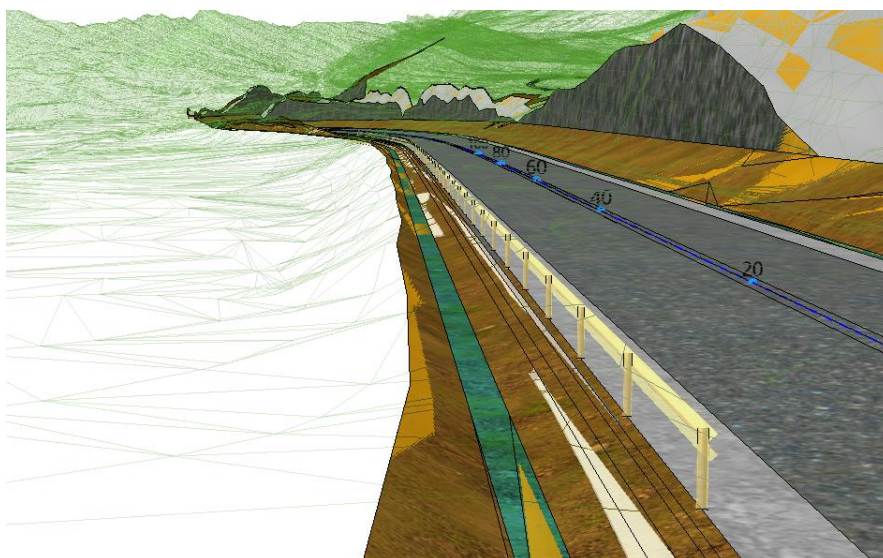


Figur 60: Rekkverk på bru



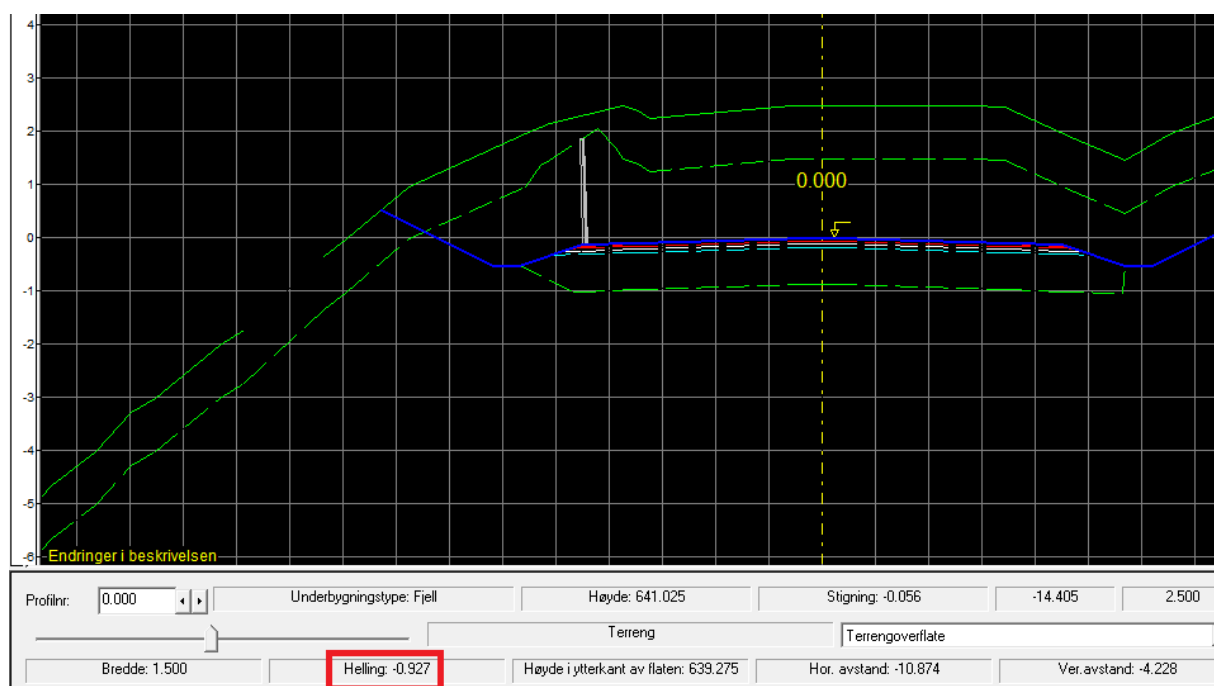
Figur 61: Påkjøringsvern

7.2 Behov for rekkverk



Figur 62 viser et parti av strekningen som har bratt terreng. Her er det behov for rekkverk da skråningen er brattere enn 1:3.

Figur 62: Eksempel på rekkverk, tegnet i Novapoint



Figur 63: Eksempel av tverrprofil

Figur 63 viser at hellingen er for stor i dette området og utløser behov for rekkverk.
 $-0,927 = 1:1,08$.

Rekkverk f_veg-12000 venstre side. Profilnummer	Rekkverk f_veg-12000 høyre side. Profilnummer
Tunnel-inngang	Tunnel-inngang
Tunnel-utgang til 1970	Tunnel-utgang
2310-2350	1690-2080
2690-2870	
3030-3170	
6090-slutt	

Tabell 28: Parseller som krever rekkverk. Profilnumrene ekskluderer forankring av rekkverket til sideterreng

For å unngå bruk av rekkverk bør fjellskjæringer sprenges ut med mest mulig jevne overflater av hensyn til kjøretøy som kjører av vegen. Utstikkende partier med skarpe kanter i deler av skjæring kan forårsake ulykker eller bråstopp og bør derfor unngås. De aktuelle områdene bør ikke ha partier som stikker ut mer enn 0,3 m. Det er tatt til betraktning at fjellskjæringen er utført på en slik måte i tabell 28, at det monteres rekkverk på bruene, og det er derfor ikke lagt inn rekkverk ved de aktuelle områdene;

- Bru over Driva (elva), går fra pr. 4850-4890
- Bru ved fv.520 går fra pr. 175-210
- Tunnel fra pr. 780-1530

Det kan vær hensiktsmessig å bygge en støyskjerm på høyreside etter bruene og et stykke forbi skolen. Det foreslås konkret å montere skjermen mellom profil 3980 og 4720. Dette hindrer at skolen og annen bebyggelse plages unødig av støy. I tillegg starter eller slutter ikke skjermen i skogholtet slik at vandrende dyr vil kunne se biler når de skal krysse vegen og er like ved støyskjermen. For øvrig hensyn av vandrende dyr skal skogen rundt vegen hogges 10m ut fra skulder på vegen.

8 Tunnel

Det er behov for tunnel ved starten av vegtraseen i sør. Her vil tunnelen erstatte eksisterende veg som svinger seg ned mot dalen langs fjellveggen. En tunnel sees dermed på som en tryggere løsning med bedre framkommelighet. Men før tunnelen ser dagens lys er det behov for grundig prosjektering og planlegging.

Vi benytter oss av hb. N500(Vegtunneler), V520(Tunnelveiledning) og R510(Vann- og frostsikring i Tunneler) mm. under prosjekteringen.

8.1 Geometrisk utforming av tunnelen

Tunnelen som skal dimensjoneres er 780 meter lang. Dette gjør at det ikke kreves spesiell søknad til vegmyndighetene. Det er ønskelig å ha en dagsone på ca. 200 meter. Den skal ha ett felt i hver kjøreretning. Tunnelen skal ikke ha forbikjøringsfelt som starter eller avsluttes i hovedløpet.

N500 (3.2.4) refererer til 2013-utgaven av N100 og det tas dermed utgangspunkt i gamle H4-veg for erstatning til dagen standard som skal være en H1-veg av N100 (2019). Siktforholdene i tunnel over 500m i H4 (H1) veg følger av tabell 29.

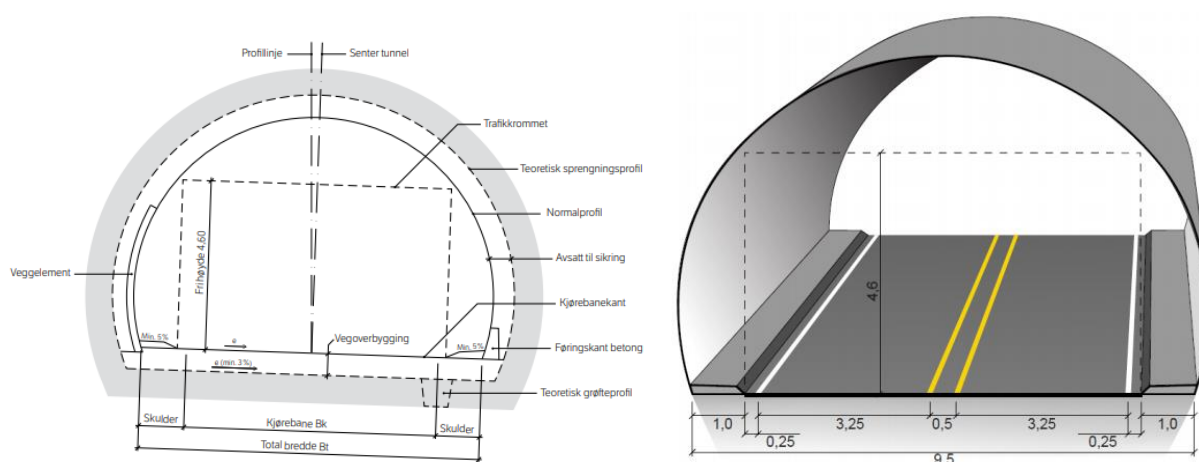
Dimensjoneringsklasse	H4(2013)
Stopsiktkrav (Ls) i meter for flat veg (s=0)	117
Stopsiktkrav (Ls) i meter ved maks. fall (s= -5 %)	129
Stopsiktkrav (Ls) i meter ved maks. stigning (s=5 %)	108

Tabell 29: Siktkrav i tunneler med lengde over 500 m

Inngang- og utgangspartiet til tunnelen skal utformes med portal med nødvendig utstrekning for å ta imot stein og is som kan rase ned mot kjørebanelen. Avslutningen av portalen kan være formet med en vertikal krage på 300mm. Det skal gjenfylles med materialer over av estetiske hensyn. Hvis det ved geologiske undersøkelser viser seg at det er stor fare for skred, på grunn av høyt skjæringsfall, kan tunnelportalen ha et lengre utstikk. Det er også mulig å benytte en sognemur på oversiden av skjæringen for å ta rullende steiner.

8.1.1 Dimensjoneringsklasse og tunnelprofil

I nyeste utgave av N100 (2019) skal tunneler på veger med dimensjoneringsklasse H1 utformes med tunnelprofil T9,5 med forsterket midtoppmerking.



Figur 64: Skjematisk tunnelprofil, vist med eksempel på veggelement og føringskant av betong

Figur 65: Tunnelprofil T9,5 (mål i m)

Tunnelprofilet i ettløpstunneler skal dreies om vegens senterlinje til aktuelt tverrfall (3 % på rettstrekninger). Relevante mål er oppført i tabell 30.

Geometriske mål [hentet fra hb. N500]

Profil	Total bredde Bt	Kjørebanebredde Bk	Senterhøyde veggradier Yv	Veggradius Rv	Senterhøyde hengradius Yh	Heng-radius Rh
T9,5	9,5	7,00	1,570	4,790	1,213	5,212

Tabell 30: Geometriske mål for tunnelprofilet (alle mål gitt i m)

Tunnelprofil	Teoretisk sprengningsprofil Areal AS m ²	Teoretisk sprengningsprofil Buelengde, BS m	Normalprofil Areal AN m ²	Normalprofil Buelengde, BN m
T9,5	66,62	21,04	53,61	18,46

Tabell 31: Profil dimensjoner

Data avhenger av valgt vegoverbygging og plass avsatt for sikring. I tabell 31 er følgende lagt til grunn:

AS = Areal regnet etter teoretisk sprengningsprofil. I verdiene i tabell 31 er det forutsatt

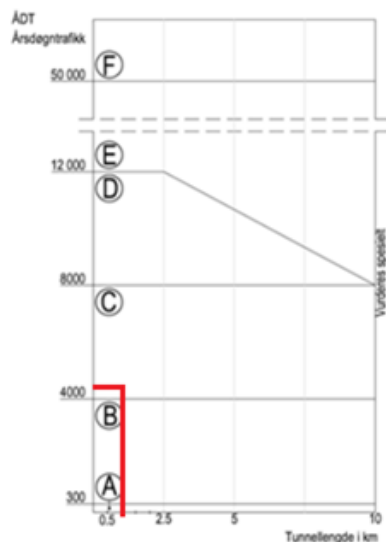
0,5 m vegoverbygning og 0,4 m avsatt til sikring

AN = Areal regnet etter normalprofilen over kjørebane og sideareal, forutsatt 5 % fall på skulder

BS = Buelengde regnet etter teoretisk sprengningsprofil ned til nivå for planum forutsatt 0,5 m vegoverbygning og 0,4 m avsatt til sikring

BN = Buelengde regnet etter normalprofil ned til nivå for kjørebane.

8.1.2 Tunnelklasse



Figur 66: Tunnelklasser

Tunneler plasseres i klasser som baseres på ÅDT og tunnellengde. Vår dimensjonerende ÅDT er 4320 og lengden er 780 meter i alternativ 1. Ved å plassere tunnelen i en spesifikk tunnelklasse er det enkelt å finne krav og bestemmelser til sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrustning. Slike tiltak gjelder for tunneler med lengde over 500 meter. Alternativene våre må dermed følge kravene til sikkerhet i tunnel. Sikkerhetstiltakene innebærer behov for havarinisjer, snunisjer, nødutganger samt sikkerhetsutrustning mm.

Alternativ 1, som figur 66 viser, har tunnelklasse C. Videre kan vi ved hjelp av tunnelklassen finne riktig sikkerhetstiltak for tunnelen.

● Krav ○ Vurderes	Tunnelklasser						Merknader
	A	B	C	D	E	F	
SIKKERHETSTILTAK							
Havarinisjer		●	●	●	●	●	Se kapittel 3 Geometrisk utforming
Snunisjer		●	●	●			Se kapittel 3 Geometrisk utforming
Nødutganger			○	●	●	●	Se kap. 3.6
SIKKERHETSUTRUSTNING							
Strømforsyning, belysning og ventilasjon	Se kapittel 9 Tekniske anlegg						
Skilt og signaler	Se kapittel 5						
Nødstrømsystem	●	●	●	●	●	●	Belysning ved strømutfall. Se 4.3.2.1 og 9.3.6
Rømningslys	●	●	●	●	●	●	25 m avstand for tunneler < 5 km. Ettløpstunneler > 5 km skal ha håndlist. Se 4.3.2.2
Nødstasjon	●	●	●	●	●	●	Hver 125 m. Se kap. 4.3.2.3. Ved oppgradering min. hver 250 m (jf. 4.3.4). I tillegg utenfor hver tunnelåpning.
Slokkevann	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.2.4
Fjernstyrte bommer for stengning		○	●	●	●	●	Se 4.3.2.5
ITV-overvåking		○	○	○	○	○	Krav i tunneler > 3 km og ÅDT > 4 000. Krav i tunneler > 5 km og ÅDT > 300. Se 4.3.2.6
Høytalersystem		○	○	○			Krav i tunneler > 3 km og ÅDT > 4 000. Krav i tunneler > 5 km og ÅDT > 300. Se 4.3.2.7
Nødnett og radiokringkasting	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.3
Høydehinder (avviser)	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.2.8

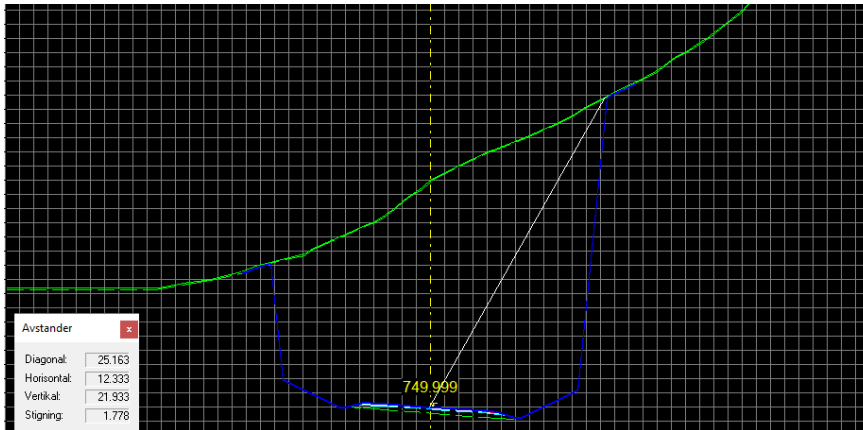
Figur 67: Tiltak i tunnelklasser

Tiltak for å sikre akseptabelt sikkerhetsnivå i tunneler

En fylt sirkel betyr at tiltak skal etableres. En åpen sirkel betyr at tiltaket skal vurderes. Utstyret skal kun installeres dersom det er spesielle forhold som gjør dette nødvendig, eller tabell 67 angir spesielle forutsetninger. I tillegg skal nødstasjoner installeres utenfor hver tunnelåpning. Bruker tabellen som en sjekklister videre for å evaluere de forskjellige behovene. (Se kap. 8.2.)

8.1.3 Plassering av tunnel

Inngangen til tunnelen er plassert med hensyn til fjellet over. Som utgangspunkt brukes 12,5 meter med fjell over for å være sikker på at de strukturelle forholdene tåler påkjenningene av å ta ut massen fra tunnelen.



Figur 68: Vertikal avstand ved tunnelpåhugg

Figur 68 viser at vertikal avstand i profilnr. 750 er 21,9m på høyre side. Rutenettet viser 1m. På venstre side er høyden ca. 10m. De to grønne linjene som representerer terrengoverflaten er 10 cm fra hverandre der den nederste linjen er fjell. Dette er en antakelse gjort pga. topografien i det lokale området. Geologiske undersøkelser kreves for å bekrefte hvor mye løsmasser det er som ligger over fjellet.

8.2 Sikkerhetstiltak

Av figur 67 skal vi ved behov og mulighet, som tilpasses etter lokale bergforhold og geometri, ha havarinisje, snunisje, nødstrømsystem, rømningslys, nødstasjon, slokkevann, fjernstyrte bomber for stenging, nødnett og radiokringkasting. I dimensjoneringen av sikkerhetsutrustningen skal det vurderes hvor vidt det er et legitimt behov og mulighet for nødutganger, ITV-overvåkning og høyttalersystem.

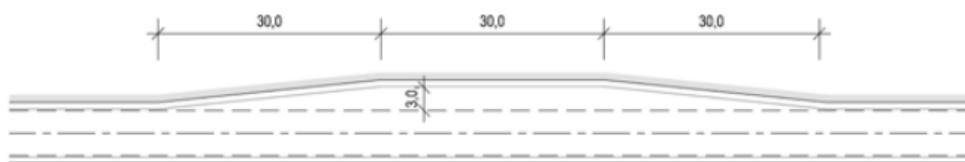
8.2.1 Utvidelse for nisjer

Tunnelklasse C innebærer at havari -og snunisjer skal etableres etter avstandskrav.

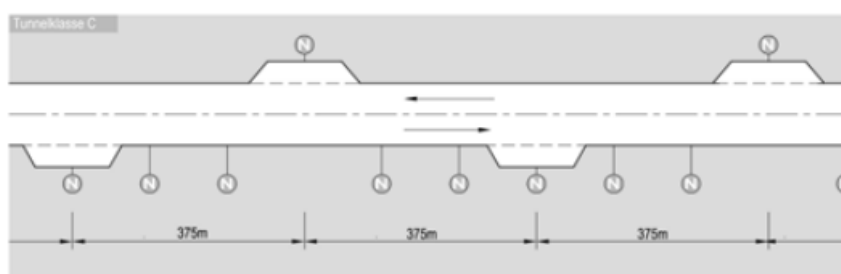
Tunnelklasse	Normalavstand havarinisje	Normalavstand snunisje	Kommentar
C	375 m	1 500 m	Snunisje bygges i tunneler > 3 km

Tabell 32: Maksimal avstand mellom havarinisjer og snunisjer

Har en tunnallengde mindre enn 3 km og det er derfor ikke behov for snunisjer i tunnelen. Når det kommer til havarinisjer er det nødvendig med to havarinisjer, en på hvert kjørefelt. Havarinisjer skal gjøre det mulig å parkere utenfor kjørebanelen ved nødstop. Havarinisjer skal utformes som vist på figur 69. Begynnelsen på første havarinisje skal ikke plasseres lengre inn enn 250 meter fra tunnelåpningen, målt til senter av nisjen. Det skal kunne være mulig å kombinere nisjene med andre behov, som for eksempel pumpestasjoner, teknisk bygg osv.



Figur 69: Eksempel på en havarinisje



Figur 70: Tunnelklasse C, havarinisjer og nødstasjoner

Tunnelen går fra pr. nr. 750 til 1530. Høyre havarinisje ligger med midten i pr.nr. 1000. Venstre havarinisje ligger i pr. nr 1270.



Figur 71: Autocad tegning av tunnel alternativ 1.

Profilnr. fra venstre til høyre. Lengde 780m. Avstand mellom nisjer er 270m. Avstand fra tunnelåpning til senter av nisjen er 250m for begge sider.

8.2.2 Sikkerhetselementer

Krav til planlegging og sikkerhetsutstyr i vegtunneler er gitt i tunnelsikkerhetsforskriftene. Her er det gitte minimumskrav for sikkerhet.

De forskjellige sikkerhetselementene som er med i planleggingen er mange og kan

diskuteres og vurderes nøye, vi har valgt her å presentere de i tabellform slik at det tas et standpunkt til etablering, bruk og en kort forklaring om hvordan/hvorfor de skal/ikke skal etableres. [17]

Sikkerhetselement	Etableres	Kommentar
Nødutganger	Nei	Skal ha i tunnel med lengde 0,5 – 10 km for ÅDT > 8 000 og for tunneler med lengde > 10 km med ÅDT > 4 000
Nødstrømssystem	Ja	Styrings-, regulerings- og overvåkingssystemer som skal fungere i en nødsituasjon; <ul style="list-style-type: none"> - Rødt stoppblinksignal - Fjernstyrte bomber for stengning - Rømningslys - Nødtelefon - Serviceskilt - Nødutgangsskilt - Radio- og kringkastingsanlegg
Ventilasjon	Nei	God naturlig ventilasjon og lav evakueringstid i 780 m lang tunnel
Rømningslys	Ja	Rømningslys skal ha egen strømforsyning
Nødstasjoner	Ja	Maks 150 m i mellom vær kiosk. Skal ha to brannslukningsapparat.
Slokkevann	Ja	Hydrant hver 250 m evt tankbil i nærheten om det ikke er tilgjengelig vann
Fjernstyrte bomber	Ja	Min. 100 m utenfor tunnelportal
ITV-overvåkning og Høytalersystem	Nei	Ikke nødvendig for tunnel i klasse C < 3km
Høydehinder	Ja	Bør sikres mot å falle ned ved påkjørsel

Tabell 33: Sikkerhetselementer [N500]

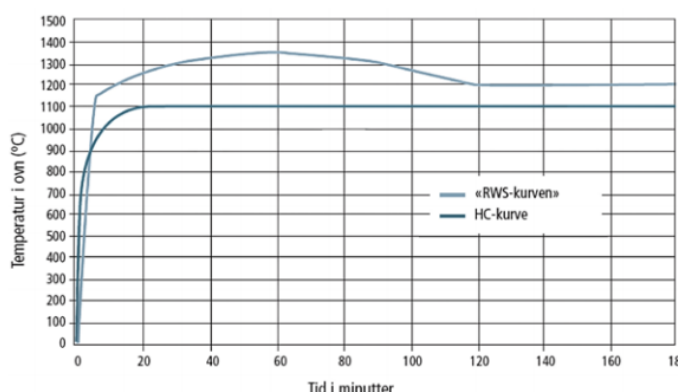
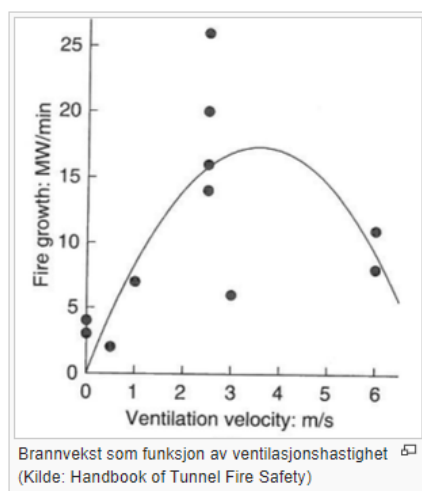
8.2.3 Brannsikring

Krav til brannmotstand for konstruksjoner

Vi skal se på brannsikring. Her kommer det fram at en brann med hydrokarboner vil ha en maksimal temperatur etter 20 min (HC-kurven). Krav til konstruksjoners brannmotstand og dimensjonerende brann er vist i figur 72 og tabell 34. Kravene gjelder blant annet for senketunneler, løsmassetunneler og vann- og frostsikringskonstruksjoner i bergtunneler. Dette gjelder da for våre vann og frostsikringskonstruksjoner i tunnelen. Mer om dette er beskrevet under i kap. 8.3.

Tunnelklasse	Dimensjonerende branneffekt	Eksponeeringskurve	Tid (minutter)
C	50 MW	HC	60

Tabell 34: Dimensjonerende brann. Krav i henhold til standard tid- temperaturkurver



Figur 72: Brannvekst ved forskjellig ventilasjonshastighet

Figur 73: Standard tid-temperaturkurver som benyttes ved branndimensjonering

Brannen har en maksimal temp. rundt 1100 grader C. etter 20 minutter.

Under 4.4.1 (N500) stilles det for vann- og frostsikringskonstruksjoner egne funksjonskrav:

- Vann- og frostsikringskonstruksjonen skal ikke være med på å spre bilbrann, og brannen skal ikke vedvare etter at brannen er over.
- Konstruksjonen skal ikke føre til ekstra røykutvikling eller giftige gasser.

- For vanlige konstruksjonsmaterialer er giftigheten av disse kontrollert ut ifra oppfylte av akseptkriterier i tabell 34.

Ser av figur 73 at brannveksten i MW. pr. min er knyttet til ventilasjonshastigheten. Ingen ventilasjon gir lav brannvekst.

8.2.4 Belysning

Krav til midlere kjørebaneluminans ved bakkenivå er gitt i hb. V124 Teknisk planlegging av veg- og tunnelbelysning. Vi forholder oss til ÅDT > 4000 og 80km/t.

Tunnelveggene skal belyses 2 meter høyde. Havarinisjer belyses særskilt slik at de visuelt skiller seg ut fra tunnelen for øvrig. Dette skal gjennomføres ved å montere ekstra, veggmonterte lysarmaturer i ca. 3,5 m høyde i nisjene.

Sikkerhetslys skal settes opp slik at hver fjerde armatur i nattbelysningen fortsetter å lyse i minimum 60 minutter selv etter hovedstrømmen i tunnelen har gått. Minste avstand mellom slike armaturer er 50 meter.

8.3 Vann- og frostsikring i tunnel

Det er viktig å sikre vegtunnelen mot vann og is. Det skal ikke være noe isdannelse eller lekkasjevann i trafikkrommet eller i nisjer til tekniske bygg. All lekkasje som kommer fra vegger eller i heng skal samles opp ved en vanntett avskjerming. Fordi korreksjonsfaktoren er > 1,5 vurderes frostmengden spesielt, det gjøres også for frostinntregningen.

Forsterkningslag i tunnel

Forsterkningslaget i tunneler F_{10} der > 10000 $h^{\circ}C$ skal ha minste tykkelse på 500 mm. Frostmengden i tunnel er 15000. Materialet skal fungere som forsterkningslag og drenslag. Ved gitt frostmengde er det viktig med finrensk av sålen helt til det blir maksimalt 50 mm tunnelmasse igjen på sålen (Statens vegvesen, 2010). Tunnelen har frostmengde over 15000 som gjør at dette tiltaket skal etableres.

Frostmengde

Byggforsk viser til en verdi på $F_{10} = 21000$ for Oppdal. N200 s. 464 sier 20000. F_{10} er definert som den frostmengden som statistisk sett overskrides én gang i en 10-årsperiode

Kommune- nummer	Kommune- navn	Årsmiddel- temperatur	Frostmengder, h°C				Korreksjonsfaktorer	
			F ₂	F ₅	F ₁₀	F ₁₀₀	Min	Maks
Sør-Trøndelag								
1601	Trondheim	5,3	4000	8000	11 000	19 000	0.92	1.41
1633	Osen	5,5	2000	5000	6 000	11 000	0.61	2.40
1634	Oppdal	2,8	10000	16000	20 000	32 000	0.65	2.21
1635	Rennebu	2,5	10000	16000	20 000	32 000	0.79	1.24

Tabell 35: Frostmengde i Oppdal

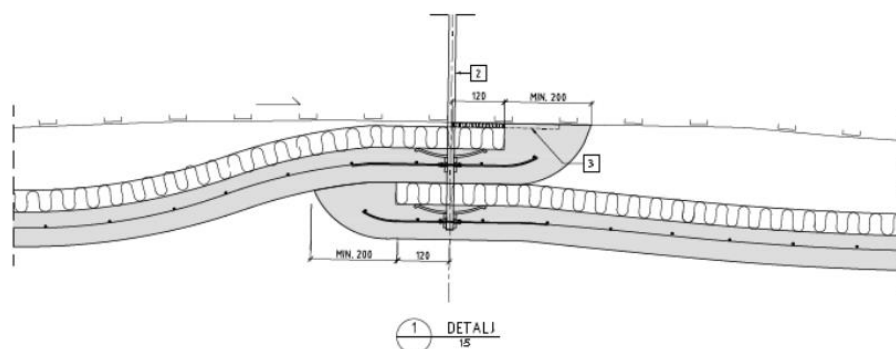
Tabell 35 viser en frostmengde i Oppdal på 20000 timegrader. Årsmiddeltemperatur på 2,8 grader og maks. korreksjonsfaktor 2,21

$$\text{Døgn med frost} = \frac{F_{10}}{\text{årsmiddeltemp.} * \text{korreksjonsfaktor}} = \frac{20000}{2,8 * 2,21 * 24} = 135 \text{ døgn}$$

Grunnen til at det kreves frostsikring er av at frosten trekker inn i hvelvet.

Konstruksjon

Hvelv av sprøytebetong er en form for vann- og frostsikringsmetode og skal brukes for tunnelklasse C. Hvelvet lages av sprøytebetong i heng og vegger, med føringskant av betong. I innkjøringssonene benyttes løsninger som inkluderer veggelementer av betong. I øvrige del av tunnelen benyttes føringskant av betong. Over føringskanten og veggelementer skal det brukes hvelv av sprøytebetong. Til isolasjon skal det benyttes PE-skum, med en minimum tykkelse på 70 mm. Til slik isolasjon er det ikke behov for membran. Boltene som brukes skal ha god nok korrosjonsmotstand. Før det sprøytes på PE-skum skal vanntetthet av vertikale og horisontale skjøter være sikret. Overlapp av slik PE-skum er vist på figur 74.



Figur 74: Overlapps skjøt av PE-skumplater

Se N500 kap. 7.4.6 for mer om hvelv av sprøytebetong.

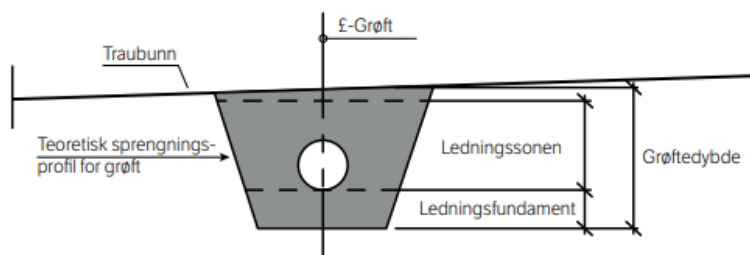
8.3.1 Drenering, vegfundament og vegdekke

Drenssystem skal være en del av fundamentet i form av pukk og rør, og skal ved vannlekkasjer sørge for at det blir drenert ut av tunnelen frostsikkert. Drenslaget skal ligge på planum. Vannlekkasjer skal føres med avskjerming til drenslaget. Det er viktig at drenssystemet holder grunnvann og overflatevann unna portalområdet.

Drensrør skal velges etter tunnelen er drevet for å se på hvilken volumstrøm røret skal føre ut. Det skal ikke brukes en hovedledning med enn 150 mm diameter.

8.3.2 Grøft

Det skal etableres en avskjæringsgrøft i nedkant av lekkasjesoner. Dette skal gjøres for å hindre at vannet i sålen sprer seg til tørre partier. Det bør også etableres flere hjelpedrenegrøfter på grunn av frostmengden. Dette trengs for å sikre at lekkasjer inn avskjermes med vann- og frostsikringskonstruksjonen.

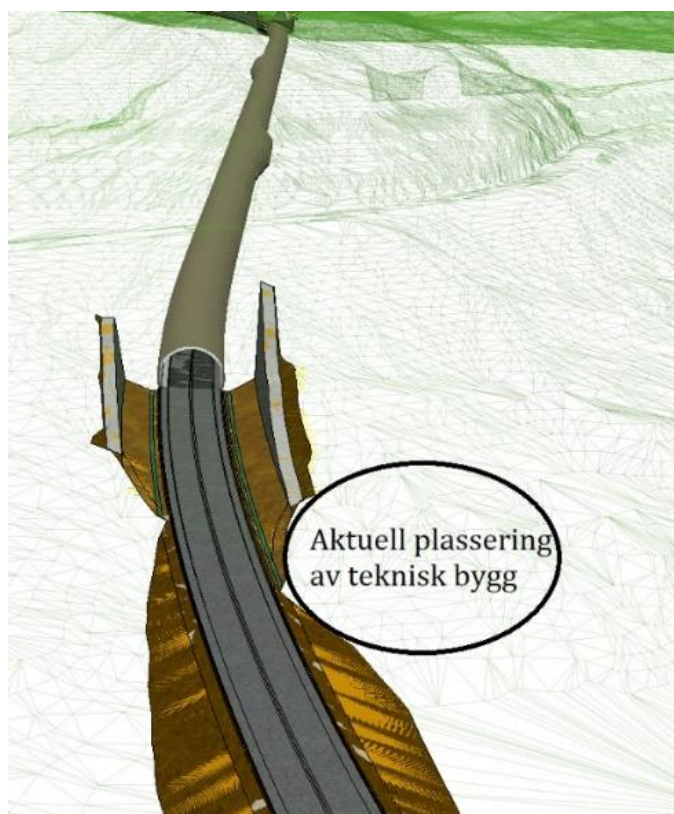


Figur 75: Teoretisk grøftverrsnitt

Ledningsfundamentet bør være minst 150 mm, og minimum 100 mm under muffen på røret. Bredden på ledningsfundamentet bør være minst like ledningens utvendige diameter pluss 200 mm eller 1,5 ganger ledningens nominelle diameter. Kriteriet med størst bredde skal velges. Under kap. 8.2.2 i N500 står det at; «Ved bruk av isolert vegfundament skal frostsikringen ivaretas ved at isolasjonen i vegfundamentet føres over grøft og frem til kontakt med eventuell konstruksjon for vann- og frostsikring av vegg og hvelv.» Til frostsikring av grøft står valget mellom skumglassgranulat og lettklinker. Generelt om tekniske krav til skumglass/lettklinker, se håndbok N200. Der det brukes isolasjon plater skal være av typen XPS med styrke 500kPa og min. tykkelse på 50 mm. Se N500 kap. 8.3-8.5.

8.3.3 Tekniske bygg

De tekniske byggene krever en del areal til blant annet nettstasjon, lavspenning tavlerom, nødstrøm, batterirom, radio, nødnett og mobil. Disse foreslås plassert på nord-siden av tunnelen som er nærmest Oppdal slik at brann- og redningsmannskap kan komme til rommene, og evt. brannhydrant. Ved utgangen av tunnelen ligger veien på en høy fylling. Det er ønskelig å legge et stort teknisk bygg med inndelte rom, ved foten av fyllingen. Bygget skal utformes slik at det er rustet for de krav som er satt i N500 for blant annet, men ikke begrenset til, brannsikkerhet med betongvegger og vannlekkasjer. Figur 76 viser et egnet areal som kan brukes til bom, evt. bygg, pumpestasjon, d/v og ventilasjon i anleggsfasen av prosjektet.



Figur 76: Plassering av teknisk bygg

9 Drenering

9.1 Valg av drencsystem

Det er viktig med et godt dreneringssystem for å hindre vannansamling på vegbanen og konstruksjoner. Hovedhensikten med drenering er å samle opp eller lede vannet bort fra vegbanen.

H = Hovedveg, A = Atkomstveg, S = Samleveg, G/S = Gang- og sykkelveg

Her vil vegen kategoriseres som vegtype

H med ÅDT < 5000 og spredt bebyggelse.

Dette resulterer i et åpent dreneringssystem.

Fordelene med et åpent drencsystem er:

- Lite vedlikehold og lave kostnader
- Bedre sikt pga. større terrenginngrep
- Bedre forhold for snøbrøyting
- Enklere inspeksjoner for å fastslå behov for vedlikehold
- Større sikkerhet ved flom

Spesielt ved tilfelle med flom, er den ekstra sikkerheten et åpent drencsystem gir betryggende. De klimatiske forholdene tilsier at åpent drencsystem er et godt valg, med tanke på flom og snørydding.

Området rundt vegen består av mye dyrket mark og landbruk. Det er landlige omgivelser med store deler jordbruksareal. Dette betyr at nedbørsvannet ikke har enkelte steder å samle seg langs vegen. Det vil heller samle seg på jordbruket eller vegen. Det som samler seg på vegen renner videre via nedføringsrenner. Det må også nevnes at elven Driva gir god avrenning. Nedbørsvannet vil trekke mot elven på en naturlig måte og egne anlegg for avrenningen vil ikke være nødvendig.

Vegtype	ADT	Bebyggelse		
		Spredt	Middels	Tett
H	> 5000	A/L	L	L
H	< 5000	A	A	L
S, A	< 5000	A	A/L	L
G/S		A/L	A/L	L

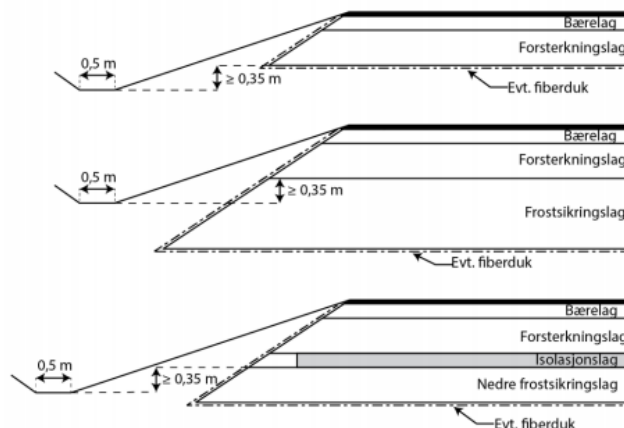
A= Åpent system
L= Lukket system

Tabell 36: Drencsystem, åpent eller lukket

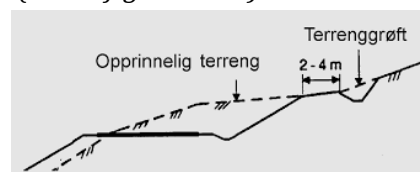
9.1.1 Dimensjoner på sidegrøft

Ved åpen drenering trengs det en dyp sidegrøft. Det stilles egne krav til dimensjonene på grøften;

- Minimum grøftebredde er avhengig av overbygningstykkelsen
- Bunnen av grøften skal ha bredde 0,5 og være horisontal i tverrprofil
- Skråningshelningen skal ikke være brattere enn 1:2
- Grøfta skal ha dybde 0,35 m under bunnen av forsterkningslaget
- Ved frostsikring skal dybden på grøfta være $\geq 0,35$ m under isolasjonslaget.
- Lengdefall bør være minimum 5 ‰.



Figur 77: Dypde på grøft (N200 figur 406.1)



Figur 78: Terrenggrøft

9.1.2 Terrenggrøft

Ved terrenggrøft skal grøften tilpasses terrenget på en måte som ikke skaper stor innvirkning på landskapet.

Det er også viktig at overflatevann ikke renner ned langs skjæringsskråninger og forårsaker erosjonsskader. Aktuelt fra profil nr. 3120 til 3780.

9.1.3 Nedføringsrenne

For å få optimal avrenning ved bekkeløp kan det være nyttig med en nedføringsrenne. Nedføringsrenner brukes ved terrenggrøfter eller til å avskjære bekkeløp. Rennene er tilpasset terrenget og fører direkte til stikkrenne.

9.1.4 Materialer

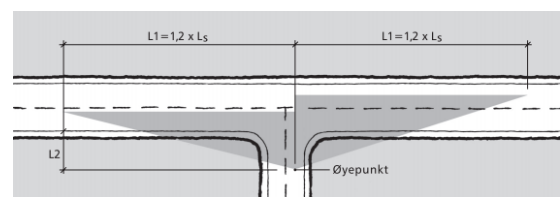
Kledningsmaterialet i grøft vil variere ut ifra terrenget. Materialdekke til grøften gir oss informasjon om manningstallet og vannhastigheten. Høye manningstall gir lite friksjon og høye hastigheter. Betongkledning er glatt og gir høye vannføringshastighet men er dyrt å bruke. Vi foreslår grus og jord uten vegetasjon til øverste lag i grøfta. Dette gir manningstall 30-50 og hastigheten må komme over 1 m/s for å gi erosjonsskader. Ved tvil om erosjon kan det brukes grus av større diameter. Veggen strekker seg over flere åpne sletter. Disse områdene vil ikke egne seg som tilrenningsfelt siden mye av dette er dyrket mark. Dette gir igjen høy avrenning og mindre behov for en bred og dyp grøft.

10 Siktforhold

For at veien skal være trafikksikker er det viktig med gode siktforhold. Sikt lengden skal sikre at trafikantene skal kunne stoppe i tide for hinder i veien. Stoppsikten bestemmes ut ifra reaksjonstid og bremselengde. Faktorer som spiller inn er blant annet friksjonstallet, stigningsgrad og øyehøyde. Tabell 37 viser nødvendig sikt lengde for forbikjøring på 600m og stoppsikt mellom 115 og 125 ± et tillegg for stigning. V120 viser også hvordan stoppsikt lengden kan finnes. Denne er mer konservativ. Vi følger det som er satt i prosjekteringstabellen for H1 fra hb. N100.

10.1 Sikt krav i forkjøringsregulerte T-kryss

Siden våre alternative veger består av T-kryss er det viktig å se på siktforholdene som skal opprettholdes i slike kryss. Sikt i forkjøringsregulerte T-kryss skal sikres i henhold til figur 79. Avstander inn i sideveg måles fra kantlinje.



Figur 79: Sikt krav i T-kryss

Trafikkmengde i sekundærveg	Fartsgrense primærveg [km/t]		
	30/40	50/60	70/80/90
ÅDT < 100	4	6	6
100 < ÅDT < 500	6	6	10
ÅDT > 500	6	10	10

Tabell 37: Krav til L_2 i forkjøringsregulerte T-kryss

For alternativ 1 er hastigheten på primærveg 80km/t. Se figurer i kap. 2.1.4 for fartsgrense, oversiktskart og ÅDT på sekundærveg. L_2 blir 10m.

Ønsker å finne stoppsikt kravet, L_s , og bruker formelen:

$$L_s = L_r + L_b = 0,278 * t_r * V + \frac{V^2}{254,3 * (f_b + s)}$$

s = stigningsgrad [m/m]

t_r = reaksjonstid [s]

V = fartsgrense (med eventuelle fartstillegg) [km/t]

f_b = bremsefriksjon

ADT	Boenheter	<1500				1500 - 4000				4000 - 6000		6000 - 12000			12000 - 20000			> 20000		
Fartsgrense		50	60	80	90	50	60	80	90	60	80	60	90	60	80	100	60	80	100	
Hovedveger			H1	H2	H3		H1	H2	H3	H1	H4	H1	H5	H6	H7	H8	H6	H7	H9	
Øvrige hovedveger			H1	H ₁			H1	H ₂		H1	H4	H1	H5	H6	H7	H8	H6	H7	H9	
Samleveger	Sa1	Sa2	Sa3		Sa2		H ₂													
Atkomstveger	A1/A2/A3																			

Fartstillegg = 0	Sikkerhetsfaktor - friksjon 1,10
Fartstillegg = 5	Sikkerhetsfaktor - friksjon 1,25
Fartstillegg = 10	Sikkerhetsfaktor - friksjon 1,50
Fartstillegg = 15	Sikkerhetsfaktor - friksjon 1,75

Tabell 38: *Fartstillegg og sikkerhetsfaktor*

Sikkerhetsfaktor	Fartsgrense [km/t]						
	40	50	60	70	80	90	100
1,00	0,70	0,63	0,59	0,54	0,52	0,49	0,47
1,10	0,64	0,58	0,53	0,49	0,47	0,45	0,43
1,25	0,56	0,51	0,47	0,44	0,41	0,39	0,38
1,50	0,47	0,42	0,39	0,36	0,34	0,33	0,32
1,75	0,40	0,36	0,34	0,31	0,29	0,28	0,27

Tabell 39: *Bremsefriksjon*

$$L_s = 0,278 * 2 * 90 + \frac{90^2}{254,3 * (0,34 - 0,01)} = 146,6m$$

$$L_1 = 1,2 * 146,6 = 175,9m$$

Krav til stoppsikt i gjeldende kryss blir 146, 6 m.

10.2 Stoppsikt i skjæring

I starten av linjeføringen skal vegen inn i fjellet og føres videre med tunnel. Der vil veien ligge i en skjæring. Veien har stort fall på 5,65 %. Regner med 6% fall.

For å beregne nødvendig stoppsiktlengde på vegen, i henhold til V120, brukes parametre;

s = stigningsgrad [m/m] = -0,06 i dagen, -0,05 i tunnel

t_r = reaksjonstid [s] = 2s

V = fartsgrense (med eventuelle fartstillegg) [km/t] = 80 km/t + 10 km/t = 90 km/t

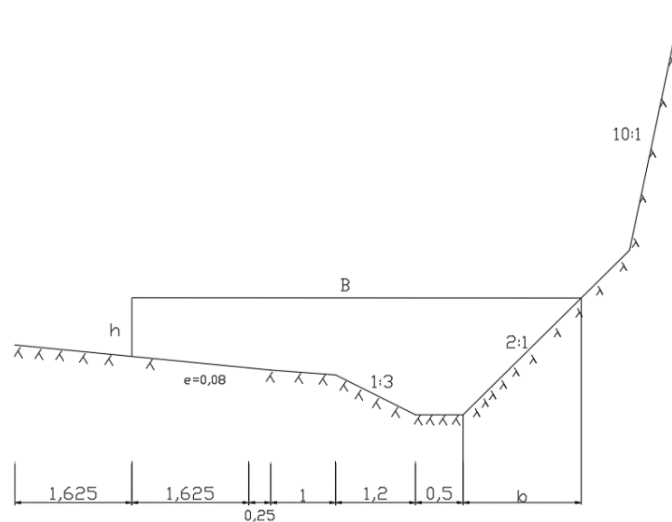
f_b = bremsefriksjon = 0,34

Da blir stoppsiktkravet av hb. V120:

$$L_s = 0,278 * 2 * 90 + \frac{90^2}{254,3*(0,34-0,06)} = 163,8 \text{ m (163,798)}$$

$$\text{Av hb. N100 } 125 \text{ m} + \frac{6}{6} * 12 \text{ m} = 137 \text{ m}$$

Minste tillatte radius i horisontal er gitt av formelen; $R_{min} = \frac{L_s^2}{8*B}$. Finner B i skjæringen.



Figur 80: Viser skjæringen i tverrprofil med hellinger og lengder for beregning av B

Øyet til fører er 1,1m (h) over bakken midt i kjørefeltet, 1,625 m fra skulder.

$$b = \frac{1,1 + 0,08 * (1,625 + 0,25 + 1) + \frac{1,2}{3}}{2} = 0,865 \text{ m}$$

Da får vi:

$$B = 1,625 + 0,25 + 1 + 1,2 + 0,5 + 0,865 = 5,44 \text{ m}$$

$$\text{Minste radius blir: } R_{min} = \frac{L_s^2}{8*B} = \frac{163,8^2}{8*5,44} = 616,5 \text{ m}$$

Se vedlegg 3 for brukte radiuser.

10.3 Sikt i tunnel

Tunneler medfører flere utfordringer blant annet å opprettholde gode nok siktforhold. En mørk tunnel omringet av robuste vegger stiller egne krav til sikt. Krav til stoppsikt i tunnel bestemmes ut ifra dimensjoneringsklassen til vegen. I vårt tilfelle blir stoppsiktkravet 129 meter (H4) ved maks stigning. Se tabell 40. Tunnelbredden skal om nødvendig utvides med ekstra bredde på sidearealet i innerkurve.

I tunnel er veggene nærmere veien og ergo er B-målet mindre. I vårt tilfelle er $B=1,625+0,25+1=2,875 \text{ m}$. (Selv om vegen i tunnel er breiere ($3,5\text{m}>3,25\text{m}$) er utvidelsen

lagt i midtdeleren, slik at B målet som beregnes fra midten av kjørefeltet er riktig.

Stoppstiktkravet i tunnelen, av hb. V120 er:

$$L_s = 0,278 * 2 * 90 + \frac{90^2}{254,3 * (0,34 - 0,05)} = 159,9 \text{ m}$$

Dimensjoneringsklasse	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H9*	Hø1	Hø2
Stoppstiktkrav (L _s) i meter for flat veg (s=0)	63	105	148	117	148	69	117	220	98	98
Stoppstiktkrav (L _s) i meter ved maks. fall (s= -5 %)	67	113	165	129	165	75	129	252	104	104
Stoppstiktkrav (L _s) i meter ved maks. stigning (s=5 %)	60	98	135	108	135	65	108	197	93	93

* Dimensjoneringsklasse H9 skal ha fartsgrense 110 km/t.

Tabell 40: Håndbok N500 (3.2.4) gir stoppstiktkrav på 129m i tunnel med maks fall på 5%

Hb. V120 er mer konservativ enn N500, men kravet ligger i N500. På grunn av lite plass for inngangen til tunnelen er det gunstig med et lavt stoppstiktkrav slik at radiusen er så lav som mulig. Dette gjør at tunnelen vil ha et nærmere vinkelrett påhugg i fjellet.

Finner R_{min} i henhold til kravet i N500(129 m) og V120(159,9 m):

$$R_{min} = \frac{L_s^2}{8 * B} = \frac{159,9^2}{8 * 2,875} = 1111,7m$$

$$R_{min} = \frac{L_s^2}{8 * B} = \frac{129^2}{8 * 2,875} = 723,5m$$

Konklusjonen her er at V120's krav er ugunstig og det er ok å bruke N500 sitt krav som gir minste horisontalkurveradius på 723,5m, og at svingen inn til, og i tunnel, bør være nærmere dette for påhugget sin del, men at dette er minstekravet. Vi bruker 770m som radius i tunnelen. Dette gir bedre sikt. (For øvrig ville kravet fra hb. V120 blitt mindre ved en lavere hastighet som f. eks 70 km/t.)

Opptredende siktlengde i tunnel i alt. 1 blir da:

$$L_s = \sqrt{R * 8 * B} = \sqrt{760 * 8 * 2,875} = 133m$$

Siktlengden er 4 m lengre enn kravet i N500.

10.4 Forbikjøring

Forbikjøring på nasjonale hovedveger med 2 felt bør sikres i henhold til tabell D.12 i N100. Disse kravene gjelder for hver kjøreretning, men ikke i tunnel. Vegen må ha minst 2 forbikjøringsmuligheter pr. 10 km. N100 beskriver videre under D.5.3 at «For å ivareta hensynet til jevnt fartsnivå, er det også viktig å vurdere behov for egne forbikjøringsfelt på strekninger hvor fartsdifferansen mellom tunge og lette kjøretøy kan bli for stor.

Forbikjøringsfelt i stigning vurderes i sammenheng med krav til forbikjøringsmulighet på flat veg.» Ved stigning skal forbikjøringsfelt på 2-feltsveger oppfylle følgende kriterier:

- ÅDT > 4 000
- Det skal være en stigning som gir stor fartsdifferanse mellom tunge og lette kjøretøy.

Siden fartsdifferansen mellom lette og tunge kjøretøy er mindre enn 15 km/t, bør det ikke anlegges eget forbikjøringsfelt. En bemerkning er at tunnelen har akseptabel, men høy stigning. Det kunne vært anlagt et forbikjøringsfelt som starter i tunnelen og slutter utenfor, slik at lette kjøretøy kan kjøre forbi tunge kjøretøy i oppoverbakken. Det som taler imot dette er at det i alt. 1 og 2 blir et rettstrekk på ca. 1 km som er godt nok som forbikjøringsmulighet like før tunnelen. Det er dessuten fordyrende å utvide tunnelprofilen. Ergo er situasjonen vurdert slik at det ikke er behov for forbikjøringsfelt, verken i tunnel eller på veg i dagen.

10.5 Siktanalyse i Novapoint

I tillegg til manuelle beregninger har Novapoint et nyttig siktanalyseverktøy.

Novapoint utfører siktanalyser på både stoppsikt, forbikjøringsikt og møtesikt. Siden møtesikt ikke er nødvendig å ha på 2-feltsveger blir det ikke utført analyse av denne type sikt. Alle analysene som ble kjørt er enten stoppsikt eller forbikjøringsikt med kravene til sikt i henhold til prosjekteringstabellen til H1 i Hb. N100.

10.5.1 Stoppsikt

Bruker Novapoint sitt automatiske siktanalyseverktøy for å finne ut om kravene til stoppsikt er oppfylt. I følge N100 er stoppsiktkrav for en H1-veg-minimum 115-125. Setter dermed kravet til stoppsikt til å være 125. Det må også nevnes at $\Delta_{st1} = -9$ m (reduksjon i krav til stoppsikt ved maksimal stigning) og $\Delta_{st2} = 12$ m (økning i krav til stoppsikt ved maksimalt fall).

Ved bruk av stoppsiktkrav på 125 m er det kun et sted det oppstår problemer. Dette er ved T-krysset i nord. Her er det en radius på 550 inn til eksisterende veg. Krav til stoppsiktelengde er da 120. Problemet oppstod kun i retning framover fra profil 0 og oppstod mest sannsynlig på grunn av høydeforskjeller i terrenget.

Når det gjelder krav til maksimal stigning ble veien også testet med stoppsiktkrav 137 m (125 m+12 m). Da var det en profil før tunnelen som ikke ble godkjent, men dette er ikke et område med maksimalt fall. Det samme problemet dukket opp hvor veien møter

eksisterende veg i nord, men også her kan vi se bort ifra krav til stoppsikt ved maksimal stigning.

10.5.2 Forbikjøringsikt

Bruker samme verktøy i Novapoint for å sjekke at kravene til forbikjøringsikt er oppfylt minst et sted. Kravet til forbikjøringsikt er 600 meter i henhold til dimensjoneringsklasse H1.

Bruker 600 meter som ønsket siktkrav og får at siktkravet er oppfylt på rettstrekket fra profil 750 til profil 920 i retning framover. Denne strekningen ligger på tunnelstrekket og kan derfor ikke brukes til forbikjøring. Etter tunnelen er det et rettstrekk på om lag 1 km som egner seg til forbikjøring. Det samme gjelder like før og etter bruene ved fylkesveg 520. Siste forbikjøringsstykke er rettstrekket før møtet med eksisterende veg. Utenom disse siste profilene er det ikke flere strekninger som egner seg til forbikjøring i retning framover på flaten 1.01.

I retning bakover på flaten -1.01 er siktkravet oppfylt fra første profil til profil 5430, hvor forbikjøringskravet var oppfylt i motsatt retning. Siktkravet er også oppfylt fra profil 4900 til 4420 fra bru over elv til Driva. Det vil ikke bli planlagt forbikjøring på denne strekningen på grunn av bru og trafikantenes sikkerhet med tanke på nærliggende elv. Det er også muligheter for å kjøre forbi før og etter bruene ved fylkesveg 520 og fram til tunnelen starter. Siktkravet til forbikjøring ble godkjent i tunnelen, men det vil ikke bli tillatt med tanke på maksimal stigningsgrad.

Dokumentasjon av siktanalysen som ble utført i Novapoint var for omfattende til å ha med som vedlegg (om lag 140 sider totalt).

11 Masseberegning og kostnader

11.1 Masseberegning

Masseberegningene er lagt med som vedlegg 4. Faktorer som er brukt er; 1 for jordskjæring, 1.4 for fjell, 0.4 for dypsprengning og 1.2 for fylling.

For alternativ 1 er overskuddet ca. 130.000 m³. Til gjengjeld er det forventet at hele forsterkningslaget kan lages av overskuddsmassen i linja.

Det vil bli et stort overskudd fra tunnelen. Tunnelen er 780m lang med et teoretisk sprengningsareal på 66,63 m² som gir; $780m * 66,62m^2 = 51964 pfm^3 * 1,4 = 72.750 uam^3$

Det er lagt inn et tak på overskuddet manuelt i tunnelen, da Novapoint tok med alt fjellet over tunnelen med i masseberegningen. Det teoretiske sprengningsarealet er lagt inn gjennom hele løpet (666,2 m³ pr. 10 m).

Forsterkningslaget er (3.3.4) også av et stort volum;

$10m (vegbredde) * (1530 * 0,46 + (2700 - 1530) * 0,27 + (6120 - 2400) * 0,73) = 37353 pfm^3 * 0,9 = 33.618 uam^3$

Frostsikringslaget kan også lages av masseoverskuddet ved at det knuses og vaskes for finstoff, mot at det sjekkes for skjærstyrke og brukbarhet. Parsellen som ligger på telefarlig grunn er fra pr. nr. 2400-6120 med en tykkelse på 45 cm. $(6120 - 2400) * 0,45 * 12 = 20088 pfm^3 * 0,9 = 18.079 uam^3$

Det er et overskudd som minker hvis man utnytter ressursene fullt ut.

$$130.000 - 33.618 - 18.079 = 78303 uam^3$$

Det er bedre å ha overskudd enn underskudd i linja.

Massediagrammet og masseprofilen for alle tre alternativer ligger i vedlegg 5. Det kommer tydelig fram på massediagrammet at alternativ 1 og 2 får et stort masseoverskudd. Mens alternativ 0 får et stort masseunderskudd.

11.2 Kostnader

Det er gitt et stokastisk kostnadsoverslag for alternativer på strekningen Engan - Granmo. Estimert jobber ut ifra anslagsmetoden. Prosjektets alternativer er beskrevet i rapporten, med de ulike komponenter som inngår i prosjekteringen.

Det er knyttet store usikkerheter til undergrunn og bergkvaliteter, da det ikke er foretatt geologiske undersøkelser i området, på dette tidspunkt (april 2019). Området rundt Oppdal – Engan er kjent for sin utvinning av skifer (Oppdalskifer) og naturstein til konsumenter. Det er forventet å finne den samme typen materialer under driving av tunnelen. Stein av leire eller kvartssand med god kløyving i liggeplanet. Når de geologiske undersøkelsene er på plass kan det også tas standpunkt til muligheten for å bruke fjellmassene til å bygge forsterknings- og frostsikringslaget i overbygningen av veien. Beregningene over antar at massene kan gjenbrukes og dermed hjelper til å oppnå massebalanse og hindre at det blir nødvendig å kjøre bort for store masser fra ekstern mottaksplass.

Kostnadsestimatet skal utarbeides fra lengdepriser.

Av prosjektbestillingen kommer det fram at den totale strekningen som skal håndteres i prosjektets helhet, er ca. 25 km. Det kan derfor holdes i mente at overskuddet kan brukes på andre steder enn den 6 km lange strekningen som er dimensjonert i prosjekteringen av denne bacheloroppgaven. I tillegg kan overskuddsmassen brukes til næringstomter eller lignende.

Ved å bruke lengder for å estimere kostnader unngås det å glemme elementer fra detaljestimering av kostnadene. På en bru kan det for eksempel være lett å glemme av mindre detaljer som bolter til rekkverket. Da benyttes vanligvis en usikkerhetspost. Det unngår vi her, men regner grovt over med lengdepriser. Det ferdig beregnede estimatet kan ha en usikkerhet på 40%.

Kompleksitetsfaktor	Vurdering
1 - Topografi	Middels
2 - Fjellboring og -sprengning	Høy
3 - Grunnforhold	Høy - uvisst
4 - Masseflytting	Lav
5 - Adkomst/tilgjengelighet	Middels
6 - Trafikkavvikling	Middels
7 - Naturgitte forhold	Lav
8 - Interessenter	Lav
9 - Krav til miljø	Middels
10 - Bomiljø, eksisterende bebyggelse og infrastruktur	Lav/Middels
11 - Teknisk kompleksitet	Middels

Tabell 41: Kompleksitetsvurdering [18]

SWOT-analyse

S – Styrke: Ønsket prosjekt. Grei størrelse på prosjektet. Masseoverskudd fra tunnel.

W – Svakheter: Har ikke fastlagt detaljer rundt geologi. Ekspropriasjon, dyrket mark. Trafikk i anleggsfasen.

O – Mulighet: Arbeide på flere plasser samtidig (Tunnel, bru og kryss). Bedre støyforhold mot skolen.

T – Trussel: Budsjettsprekke. Miljøgiftforurensning i elva fra tunneldriving. Forsinket oppstart. Flom. [18]

Alle beløp i
1000 kr

Post	Navn	Type	Mengde	Lav	Sannsynlig Høy	Forv. kost	
A.1	Alternativ 1					579670	
A.1.1	H1-veg i dagen	meter	5339	50	70	150	373730
A.1.1.1	Gang- og sykkelveg	meter	0	30	50	150	0
A.1.2	T9,5 Tunnel	meter	780	180	210	400	163800
A.1.2.1	Havarinisje	meter	120	40	62.5	102.5	7500
A.1.3	Bru - f_veg-12000	meter	40	400	490	800	16000
	Bru - f_veg-22000	meter	35	400	490	800	14000
A.1.4	Kryss				50		
A.2	Alternativ 2					410490	
A.2.1	H1-veg i dagen	meter	3247	50	70	150	227290
A.2.1.1	Gang- og sykkelveg	meter	0	30	50	150	0
A.2.2	T9,5 Tunnel	meter	770	180	210	400	161700
A.2.2.1	Havarinisje	meter	120	40	62.5	102.5	7500
A.2.3	Bru - f_veg-28000	meter	35	400	490	800	14000
A.2.4	Kryss	meter			50		0
A.3	Alternativ 0					357900	
A.3.1	H1-veg i dagen	meter	6412	50	70	150	320600
A.3.1.1	Gang- og sykkelveg	meter	910	30	50	150	27300
A.3.3	Bru - f_veg-28000	meter	25	400	490	800	10000

Resultatet blir:

- Alternativ 0 får en total kostnadssum på om lag 357, 900 millioner kroner.
- Alternativ 2 får en total kostnadssum på om lag 410,490 millioner kroner.
- Alternativ 1 får en total kostnadssum på om lag 579, 670 millioner kroner.

Disse prisene er oppgitt som total kostnad inkl. moms, og ikke kun entrepris kostnaden.

Tunnel vil koste om lag 160 mill. Hoveddelen av kostnaden er knyttet til veien. For alternativ 0 er det brukt priser som er «lav» på sannsynlighet da den fortar seg forbedring og forsterkning/ utvidelse av den eksisterende vegen.

12 Samlet vurdering og konklusjon

Det er med dette mange ulike faktorer, tiltak og løsninger som må vurderes og tas hensyn til under prosjektering av ny veg. Men hva blir den samlede vurderingen av arbeidet?

12.1 Sikkerhet

Under delkapittel 1.6 *Sikkerhet i Dagens situasjon* blir det pekt på en rekke ulykker som skjer i svingen ved Engan. Ved å erstatte dagens krevende kurvatur med en tunnel unngår man disse type ulykkene og vegen får en bedre trafiksikkerhet. Det er gitt maksimal stigning i tunnelen, men takket være jevn kurvatur i tunnelen er ikke dette et faremoment. Tunnelen vil være en god løsning for å unngå bratte skråninger og krappe svinger på veg til Driva. I tillegg plasseres vegen på utkanten av tettstedet og man unngår tett beliggenhet med g/s-veg i retning barnehage og skole. Ny veg med større vegbredde gir også trafikanten bedre kjøreforhold og kjørekomfort.

Med dette er et av de viktigste kravene til ny veg oppnådd, nemlig økt sikkerhet.

12.2 Kostnader og masseoverskudd

Det er ingen tvil om det blir store totalkostnader i prosjektering av ny veg. Men med dagens utfordringer er det nødvendig med gode nok tiltak for å forbedre eksisterende veg og dens krevende kurvatur. Totalkostnadene for hvert alternativ blir store, men med all moms inkludert er det ikke så urimelige priser allikevel. At det blir et stort masseoverskudd kom ikke overraskende da utgraving av tunnel bærer med seg store masser. Men et masseoverskudd er ikke nødvendigvis en ulempe. Overskuddsmassene kan brukes som steinfylling eller i overbygningen som forsterkningslag. Dette vil være med å redusere eventuelle transportkostnader. Vegen blir kostbar, men sett ut ifra krav til ny veg er dette nødvendige kostnader for å oppnå det Driva trenger.

12.3 Konklusjon

Ny avkjørselsfri E6 er noe som trengs på strekningen for å skape en tryggere ferdsel for både lokale og tilreisende. Med vårt forslag til ny veg skapes en bredere veg med tryggere kjøreforhold for alle trafikanter. Det er en veg med jevnere kurvatur og færre konfliktpunkter. Med ny avkjørselsfri E6 er det ikke lenger behov for å bruke en veg som slynger seg ned i dalen med dårlig sikt og høy fartsgrense. Det er ikke lenger behov for å senke fartsgrensen når man nærmer seg tettstedet, eller holde et ekstra øye med alle

gardsvegene som stadig blir fylt av traktorer. Ny avkjørselsfri E6 unngår krevende kurvatur i dagen, takket være tunnelen. Den slipper å forholde seg til tettstedet og sørger i stedet for en effektiv rute til Oppdal. Avkjørselsfri E6 er med dette ikke bare en god ide, men en god løsning for strekningen Engan – Granmo.

13 Innovasjon, forskning, utvikling og entreprenørskap

Det er gitt at bacheloroppgaven skal inneholde et eget kapittel som tar for seg minst temaene innovasjon, utvikling, forskning og entreprenørskap. Bachelorgruppen velger selv innfallsvinkel og tema. Vi har valgt å se nærmere på selvkjørende biler.



Figur 81: Selvkjørende bil fra Waymo med Lidar

13.1 Bakgrunn

De siste årene har de fleste bilprodusenter sett på mulighetene ved å gjøre kjøretøyer selvkjørende eller til en grad utviklet førerassistenter. Disse teknologiske nyvinningene er i ferd med å transformere industrien. Transportnæringen og taxisjåfører blir spesielt påvirket. I tillegg vil også andre få muligheten til å leie selvkjørende biler som taxi når eieren ikke trenger bilen. Elon Musk har for eksempel sagt at han ønsker å ta opp kampen mot andre som utvikler selvkjørende biler som Waymo, GM og Uber. I tillegg har han uttalt at han tror det vil være utviklet helt selvkjørende biler inne midten av 2020. [19]

I spørreundersøkelser sier 41% at de er villige til å sitte på i andre sine selvkjørende biler.

55% av de med små bedrifter sier de tror alle deres biler vil være selvkjørende innen 20 år. 57% sier de støtter bruk av selvkjørende biler. [20]

Utviklingen de siste årene har likevel kommet langt. Fra adaptiv cruise-kontroll til filskift- og parkeringsassistent og delvis selvkjørende biler.

13.2 Selvkjørende biler

Så hva er egentlig en selvkjørende bil? Det er 6 ulike nivåer til autonome kjøretøy.

Nivå 0 – Ingen automasjon, ikke ABS-bremser eller automatgir-kasse.

Nivå 1 – Enkel førerassistanse. Hjelp til å styre rattet, fart og bremsing. Adaptiv Cruisekontroll.

Nivå 2 – Delvis selvkjørende. Når bilen møter en situasjon den ikke gjenkjenner vil føreren bli tvunget til å overta styringen. Bilen styrer retning, fart og bremsing.

Nivå 3 – Tilstandsbasert assistanse. Bilen har oversikt over omgivelsene. Bilen kan selv kjøre på strekninger som ikke er for utfordrende som i kø og motorveier. Føreren skal likevel være klar for å overta styringen umiddelbart.

Nivå 4 – Høy-autonom assistanse. Bilen trenger ikke et menneske for å kjøre. Men det er rom for at mennesket kan ta over styringen ved behov. Hvis ikke mennesket tar over ved behov skal bilen klare å komme til stans på en trygg måte.

Nivå 5 – Bilen har kontroll over all kjøring, i alle værforhold. Mennesker er kun passasjerer i denne bilen. [21]

Full automasjon er allerede virkelighet i mange industrier. Fabrikker bruker robotiske armer og automatiserer fullstendig vanlige oppgaver på samlebåndene. Førerløse traktorer pløyer, planter og høster på dagens høyteknologiske gårder.

13.3 Resultat

Hva skjer når bilene er helt selvkjørende? Skal bilene kjøre tilbake til huset til eieren og parkere der, eller skal bilene kjøre rundt i påvente av noen andre som trenger den eller for å unngå å betale for parkering i det hele tatt. Kanskje vil behovet for biler synke så drastisk i byene at det bare er noen få eller kun bedrifter som i framtiden har biler.

Hvordan skal veiplanleggere ta hensyn til selvkjørende biler i framtiden? Et av de viktige spørsmålene er om alle skal ha lik tilgang til infrastrukturen vi lager og hvem vi skal prioritere. Det finnes i dag et sett av forskjellige transportmidler. Vi tror det er viktig å jobbe videre på den store infrastrukturen som er skapt rundt bilen. Veiene vi bygger bør utformes i den grad at det er rom for gående, syklende, biler og busser.

Transportnæringen vil bli forandret når det ikke er behov for førere. Men da skal lasting og lossing utføres av butikkarbeidere, logistikkarbeidere og i tilfellet der «siste-mileveranse» utføres av selvkjørende biler kan dagligvare artikler leveres til døren for å hentes av et menneske.

Er det behov for signalregulering om alle biler er selvkjørende? Dette kan være et argument for i fremtiden å få slutt på menneskelige førere i biler. Kjørehastigheten kan ligge på det optimale nivået hele tiden, om fletting i felter og bruk av kryss utføres på en helhetlig organisert måte, med et system der alle biler snakker med hverandre, og utveksler informasjon som fart, ønsket kjørerute og annen informasjon. Forhåpentligvis kan en oppnå det som i dag kalles «grønn-bølge», trafikken flyter bedre selv om hastigheten ikke økes. Og forhåpentligvis er det sikrere enn dagens situasjon.

13.4 Datasenter

Hvem skal ha kontroll over den kunstige intelligensen som styrer bilene? Bør dette reguleres på et overordnet nivå? En måte å gjøre dette kan være med et sentralt nasjonalt datasenter, på samme linje med at Avinor styrer flytrafikken. Systemet vil kunne implementeres/analyseres av kunstig intelligens for å gjøre konklusjoner om hvilke kjøremønstre og hastigheter som er det optimale. Et potensielt datasenter for å koordinere trafikken kan ikke være bestemmende, kun retningsledende anbefalinger om kjøremønstre, -rute og hastighet.

Etiske problemstillinger med datasenter for innsamling av data fra alle selvkjørende biler, kan være overvåkning. Det vil være mulig å ha fullstendig kontroll over hvor alle beveger seg. En annen etisk problemstilling er hvordan bilen skal oppføre seg i en ulykkessituasjon. Skal bilen skåne føreren ved å ta livet av 3 fotgjengere på fortauet for å komme seg unna en lastebil i feil kjørefelt med høy hastighet eller skal bilen ofre føreren for fotgjengerne.

Hvis vi skal ha et datasenter må alle bruke det for at systemet skal fungere optimalt. Jo mer data systemet samler inn jo mer presis blir anbefalingene det kan gi. Og hvis man skal stole på systemet for bruk i kryss, der man ønsker å unngå signalregulering er det helt vesentlig at informasjonen er sikker. Det kan man kanskje aldri anta. Det kan være biler som ikke har kontakt med datasenteret, eller det kan være noen som med vilje ikke deler sin posisjon. Derfor må alle biler uansett kjøre på en måte som tillater uforutsette hendelser.

Slik Avinor gjør det i dag er det et samspill mellom menneske og maskin. Det vil være vanskelig å skulle ha et system som har autoritet over millioner av biler på samme tid hvis det i et tilfelle skulle oppstå behov for menneskelig inngrep. Av disse argumentene og resonnement vil vi på dette tidspunkt fraråde å opprette et slik nasjonalt overordnet datainnsamling og prosesseringssenter. Vi vil heller anbefale å la dette ligge på privat side, hos Tesla, Waymo, GM og de andre som produserer biler og programvare. Dette skaper konkurranse og driver utviklingen videre.

13.5 Konklusjon

Med en app på telefonen er det lett å bestille førerløse biler for å få en tur mellom A og B. Men hvis alle bilene er opptatt så må man vente til neste bil er ledig, slik som det fungerer i dagens situasjon der man ikke vet om bussen er full og eventuelt må vente på neste.

Bilene bør plasseres på samlede ladestasjoner, muligens med lading via magnetiske plater i bakken, når de ikke brukes. Det bør unngås at bilene er på veien unødvendig. De bør være spredt slik at tilgjengeligheten er høy. Her kan man hente inspirasjon fra Trondheims miljøpakke som tilbyr bysykler på forskjellige plasser rundt om i byen som man kan låne. For selvkjørende biler vil de kunne være på riktig plass til riktig tid, mesteparten av tiden.

Gatene våre bør utformes med tanke på at biler kan bli en del av kollektivtrafikken og at det dermed kan bli et stort behov for lange påstigningsplasser. I framtiden vil det kanskje være naturlig å gjeninnføre bruk av kollektivfelt for biler med flere enn 1 eller to passasjerer, om de selvkjørende bilene er en del av kollektivtransporten.

I dag er det ulovlig i Norge å kjøre drosje uten løyve. Dette vil helt klart bli problematisk når det ikke vil være behov for førere. Derfor bør denne loven fjernes slik at vi er rustet for framtiden slik at kollektivtransporten styrkes, og at vi står fram som et land av utvikling, og ikke tviholder på lover som gjør taxi- og transportnæringen unødvendig dyrt.

Den teknologiske utviklingen går stadig framover, men hvorvidt selvkjørende biler blir å se i det dagligdagse liv i Norge med det første er vanskelig å si. Det er uansett en spennende utvikling å følge med på i årene som kommer og ny teknologi vokser fram.

14 Referanser, figur- og tabelliste

14.1 Referanser

Statens vegvesen. *Håndbok N100 Veg -og gateutforming.* 2019

Statens vegvesen. *Håndbok N101 Rekkverk og vegens sideområder.* 2014

Statens vegvesen. *Håndbok N200 Vegbygging.* 2018

Statens vegvesen. *Håndbok V120 Premisser for geometrisk utforming av veger.* 2014

Statens vegvesen. *Håndbok V121 Geometrisk utforming av veg- og gatekryss.* 2014

Statens vegvesen. *Håndbok V124 Teknisk planlegging av veg- og tunnelbelysning.* 2014

Statens vegvesen. *Håndbok V160 Vegrekkverk og andre trafikksikkerhetstiltak.* 2016

Statens vegvesen. *Håndbok N500 Vegtunneler.* 2016

Statens vegvesen. *Håndbok V520 Tunnelveiledning.* 2016

Statens vegvesen. *Håndbok V713 Trafikkberegninger.* 2014

Statens vegvesen. *Håndbok V174 Veileder i trafikkdata.* 2014

Statens vegvesen. *Håndbok V723 Analyse av ulykkessteder.* 2014

Statens vegvesen. *Håndbok V770 Modellgrunnlag.* 2015

[1] **Statens vegvesen Vegkart.** Trafikkmengde [internett]. Statens vegvesen; 2019 [hentet 04.03.2019]. Tilgjengelig fra:

[https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart/#kartlag:geodata/hva:\(~\(farge:'0_0,id:241\),\(farge:'1_1,id:540\)\)/hvor:\(kommune:\(~5021\)\)/@222090,6944336,12](https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart/#kartlag:geodata/hva:(~(farge:'0_0,id:241),(farge:'1_1,id:540))/hvor:(kommune:(~5021))/@222090,6944336,12)

[2] **Statens vegvesen Vegkart.** Vegdekke [internett]. Statens vegvesen; 2019 [hentet 10.04.2019]. Tilgjengelig fra:

[https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart/#kartlag:geodata/hva:\(~\(farge:'0_0,id:241\)\)/hvor:\(kommune:\(~5021\)\)/@218173,6945885,8](https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart/#kartlag:geodata/hva:(~(farge:'0_0,id:241))/hvor:(kommune:(~5021))/@218173,6945885,8)

[3] **ATB.** Skolebussrute. [Internett] ATB; 2018 [hentet 03.04.2019]. Tilgjengelig fra:

https://www.atb.no/getfile.php/1317931-1531312027/Rutetabeller/Skoleruter_18-19/AtB_rute_5805.pdf

[4] **Lovdata.** Vernebestemmelser [Internett]. Lovdata; 1974 [hentet 22.02.2019].

Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/1974-06-21-6?q=vernebestemmelser%20hjerkin>

[5] **Dovrefjell nasjonalparkstyre.** Drivdalen/Kongsvoll/Hjerkin

landskapsvernområde. [Internett]. Dovrefjell nasjonalparkstyre; 12.01.2015 [oppdatert 25.10.2016, hentet 20.02.2019]. Tilgjengelig fra:

<http://nasjonalparkstyre.no/Dovrefjell/Verneomrade/DrivdalenKongsvollHjerkin-landskapsvernomrade/>

- [6] **Dovrefjell nasjonalparkstyre.** Dovrefjell-Sunndalsfjella nasjonalpark. [Internett]. Dovrefjell nasjonalparkstyre; 12.01.2015 [oppdatert 01.02.2019, hentet 20.02.2019]. Tilgjengelig fra: <http://www.nasjonalparkstyre.no/Dovrefjell/Verneomrade/Dovrefjell-Sunndalsfjella-nasjonalpark/>
- [7] **Dovrefjell nasjonalparkstyre.** Knutshø landskapsvernområde. [Internett]. Dovrefjell nasjonalparkstyre; 12.01.2015 [oppdatert 03.11.2015, hentet 20.02.2019]. Tilgjengelig fra: <http://nasjonalparkstyre.no/Dovrefjell/Verneomrade/Knutsho-landskapsvernomrade/>
- [8] **Miljødirektoratet.** Knutshø landskapsvernområde. [Internett]. Miljødirektoratet; 2002 [hentet 20.02.2019]. Tilgjengelig fra: <https://faktaark.naturbase.no/?id=VV00001890>
- [9] **Enodd S.** Kommuneplanens arealdel 2014-2025 [Internett]. Oppdal kommune: Plankontoret; 05.03.2015 [hentet 25.02.2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.oppdal.kommune.no/globalassets/pdfdokumenter/kommuneplan/bestemmelser-og-retningslinjer-kommuneplanens-arealdel.pdf>
- [10] **Norgeskart.** Skredmateriale [Internett]. Norgeskart; 2019 [hentet 21.02.2019]. Tilgjengelig fra: https://www.norgeskart.no/geoportal/#!?zoom=11&lon=221116.66&lat=6941355.81&wms=http:%2F%2Fgeo.ngu.no%2Fmapserver%2FLosmasserWMS&_ga=2.60649581.1132006775.1550133960-949717436.1550133960&project=geonorge&layers=1002&addLayers=Skredmateriale
- [11] **Statens vegvesen Vegkart.** Trafikkulykker [internett]. Statens vegvesen; 2019 [hentet 25.02.2019]. Tilgjengelig fra: [https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart/#kartlag:geodata/hva:\(~\(farge:'0_0,id:241\),\(farge:'1_1,id:540\),\(farge:'2_0,id:570\)\)/hvor:\(kommune:\(~5021\)\)/@222090,6944336,12](https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart/#kartlag:geodata/hva:(~(farge:'0_0,id:241),(farge:'1_1,id:540),(farge:'2_0,id:570))/hvor:(kommune:(~5021))/@222090,6944336,12)
- [12] **Trafikksikkerhetsboken.** Motorveger. [Internett]. Trafikksikkerhetsboken; 2017 [hentet 24.02.2019]. Tilgjengelig fra: <https://tsh.toi.no/index.html?21686>
- [13] **Statistisk sentralbyrå.** Konsumprisindeks. [Internett] Statistisk sentralbyrå; 10.04.2019 [hentet 24.02.2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/kpi>
- [14] **NVE.** Vernegrnlag Driva. [Internett] NVE; 2009 [hentet 22.02.2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/vann-vassdrag-og-miljo/verneplan-for-vassdrag/sor-trondelag/109-2-driva-ovre-deler/>
- [15] **Norgeskart.** Flomaktsomhetsområder. [Internett]. Norgeskart; 2019 [hentet 21.02.2019]. Tilgjengelig fra: https://www.norgeskart.no/geoportal/#!?zoom=13&lon=227596.25&lat=6951604.56&wms=https:%2F%2Fgis3.nve.no%2Fmap%2Fservices%2FFlomAktR%2FMapServer%2FWMSServer&_ga=2.220618584.1594519997.1556887656-438174966.1553596152&project=geonorge&layers=1002&addLayers=Flom_aktsomhets

[omrade&markerLat=6951604.5648078285&markerLon=227596.25339176494&panel=searchOptionsPanel&sok=Oppdal](https://www.dahl.no/globalassets/hovedside/produkter-og-tjenester/samferdsel/kataloger/pdf/sf-konsept_rekkverk-og-endeavslutninger_utgv1_web.pdf)

[16] Brødrene Dahl. Rekkverk og endeslutninger. [internett]. Brødrene Dahl; 2017 [hentet 11.04.2019]. Tilgjengelig fra:

https://www.dahl.no/globalassets/hovedside/produkter-og-tjenester/samferdsel/kataloger/pdf/sf-konsept_rekkverk-og-endeavslutninger_utgv1_web.pdf

[17] Lovdata. Minimum sikkerhetskrav. [Internett]. Lovdata; 2017. [hentet 12.04.2019]. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2007-05-15-517>

[18] Statens vegvesen. Rv 7. Veme – Skotland. [internett]. Statens vegvesen; 2012. [hentet 9.04.2019]. Tilgjengelig fra:

https://www.vegvesen.no/attachment/597806/binary/949539?fast_title=Vedlegg+2+til+H%C3%A5ndbok+R764%3A+Eksempel+p%C3%A5+et+lite+Anslag.pdf

[19] The Verge. Here are Elon Musk's wildest predictions about Tesla's self-driving cars. [internett]. The Verge; 22.04.2019. [hentet 05.05.2019]. Tilgjengelig fra:

<https://www.theverge.com/2019/4/22/18510828/tesla-elon-musk-autonomy-day-investor-comments-self-driving-cars-predictions>

[20] Driverlessguru. Selv-driving cars – facts and figures. [Internett]. Driverlessguro; 2019. [hentet 05.05.2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.driverlessguru.com/self-driving-cars-facts-and-figures>

[21] Techopedia. Driverless cars: Levels of Autonomy. [Internett]. Techopedia; 12.10.2018. [hentet 05.05.2019]. Tilgjengelig fra:

<https://www.techopedia.com/driverless-cars-levels-of-autonomy/2/33449>

14.2 Figurliste

Figur 1: Strekningen Engan – Granmo	2
Figur 2: Bru over jernbanen	2
Figur 3: Krysset mellom E6 og fylkesveg 520	3
Figur 4: Vegdekke	3
Figur 5: Trafikkgruppe	4
Figur 6: Fartsgrense	5
Figur 7: Trafikkmengde	5
Figur 8: Eksisterende veg er store deler av året dekket av snø/is.	5
Figur 9: Oversikt og jernbanetrasé	6
Figur 10: Bussholdeplasser	6
Figur 11: Drivdalen barneskole	7
Figur 12: Kart over vernede områder Engan - Granmo	8
Figur 13: Knutshø landskapsvernområde	8
Figur 14: Snøhetta i Dovrefjell-Sunndalsfjella nasjonalpark	8
Figur 15: Truede arter	9
Figur 16: Oversikt over kulturminner	10
Figur 17: Dyrket mark i området	10
Figur 18: Boligområde uten reg. plan	11
Figur 19: Boligområde med reg. plan	11
Figur 20: boligområde uten reg. plan	12
Figur 21: boligområde uten reg. plan	12
Figur 22: Reg.plan ved Driva elv	12
Figur 23: Reg.plan ved Driva elv	12
Figur 25: Bergarter	13
Figur 24: Løsmasser	13
Figur 26: Ulykker	14
Figur 27: Ulykker i svingen	15
Figur 28: Flomsone	16
Figur 29: Skredmateriale	16
Figur 30: Alternativ 1	17
Figur 31: Alternativ 2	17
Figur 32: Alternativ 0	17
Figur 33: Viser nedre del av svingen ved Engan	18
Figur 34: Viser vegen på vei til krysset med fylkesveg 520	19
Figur 35: Viser vegen ved Driva sentrum.	19
Figur 36: Oversikt over g/s-veg	20
Figur 37: Gang- og sykkel veg i Novapoint og i virkeligheten	21
Figur 38: Busslomme-dimensjoner	21
Figur 39: Busslomme	22
Figur 40: Tunnel alt. 1	24
Figur 41: Tunnel alt. 2	27
Figur 42: Normalprofil	33
Figur 43: Trafikkgruppe	34

Figur 44: Kanalisert og ukanalisert T-kryss	38
Figur 45: Boligområde 1 Figur 46: Boligområdet 2	39
Figur 48: Behov for høyresvingefelt basert på trafikk i dimensjonerende time	40
Figur 47: Kriterier for vurdering av eget venstresvingefelt basert på trafikken i dimensjonerende time	40
Figur 49: Kryssplassering Figur 50: Avkjøring til Vikan, fylkesveg 520	41
Figur 51: Høydeforskjell	42
Figur 52: Bru over elva Driva	42
Figur 53: Bru tegnet i Autocad	43
Figur 54: Bru over elva Driva sett med Ortofoto	43
Figur 55: Sikkerhetssonen	44
Figur 56: Viser autovern (skinnerekkverk med trestolpe og sigmastolpe)	45
Figur 57: Rekkverk på bru (fra N101 figur 3.12)	46
Figur 58: Sigma stolpe bøyes	47
Figur 59: Rekkverksklasse og plassering ved tunnelportal	48
Figur 60: Rekkverk på bru	48
Figur 61: Påkjøringsvern	48
Figur 62: Eksempel på rekkverk, tegnet i Novapoint	49
Figur 63: Eksempel av tverrprofil	49
Figur 64: Skjematisk tunnelprofil, vist med eksempel på vegelement og føringskant av betong	52
Figur 65: Tunnelprofil T9,5 (mål i m)	52
Figur 66: Tunnelklasser	53
Figur 67: Tiltak i tunnelklasser	54
Figur 68: Vertikal avstand ved tunnelpåhugg	55
Figur 69: Eksempel på en havarinisje	56
Figur 70: Tunnelklasse C, havarinisjer og nødstasjoner	56
Figur 71: Autocad tegning av tunnel alternativ 1.	56
Figur 72: Brannvekst ved forskjellig ventilasjonshastighet	58
Figur 73: Standard tid-temperaturkurver som benyttes ved branndimensjonering	58
Figur 74: Overlapps skjøt av PE-skumplater	60
Figur 75: Teoretisk grøftetverrsnitt	61
Figur 76: Plassering av teknisk bygg	62
Figur 77: Dybde på grøft (N200 figur 406.1)	64
Figur 78: Terrenggrøft	64
Figur 79: Siktkrav i T-kryss	65
Figur 80: Viser skjæringen i tverrprofil med hellinger og lengder for beregning av B	67
Figur 81: Selvkjørende bil fra Waymo med Lidar	77

14.3 Tabelliste

Tabell 1: Vegdekke	3
Tabell 2: Kostnad på strekningen siste 8 år fra ulykker	14
Tabell 3: Dimensjoneringstabell for g/s-veg	20
Tabell 4: Avstand mellom veg og g/s-veg	20
Tabell 5: Busslommeutforming	21
Tabell 6: Dekke	22
Tabell 7: Forsterkningsbehov	23
Tabell 8: Fordeler og ulemper alt. 0	29
Tabell 9: Fordeler og ulemper alt. 1	30
Tabell 10: Fordeler og ulemper alt. 2	31
Tabell 11: Dekke	34
Tabell 12 Bærelag	35
Tabell 13: Øvre overbygning	35
Tabell 14: Aktuelle materialer til forsterkningslaget	35
Tabell 15: Forskjellig overbygning i parsellene	36
Tabell 16: Telefarlighet og tykkelse på frostsikring	37
Tabell 17: Krav til største skråningshelning	37
Tabell 18: Aktuelle krysstyper	38
Tabell 19: Variasjonsområdet for turproduksjon pr. bolig er 2,5-5,0	39
Tabell 20: Turproduksjon i største time	39
Tabell 21: Maksimal turproduksjon fra, (markert) boligområdet er 61 pr. time.	40
Tabell 22: Alternativ 2, bruker 18,6 videre	40
Tabell 23: Alternativ 1 = tabell 21 + tabell 22	40
Tabell 24: Maks fallhøyde ved gitte skråningshellinger uten rekkverk (N101 tabell 2.6. side 29)	45
Tabell 25: Skinnerekkverk [16]	46
Tabell 26: Rørrekkverk [16]	46
Tabell 27: Stolper til rekkverk [16]	47
Tabell 28: Parseller som krever rekkverk. Profilnumrene ekskluderer forankring av rekkverket til sideterreng	50
Tabell 29: Siktkrav i tunneler med lengde over 500 m	51
Tabell 30: Geometriske mål for tunnelprofilet (alle mål gitt i m)	52
Tabell 31: Profil dimensjoner	52
Tabell 32: Maksimal avstand mellom havarinisjer og snunisjer	55
Tabell 33: Sikkerhetselementer [N500]	57
Tabell 34: Dimensjonerende brann. Krav i henhold til standard tid- temperaturkurver	58
Tabell 35: Frostmengde i Oppdal	60
Tabell 36: Drenssystem, åpent eller lukket	63

<i>Tabell 37: Krav til L_2 i forkjørsregulerte T-kryss</i>	65
<i>Tabell 38: Fartstillegg og sikkerhetsfaktor</i>	66
<i>Tabell 39: Bremsfriksjon</i>	66
<i>Tabell 40: Håndbok N500 (3.2.4) gir stoppsiktkrav på 129m i tunnel med maks fall på 5%</i>	68
<i>Tabell 41: Kompleksitetsvurdering [18]</i>	73

15 Vedlegg

15.1 Vedlegg i selve rapporten

Vedlegg 1: Artikkel

Vedlegg 2: Plakat

Vedlegg 3: Geometri

- Alternativ 0 – Horisontal -og vertikalgeometri (f_veg-15000-m)
- Alternativ 1 – Horisontal -og vertikalgeometri (f_veg-12000-m)
- Alternativ 2 – Horisontal -og vertikalgeometri (f_veg-14000-m)

Vedlegg 4: Mengdeberegning

- Alternativ 0 (f_veg-15000-m)
- Alternativ 1 (f_veg-12000-m)
- Alternativ 2 (f_veg-14000-m)

Vedlegg 5: Masseprofil og massdiagram

- Alternativ 0
- Alternativ 1
- Alternativ 2

Vedlegg 6: Kostnadsestimat – Erfaringspriser

15.2 Vedlegg i eget tegningshefte

Alternativ 0

Vedlegg 1: C101 – Plan og profil 0-1500

Vedlegg 2: C102 – Plan og profil 1500-3000

Vedlegg 3: C103 – Plan og profil 3000-4500

Vedlegg 4: C104 – Plan og Profil 4500 – 6400

Alternativ 2

Vedlegg 5: C105 – Plan og profil 0-1500

Vedlegg 6: C106 – Plan og profil 1500-3000

Vedlegg 7: C107 – Plan og profil 3000-4000

Alternativ 1

Vedlegg 8: B101

Vedlegg 9: C108 – Plan og profil 0-1500

Vedlegg 10: C109 – Plan og profil 1500-3000

Vedlegg 11: C110 – Plan og profil 3000-4500

Vedlegg 12: C111 – Plan og profil 4500-6100

Vedlegg 13: F101 – Overbygning

Vedlegg 14: F102 – Normalprofil

Vedlegg 15: F103 – Tverrsnitt tunnel

Vedlegg 16: L101 – Skiltoversikt

Vedlegg 17: L102 – Skiltliste



Institutt for bygg- og miljøteknikk

Ny avkjørselsfri E6 mellom Engan og Granmo i Oppdal kommune

New limited-access road on E6 in Oppdal municipality between Engan and Granmo

Vegstrekningen Engan – Granmo består i dag av krevende kurvatur, mye randbebyggelse, varierende fartsgrense nærhet til elv, og store høydeforskjeller i terrenget. Dette er utfordringer vi ønsker å ta hånd av med vårt forslag til ny vei. Vi ønsker å skape en avkjørselsfri veg med jevnere kurvatur, høyere fartsgrense og bedre framkommelighet.

Bakgrunn

Eksisterende veg har 7,5 meter vegbredde og varierende fartsgrense fra 60 til 80 km/t. Vegen går gjennom ett tettsted med skole og har mange avkjørsler til boligfelt og gårder. Vegen strekker seg gjennom et dalføre og består av krevende kurvatur i sør, side om side med jernbanen.

Problemstilling

Oppgaven går ut på å utarbeide tre vegalternativer for utvalgt delstrekning som skal rangeres etter flere kriterier for å gå videre med et av forslagene for ytterligere arbeid. Disse kriteriene omhandler fart, kurvatur, avkjørsler, økonomi, skred- og flomfare med mer.

Nytt forslag til veg

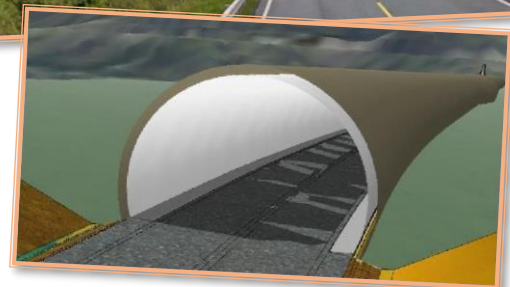
Vårt forslag til ny vei innebærer en helt ny linjeføring. Vegen skal bestå av tunnel som erstatning for krevende kultur i sør og en broundergang for å unngå møte med fylkesveg 520. Ny plassering av vegen blir på utsiden av tettstedet langs elv for å unngå randbebyggelse og for kunne opprettholde høy fartsgrense. Vegen vil være helt avkjørselsfri med jevn kurvatur og 80 km/t som fartsgrense.

Utfordringer

Det er alltid utfordringer knyttet til prosjektering av ny veg. I vårt tilfelle er det

behov for ekspropriasjon, tunnelen bærer med seg både kostnader og masseoverskudd og elven Driva er et viktig faremoment. Men løsningene som er gitt anses som nødvendige for å innfri kravene til ny og bedre veg.

Ny avkjørselsfri E6 er noe som trengs på strekningen for å skape en tryggere ferdsel for både lokale og tilreisende. Med vårt forslag til ny veg skapes en bredere veg med tryggere kjøreforhold for alle trafikanter.



Informasjon

Dimensjoneringsnotat

- Dimensjoneringsklasse H1
- Fartsgrense på 80 km/t
- Vegbredde 9,0 meter
- 2-feltsveg
- Dim. ÅDT på 4320
- T-kryss i møte med eksisterende veg i nord
- 780 meter lang tunnel

Samarbeid

Oppgaven er gitt av Statens Vegvesen i samarbeid med NTNU.



Statens vegvesen

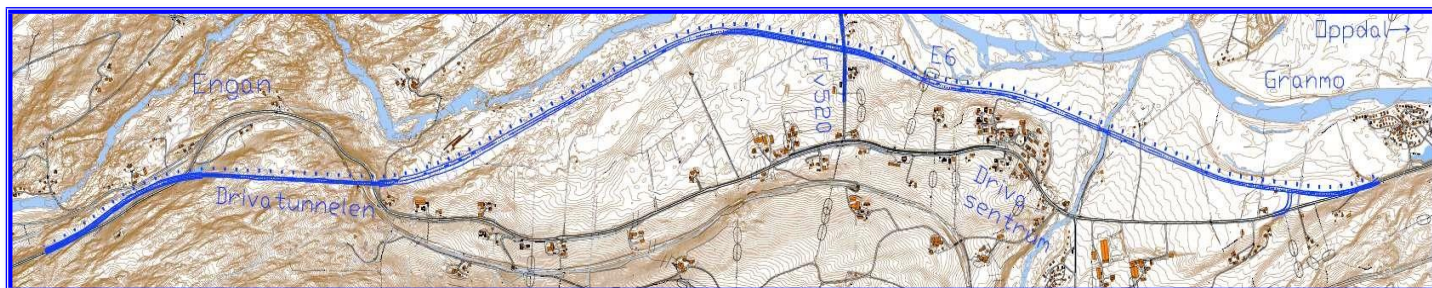
Institutt for bygg- og miljøteknikk

Ny avkjørselsfri E6 mellom Engan og Granmo i Oppdal kommune

New limited-access road on E6 in Oppdal municipality between Engan and Granmo

Prosjektnr 2019-30
Intern veileder: Nils Kobberstad

Vibeke Fardal, Haakon Andreassen og Pengkai Li
Ekstern kontakt: Statens Vegvesen



Dagens veg består av krevende kurvatur, store høydeforskjeller i dagen, mange avkjørsler og varierende fartsgrense. Vårt forslag til ny veg skal sørge for jevnere kurvatur, bedre framkommelighet og økt trafikksikkerhet. Ny avkjørselsfri E6 på strekningen Engan – Granmo er noe som trengs sterkt.

Mål

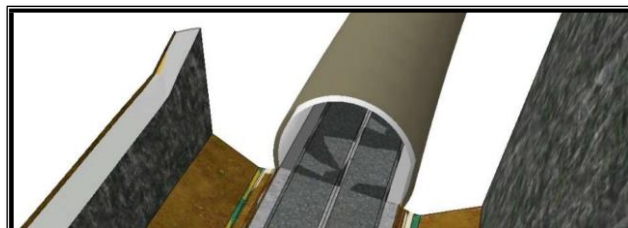
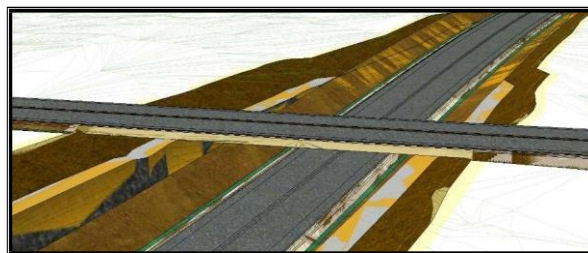
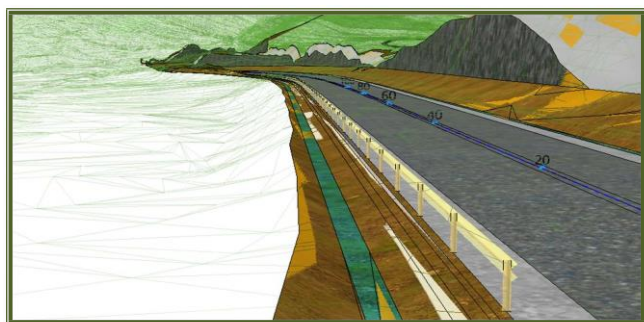
- Ny avkjørselsfri veg med H1-standard
- Foreslå tre alternativer til veger med forskjellige løsninger
- Sørge for økt trafikksikkerhet og bedre framkommelighet til Oppdal
- Gi vegen jevnere kurvatur enn dagens veg
- Høyere fartsgrense

Metode

- Novapoint 21.10
- Autodesk Civil 3D 2019
- Ny linjeføring
- Modellering av tunnel, bro og T-kryss
- Masseberegning
- Kostnadsberegning
- Siktkontroll

Konklusjon

- Bedre trafikksikkerhet og jevnere kurvatur
- Behov for ekspropriasjon
- Estetiske og gjennomførbare løsninger
- Store, men nødvendige kostnader
- Masseoverskudd





Geometri primærlinje

Horizontal, element

Modell: f_veg-15000-m

Start profil: 0.000
 Slutt profil: 6412.195
 Dato sist endret: 08.04.2019

Element nr.				Retnings vinkel (gon)		Start			
						Profil	Nord	Profil	
1	Linje	-	-	72.132	2.591	0.000	1501213.626	104655.442	72.132
2	Klotoide	-	256.000	93.623	-	72.132	1501285.698	104658.377	165.754
3	Sirkelbue	-700.000	-	40.755	-	165.754	1501379.286	104660.100	206.510
4	Klotoide	-	200.000	57.143	-	206.510	1501419.974	104657.848	263.652
5	Klotoide	-	120.150	20.623	-	263.652	1501476.757	104651.485	284.275
6	Sirkelbue	700.000	-	38.496	-	284.275	1501497.230	104649.010	322.772
7	Klotoide	-	256.000	93.623	-	322.772	1501535.590	104645.819	416.395
8	Klotoide	-	120.000	48.000	-	416.395	1501629.188	104644.799	464.395
9	Sirkelbue	-300.000	-	106.390	-	464.395	1501677.169	104644.066	570.784
10	Klotoide	-	151.000	76.003	-	570.784	1501779.818	104618.300	646.788
11	Klotoide	-	136.067	74.057	-	646.788	1501846.187	104581.376	720.845
12	Sirkelbue	250.000	-	128.670	-	720.845	1501911.095	104545.870	849.515
13	Klotoide	-	136.067	74.057	-	849.515	1502037.025	104527.550	923.572
14	Klotoide	-	170.000	82.571	-	923.572	1502109.359	104543.091	1006.144
15	Sirkelbue	350.000	-	188.449	-	1006.144	1502188.186	104567.502	1194.593
16	Klotoide	-	170.000	82.571	-	1194.593	1502336.608	104679.904	1277.164
17	Klotoide	-	189.619	89.888	-	1277.164	1502381.470	104749.165	1367.052
18	Sirkelbue	400.000	-	37.000	-	1367.052	1502424.383	104828.091	1404.053
19	Klotoide	-	189.619	89.888	-	1404.053	1502437.994	104862.482	1493.941
20	Klotoide	-	148.462	76.003	-	1493.941	1502460.715	104949.399	1569.944
21	Sirkelbue	-290.000	-	144.783	-	1569.944	1502480.379	105022.755	1714.727
22	Klotoide	-	152.003	54.000	-	1714.727	1502561.154	105141.101	1768.727
23	Sirkelbue	-900.000	-	127.069	-	1768.727	1502604.108	105173.768	1895.796
24	Klotoide	-	286.590	91.260	-	1895.796	1502713.745	105237.796	1987.056
25	Klotoide	-	151.000	76.003	-	1987.056	1502796.908	105275.351	2063.060
26	Sirkelbue	300.000	-	46.319	-	2063.060	1502865.313	105308.352	2109.378
27	Klotoide	-	151.000	76.003	-	2109.378	1502903.210	105334.903	2185.382
28	Klotoide	-	151.000	76.003	-	2185.382	1502957.587	105387.927	2261.385
29	Sirkelbue	-300.000	-	74.765	-	2261.385	1503011.963	105440.950	2336.150
30	Klotoide	-	151.000	76.003	-	2336.150	1503074.996	105480.797	2412.153
31	Linje	-	-	144.684	19.891	2412.153	1503146.218	105507.173	2556.837
32	Klotoide	-	212.000	89.888	-	2556.837	1503283.897	105551.648	2646.725
33	Sirkelbue	-500.000	-	44.842	-	2646.725	1503370.191	105576.695	2691.568
34	Klotoide	-	200.000	80.000	-	2691.568	1503414.312	105584.620	2771.568
35	Linje	-	-	250.913	3.367	2771.568	1503494.037	105590.976	3022.481
36	Klotoide	-	230.000	58.778	-	3022.481	1503744.599	105604.238	3081.259
37	Sirkelbue	900.000	-	43.984	-	3081.259	1503803.255	105607.983	3125.243

Geometri primærlinje

Vertikal, element

Modell: f_veg-15000-m

0.000
0.000
0.000

Start profil: 0.000
Slutt profil: 6412.195
Dato sist endret: 08.04.2019

Element nr.	Type	Radius (m)	Lengde (m)	Helling (%)	Start		Slutt	
					Profil	Høyde	Profil	Høyde
1	Linje	-	418.452	-3.900	0.000	637.500	418.452	621.179
2	Sirkelbue	-3000.000	161.307	-	418.452	621.179	579.760	619.228
3	Linje	-	1.643	1.480	579.760	619.228	581.402	619.253
4	Sirkelbue	3300.000	113.753	-	581.402	619.253	695.155	618.975
5	Linje	-	64.631	-1.968	695.155	618.975	759.787	617.703
6	Sirkelbue	3300.000	64.723	-	759.787	617.703	824.510	615.794
7	Linje	-	27.223	-3.932	824.510	615.794	851.733	614.724
8	Sirkelbue	3500.000	53.125	-	851.733	614.724	904.858	612.231
9	Linje	-	68.793	-5.455	904.858	612.231	973.652	608.478
10	Sirkelbue	-2800.000	60.897	-	973.652	608.478	1034.549	605.821
11	Linje	-	1.466	-3.273	1034.549	605.821	1036.014	605.773
12	Sirkelbue	3300.000	8.200	-	1036.014	605.773	1044.214	605.495
13	Linje	-	186.155	-3.522	1044.214	605.495	1230.369	598.937
14	Sirkelbue	-2800.000	6.606	-	1230.369	598.937	1236.975	598.712
15	Linje	-	218.772	-3.286	1236.975	598.712	1455.747	591.523
16	Sirkelbue	4500.000	30.166	-	1455.747	591.523	1485.913	590.431
17	Linje	-	156.109	-3.958	1485.913	590.431	1642.021	584.252
18	Sirkelbue	-2800.000	59.610	-	1642.021	584.252	1701.631	582.529
19	Linje	-	1538.523	-1.826	1701.631	582.529	3240.154	554.434
20	Sirkelbue	-2800.000	59.902	-	3240.154	554.434	3300.056	553.982
21	Linje	-	292.844	0.314	3300.056	553.982	3592.900	554.900
22	Sirkelbue	4000.000	94.897	-	3592.900	554.900	3687.798	554.072
23	Linje	-	1887.530	-2.059	3687.798	554.072	5575.328	515.203
24	Sirkelbue	-2800.000	57.641	-	5575.328	515.203	5632.969	514.609
25	Linje	-	115.726	0.000	5632.969	514.609	5748.695	514.609
26	Sirkelbue	4000.000	41.169	-	5748.695	514.609	5789.864	514.397
27	Linje	-	622.332	-1.030	5789.864	514.397	6412.195	507.990

Geometri primærlinje

Horizontal, element

Modell: f_veg-12000-m

Start profil: 0.000

Slutt profil: 6119.296

Dato sist endret: 03.05.2019

Element nr.	Retnings_ vinkel (gon)	Start		Profil
		Profil	Nord	
1	Linje	-	-	8.225
2	Klotoide	-	294.864	96.605
3	Sirkelbue	-900.000	-	91.205
4	Klotoide	-	294.864	96.605
5	Klotoide	-	271.244	95.550
6	Sirkelbue	770.000	-	383.307
7	Klotoide	-	271.000	95.378
8	Linje	-	-	557.956
9	Klotoide	-	271.000	95.378
10	Sirkelbue	-770.000	-	166.537
11	Klotoide	-	271.000	95.378
12	Klotoide	-	303.923	102.633
13	Sirkelbue	-900.000	-	23.972
14	Klotoide	-	303.923	102.633
15	Linje	-	-	818.467
16	Klotoide	-	264.985	93.623
17	Sirkelbue	750.000	-	353.489
18	Klotoide	-	264.985	93.623
19	Linje	-	-	307.580
20	Klotoide	-	268.701	90.250
21	Sirkelbue	800.000	-	105.400
22	Klotoide	-	268.701	90.250
23	Klotoide	-	241.717	89.888
24	Sirkelbue	-650.000	-	130.292
25	Klotoide	-	241.717	89.888
26	Klotoide	-	318.000	101.124
27	Sirkelbue	1000.000	-	169.524
28	Klotoide	-	318.000	101.124
29	Linje	-	-	650.564
30	Klotoide	-	300.000	100.000
31	Sirkelbue	-900.000	-	104.936
32	Klotoide	-	300.000	100.000
33	Linje	-	-	176.279
34	Klotoide	-	213.106	82.571
35	Sirkelbue	-550.000	-	154.169
36	Klotoide	-	200.000	72.727
37	Linje	-	-	32.166

Geometri primærlinje

Vertikal, element

Modell: f_veg-12000-m

0.000

0.000

0.000

Start profil:

0.000

Slutt profil:

6119.296

Dato sist endret:

03.05.2019

Element nr.	Type	Radius (m)	Lengde (m)	Helling (%)	Start		Slutt	
					Profil	Høyde	Profil	Høyde
1	Linje	-	261.366	-5.650	0.000	641.025	261.351	626.260
2	Sirkelbue	-8000.000	170.432	-	261.351	626.260	431.783	618.453
3	Linje	-	30.972	-3.512	431.783	618.453	462.755	617.365
4	Sirkelbue	8000.000	118.544	-	462.755	617.365	581.299	612.321
5	Linje	-	1018.458	-4.998	581.299	612.321	1599.757	561.417
6	Sirkelbue	-8000.000	184.179	-	1599.757	561.417	1783.936	554.337
7	Linje	-	177.665	-2.691	1783.936	554.337	1961.601	549.557
8	Sirkelbue	-10000.000	152.891	-	1961.601	549.557	2114.491	546.612
9	Linje	-	425.767	-1.161	2114.491	546.612	2540.258	541.670
10	Sirkelbue	8000.000	2.059	-	2540.258	541.670	2542.317	541.646
11	Linje	-	396.382	-1.187	2542.317	541.646	2938.700	536.942
12	Sirkelbue	-3000.000	104.750	-	2938.700	536.942	3043.450	537.528
13	Linje	-	81.373	2.306	3043.450	537.528	3124.823	539.404
14	Sirkelbue	4400.000	310.715	-	3124.823	539.404	3435.538	535.593
15	Linje	-	103.862	-4.762	3435.538	535.593	3539.399	530.647
16	Sirkelbue	-4000.000	230.025	-	3539.399	530.647	3769.425	526.317
17	Linje	-	40.278	0.994	3769.425	526.317	3809.703	526.718
18	Sirkelbue	3000.000	103.237	-	3809.703	526.718	3912.940	525.967
19	Linje	-	146.486	-2.448	3912.940	525.967	4059.426	522.381
20	Sirkelbue	-8000.000	63.850	-	4059.426	522.381	4123.277	521.073
21	Linje	-	183.045	-1.649	4123.277	521.073	4306.321	518.054
22	Sirkelbue	-4500.000	119.897	-	4306.321	518.054	4426.218	517.674
23	Linje	-	346.912	1.015	4426.218	517.674	4773.130	521.197
24	Sirkelbue	4700.000	82.615	-	4773.130	521.197	4855.745	521.310
25	Linje	-	187.080	-0.742	4855.745	521.310	5042.825	519.921
26	Sirkelbue	6000.000	50.685	-	5042.825	519.921	5093.510	519.330
27	Linje	-	357.533	-1.587	5093.510	519.330	5451.043	513.655
28	Sirkelbue	-5000.000	69.371	-	5451.043	513.655	5520.414	513.035
29	Linje	-	250.886	-0.200	5520.414	513.035	5771.300	512.534
30	Sirkelbue	6000.000	43.091	-	5771.300	512.534	5814.391	512.293
31	Linje	-	304.905	-0.918	5814.391	512.293	6119.296	509.494

Geometri primærlinje

Horisontal, element

Modell: f_veg-14000-m

Start profil: 0.000
 Slutt profil: 4017.184
 Dato sist endret: 12.04.2019

Element nr.			Retnings_ vinkel (gon)	Start			Profil		
				Profil	Nord	Profil			
1	Linje	-	-	12.062	0.359	0.000	1501540.800	104645.020	12.062
2	Klotoide	-	227.437	68.062	-	12.062	1501552.861	104645.088	80.124
3	Sirkelbue	760.000	-	314.646	-	80.124	1501620.903	104646.488	394.770
4	Klotoide	-	227.437	68.062	-	394.770	1501923.013	104726.022	462.833
5	Linje	-	-	161.868	32.417	462.833	1501982.924	104758.307	624.700
6	Klotoide	-	235.000	50.205	-	624.700	1502124.256	104837.215	674.905
7	Sirkelbue	-1100.000	-	220.833	-	674.905	1502168.275	104861.354	895.738
8	Klotoide	-	235.000	50.205	-	895.738	1502372.516	104944.356	945.943
9	Linje	-	-	263.617	16.731	945.943	1502420.895	104957.767	1209.560
10	Klotoide	-	235.000	61.361	-	1209.560	1502675.461	105026.252	1270.921
11	Sirkelbue	-900.000	-	146.717	-	1270.921	1502734.889	105041.518	1417.637
12	Klotoide	-	235.000	61.361	-	1417.637	1502879.859	105063.014	1478.999
13	Linje	-	-	1074.568	2.012	1478.999	1502941.160	105065.650	2553.567
14	Klotoide	-	202.657	68.450	-	2553.567	1504015.191	105099.609	2622.017
15	Sirkelbue	600.000	-	304.649	-	2622.017	1504083.544	105103.072	2926.666
16	Klotoide	-	202.657	68.450	-	2926.666	1504367.423	105204.297	2995.116
17	Linje	-	-	239.527	41.599	2995.116	1504422.546	105244.863	3234.643
18	Klotoide	-	200.000	66.667	-	3234.643	1504612.730	105390.476	3301.309
19	Sirkelbue	600.000	-	230.412	-	3301.309	1504664.896	105431.972	3531.721
20	Klotoide	-	200.000	66.667	-	3531.721	1504807.063	105611.496	3598.388
21	Linje	-	-	146.295	73.120	3598.388	1504835.500	105671.783	3744.682
22	Klotoide	-	140.000	65.333	-	3744.682	1504895.451	105805.230	3810.016
23	Sirkelbue	-300.000	-	126.439	-	3810.016	1504924.353	105863.784	3936.455
24	Klotoide	-	140.000	65.333	-	3936.455	1505009.151	105956.309	4001.788
25	Linje	-	-	15.396	32.425	4001.788	1505064.969	105990.196	4017.184

Geometri primærlinje

Vertikal, element

Modell: f_veg-14000-m

0.000
0.000
0.000

Start profil: 0.000
Slutt profil: 4017.184
Dato sist endret: 12.04.2019

Element nr.	Type	Radius (m)	Lengde (m)	Helling (%)	Start		Slutt	
					Profil	Høyde	Profil	Høyde
1	Linje	-	768.990	-4.801	0.000	622.201	768.990	585.283
2	Sirkelbue	9000.000	17.852	-	768.990	585.283	786.842	584.408
3	Linje	-	728.058	-5.000	786.842	584.408	1514.900	548.005
4	Sirkelbue	-3000.000	120.091	-	1514.900	548.005	1634.991	544.409
5	Linje	-	632.778	-0.991	1634.991	544.409	2267.769	538.140
6	Sirkelbue	-6800.000	129.153	-	2267.769	538.140	2396.922	538.087
7	Linje	-	355.046	0.909	2396.922	538.087	2751.968	541.313
8	Sirkelbue	4000.000	206.336	-	2751.968	541.313	2958.304	537.864
9	Linje	-	193.672	-4.254	2958.304	537.864	3151.976	529.626
10	Sirkelbue	-6000.000	506.581	-	3151.976	529.626	3658.557	529.482
11	Linje	-	183.016	4.197	3658.557	529.482	3841.573	537.163
12	Sirkelbue	2200.000	139.008	-	3841.573	537.163	3980.581	538.601
13	Linje	-	63.262	-2.126	3980.581	538.601	4017.184	537.823

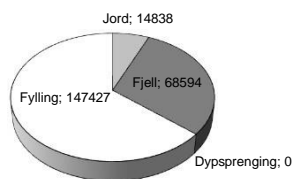

Mengder sammensatt
Sammendrag
Modell: f_veg-15000-m

Start profil: 0,00

Slutt profil: 6412,20

Dato sist endret: 08.04.2019 15:24

Mengde	Prosjekterte masser	Masseomregningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal og lengde
Planering	m3		m3	
Jord	14838	1,00	14838	
Fjell	48995	1,40	68594	
Dypsprengning	0	-	0	
Fylling	122856	1,20	147427	
Diverse mengder	m3			
Utskiftingsmasser	0			
Matjord	0			
Vegetasjon	0			
Utlagte masser	0			
Bakkeplanering, skjæring	0			
Bakkeplanering, fylling	0			
Justeringsmasser	0			
Avrunding, skjæring	34			
Avrunding, fylling	793			
Inngår i planering	m3			
Lukket grøft, jordskjæring	0			
Lukket grøft, fjellskjæring	0			
Lukket grøft, fylling	0			
Overbygning	m3			m2
Slitelag	2711			68879
Bindlag 1	2065			69754
Bindlag 2	0			0
Bærelag 1	4212			71647
Bærelag 2	4320			73453
Bærelag 3	0			0
Forsterkningslag 1	52460			88804
Forsterkningslag 2	0			0
Forsterkningslag 3	0			0
Filter- / Frostsikringslag	78			82644
Areal				m2
Kjørefelt				45843
Vegskulder				13306
Grøfteflate				14050
Fjellskjæring				5056
Jordskjæring				3670
Fyllingsflate				58114
Byggegropsideflate				0
Planum, jordskjæring				41105
Planum, fjellskjæring				21617
Planum, fylling				36218
Flåsprengning				9504
Lengde				m
Apen grøft, jord				0
Apen grøft, fjell				0
Flåsprengning				m2
Flå-sprengning				9504
Teoretisk Fjell				48995
Fjell inkl. flå-sprengning				45262

Utførte anbrakte masse (m3)


Mengder sammensatt

Sammendrag

Modell: f_veg-12000-m

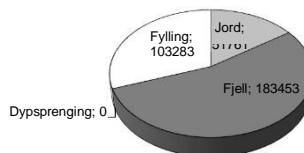
Start profil: 0,00

Slutt profil: 6119,30

Dato sist endret: 4/11/2019 3:37:41 PM

Mengde	Prosjekterte masser	Masseomregningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal og lengde
Planering	m3		m3	
Jord	51761	1,00	51761	
Fjell	131038	1,40	183453	
Dybsprengning	0	-	0	
Fylling	86069	1,20	103283	
Diverse mengder	m3			
Utskiftingsmasser	0			
Matjord	0			
Vegetasjon	0			
Utlagte masser	0			
Bakkeplanering, skjæring	0			
Bakkeplanering, fylling	0			
Justeringsmasser	0			
Avrunding, skjæring	213			
Avrunding, fylling	843			
Inngår i planering	m3			
Lukket grøft, jordskjæring	0			
Lukket grøft, fjellskjæring	0			
Lukket grøft, fylling	0			
Overbygning	m3			m2
Slitelag	2545			57348
Bindlag 1	2016			58239
Bindlag 2	0			0
Bærelag 1	3531			59865
Bærelag 2	3625			61433
Bærelag 3	0			0
Forsterkningslag 1	40354			147841
Forsterkningslag 2	0			0
Forsterkningslag 3	0			0
Filter- / Frostsikringslag	66			70017
Areal				m2
Kjørefelt				40878
Vegskulder				15329
Grøtteflate				16472
Fjellskjæring				4923
Jordskjæring				6960
Fyllingsflate				35593
Byggegropsideflate				0
Planum, jordskjæring				25547
Planum, fjellskjæring				38448
Planum, fylling				33732
Flåsprengning				4473
Lengde				m
Åpen grøft, jord				0
Åpen grøft, fjell				0
Flåsprengning				m2
Flå-sprengning				4473
Teoretisk Fjell				436928
Fjell inkl. flå-sprengning				434917

Utførte anbrakte masse (m3)



Mengder sammensatt

Sammendrag

Modell: f_veg-14000-m

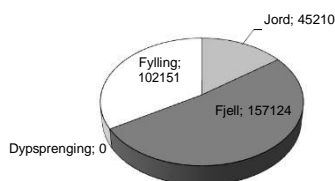
Start profil: 0,00

Slutt profil: 4017,18

Dato sist endret: 4/11/2019 11:00:34 AM

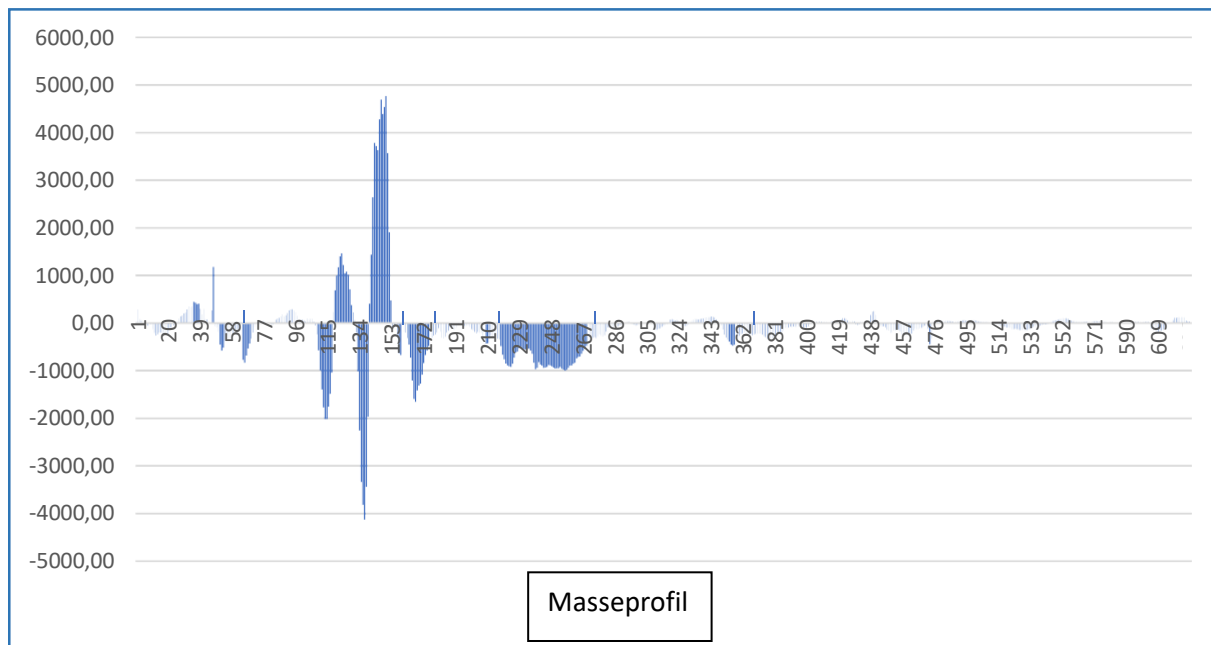
Mengde	Prosjekterte masser	Masseomregningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal og lengde
Planering	m3		m3	
Jord	45210	1,00	45210	
Fjell	112231	1,40	157124	
Dypsprenging	0	-	0	
Fylling	85126	1,20	102151	
Diverse mengder	m3			
Utskiftingsmasser	0			
Matjord	0			
Vegetasjon	0			
Utlagte masser	0			
Bakkeplanering, skjæring	0			
Bakkeplanering, fylling	0			
Justeringsmasser	0			
Avrunding, skjæring	359			
Avrunding, fylling	317			
Inngår i planering	m3			
Lukket grøft, jordskjæring	0			
Lukket grøft, fjellskjæring	0			
Lukket grøft, fylling	0			
Overbygning	m3			m2
Slitelag	1692			38130
Bindlag 1	1341			38737
Bindlag 2	0			0
Bærelag 1	2349			39835
Bærelag 2	2413			40899
Bærelag 3	0			0
Forsterkningslag 1	22281			47088
Forsterkningslag 2	0			0
Forsterkningslag 3	0			0
Filter- / Frostsikringslag	42			43930
Areal				m2
Kjørefelt				27225
Vegskulder				10047
Grøtteflate				16471
Fjellskjæring				4664
Jordskjæring				4374
Fyllingsflate				21407
Byggegropsideflate				0
Planum, jordskjæring				27986
Planum, fjellskjæring				29353
Planum, fylling				17470
Flåsprengning				5259
Lengde				m
Åpen grøft, jord				0
Åpen grøft, fjell				0
Flåsprengning				m2
Flå-sprengning				5259
Teoretisk Fjell				389606
Fjell inkl. flå-sprengning				387252

Utførte anbrakte masse (m3)

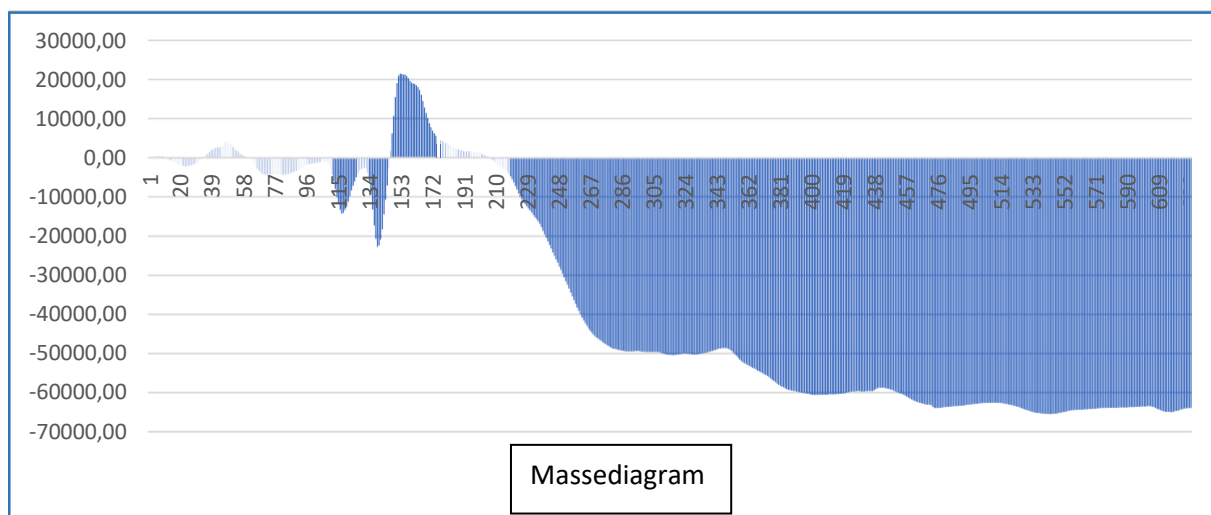


Masseprofil og massediagram

Alternativ 0



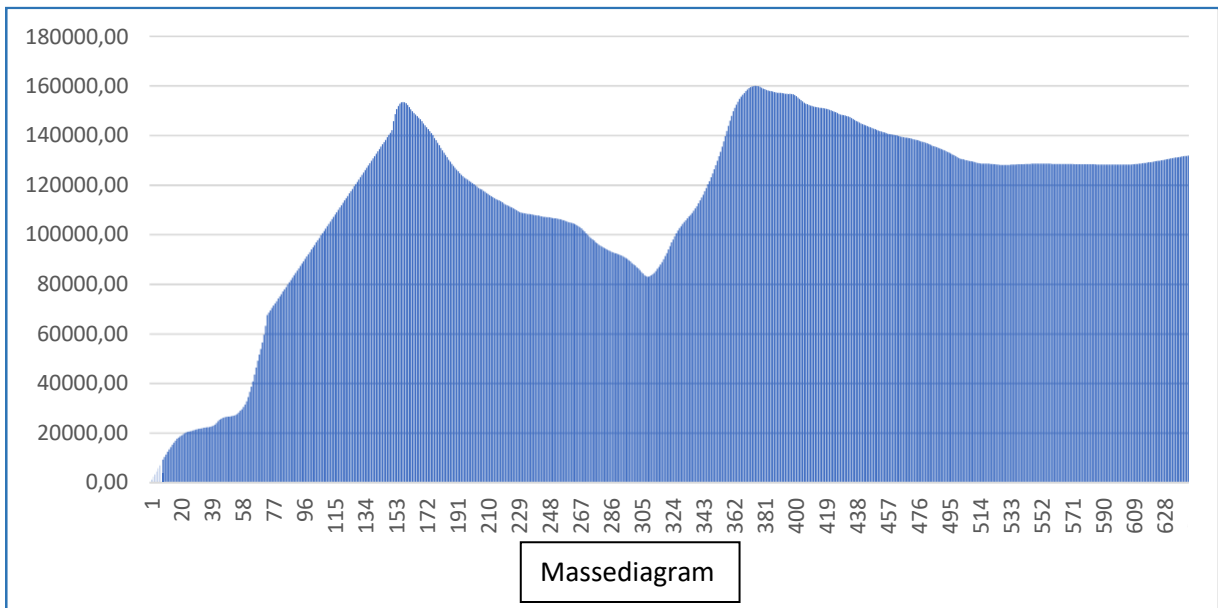
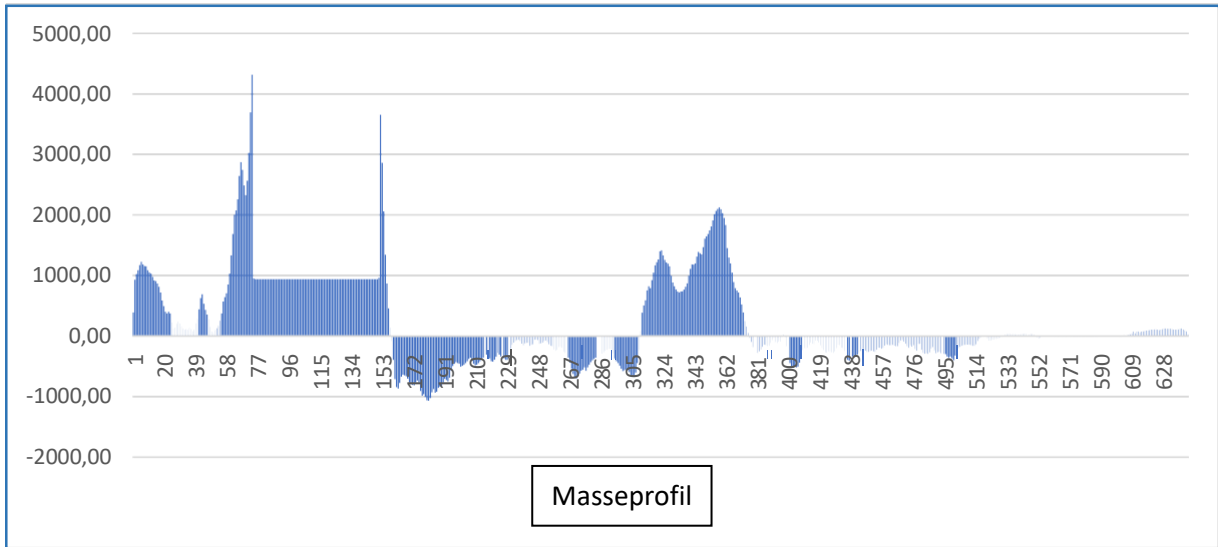
Masseprofil



Massediagram

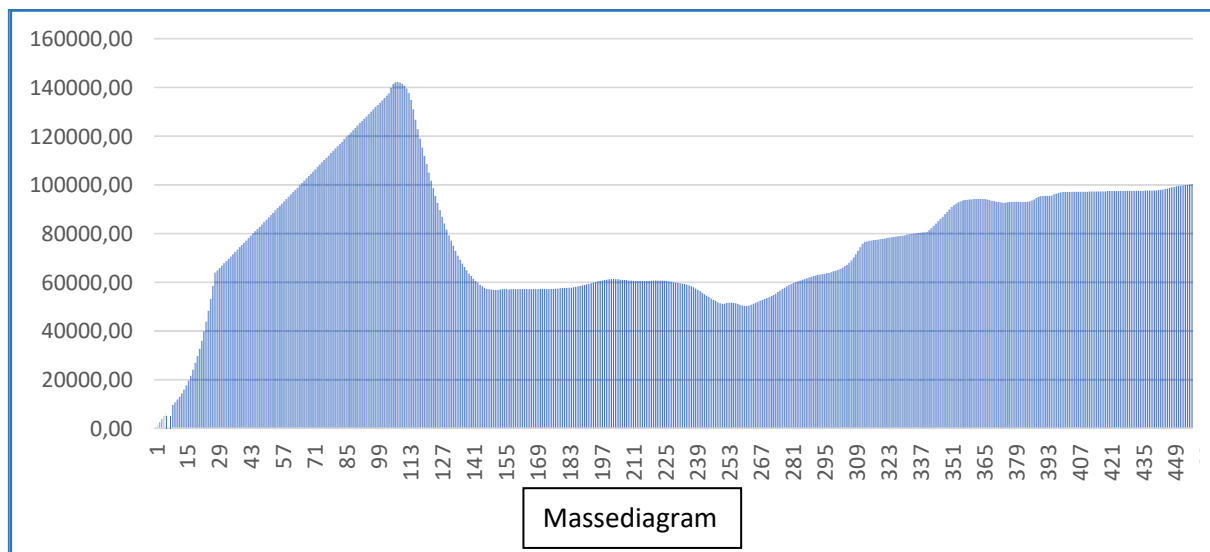
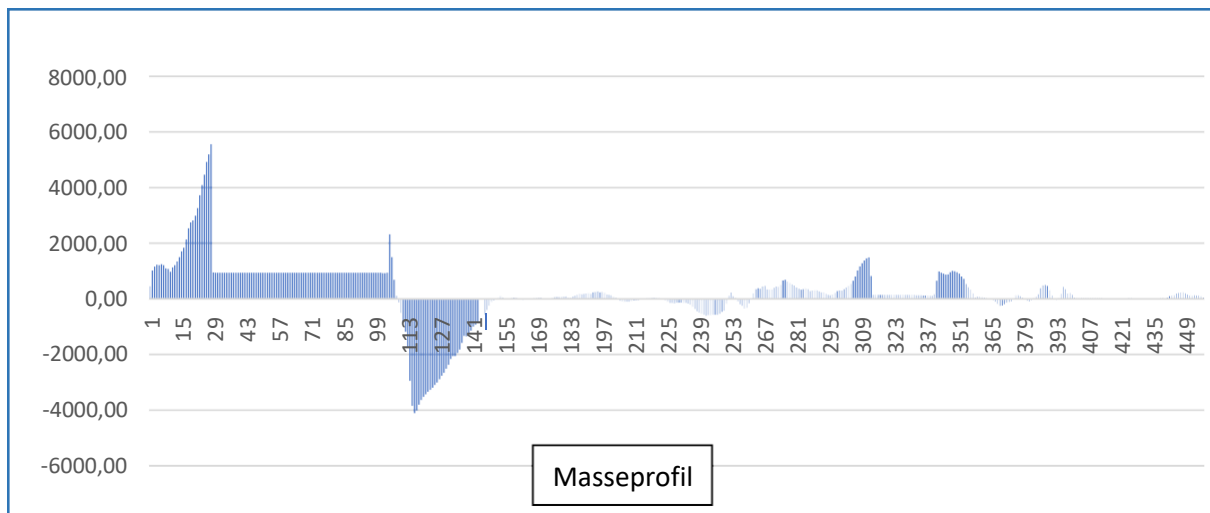
Masseprofil og massediagram

Alternativ 1



Masseprofil og massediagram

Alternativ 2



Erfaringspriser for Riksvegutredninga 2019

Dette er erfaringspriser for totale sluttkostnader inklusiv mva. og justert til 2019-nivå

<i>Tiltak</i>	<i>Kostnadsspenn [1 000 kr/m, stk]</i>		
	Låg	Normal	Høg
H1-veg (9,0 m)	50	70	150
H2-veg (12,5m)	80	110	150
H3-veg (23,0m)	130	160	400
T9,5-tunnel	180	210	400
T10,5-tunnel	190	230	600
2xT9,5-tunnel	330	410	700
H1-bru (9,5) m	400	490	800
H5-bru/to felt (14,5 m)	540	680	1 100
H9-bru (2x15 m)	1 100	1 400	2 000
Planskilt kryss	75 000	185 000	450 000
Gang- og sykkelveg	20	50	150
Sykkelfelt (som del av vegen)	5	50	100
Utvidelse av veg med 2 meter	35	55	80
Utvidelse av veg med 4 meter	45	70	125