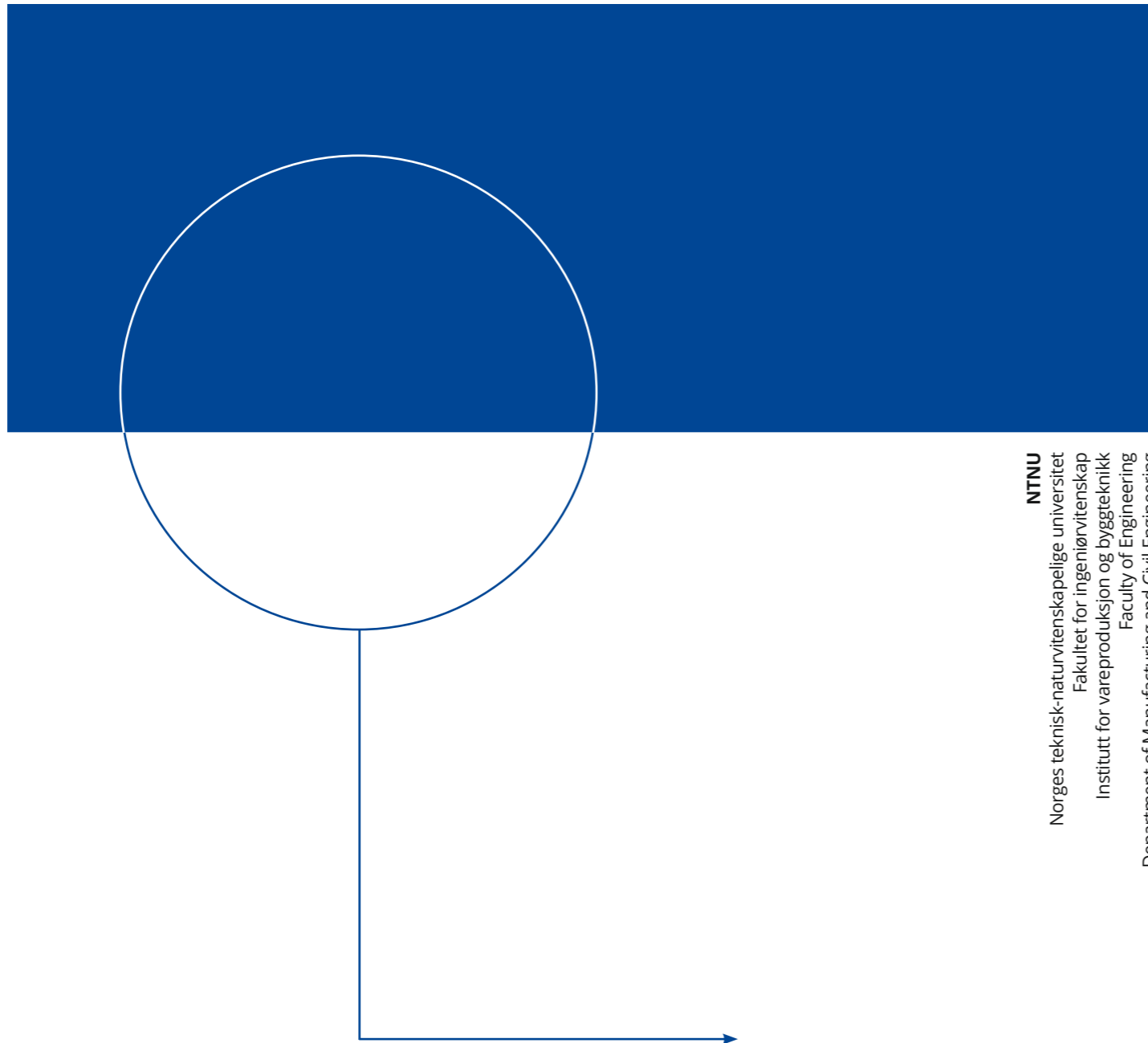


ISBN-10: 82-345-1234-7  
ISBN-13: 0-1245-7835-3469



**NTNU**  
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for vareproduksjon og byggeteknikk  
Faculty of Engineering  
Department of Manufacturing and Civil Engineering

Rune S. Danielsen & Christian Hannestad

## Vegbygging over myr

Hvilken vegbygningsmetode bør benyttes over våtmarker med tanke på klima, miljø, infrastruktur og samfunnsøkonomi.

Gjøvik, 22 mai 2023



Rune S. Danielsen & Christian  
Hannestad

## Vegbygging over myr

Hvilken vegbygningsmetode bør benyttes over våtmarker med tanke på klima, miljø, infrastruktur og samfunnsøkonomi.

Gjøvik, 22 mai 2023

NTNU Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for vareproduksjon og byggingsteknikk  
Faculty of Engineering  
Department of Manufacturing and Civil Engineering

## Vegbygging over myr

*Hvilken vegbygningsmetode bør benyttes over våtmarker med tanke på klima, miljø, infrastruktur og samfunnsøkonomi.*

Rune Danielsen & Christian Hannestad

Gradering: Åpen

Bachelor i ingeniørfag - bygg

Innlevert: Mai 2023

NTNU Veileder: Ole Kristian Haug

Statens Veivesen Vegleder: Even Stensrud

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Institutt for vareproduksjon og byggingteknikk

Oppgavens tittel:	Dato: 22.05.2023		
Vegbygging over myr	Antall sider: 116		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	x
Navn:			
Rune Stavran Danielsen & Christan Hannestad			
Veileder:			
Ole Kristian Haug			
Eventuelle eksterne faglige veiledere:			
Even Stensrud			

#### Sammendrag:

Det å skulle bygge ny veg over myr har blitt langt strengere etter vert som det er blitt økt kunnskap rundt miljø og klimakonsekvenser. En bør så langt det er mulig forsøke å unngå myr i vegprosjekter, men om det ikke lar seg gjøre er det viktig å ta gode vurderinger rundt hvilke metode ift.

Overbygningsmetode som er hensiktsmessig å bruke ut ifra et klima, miljø, trafiksikkerhet og samfunnsøkonomisk perspektiv. I denne oppgaven er det veiledning til hvilke metoder som finnes og i hvilke tilfeller de er egnet. Informasjon og erfaringsdata vi har funnet er sammenstilt i et excel program som kan brukes til å estimere CO<sub>2</sub> utslipp og kostnad samt egnethet for ulike metoder for vegstrekninger over myrterreng. Dette programmet sammen med erfaring fra befaring er brukt til å vurdere en konkret case, RV4 Lygnebakken – Almenningsdelet.

Metodene som blir sett på er masseutskiftning, massefortrengning, peling og forbelastning.

Masseutskiftning: All myr fjernes og dårlig grunn fjernes slik at en ikke risikerer setninger. Vegen blir av god kvalitet, men får et stort klimaavtrykk pga. myrens store eve til å lagre CO<sub>2</sub>.

Massefortrengning: Myren blir forskjøvet unna vegoverbyggingen ved ulike metoder. I utgangspunktet slipper myren fra seg lite CO<sub>2</sub> ved denne metoden, men det er større usikkerhet rundt fare for setninger på vegen i ettertid.

Peling: Det er en metode hvor en setter ned betong- eller stålkjernepeler til fast grunn eller som friksjonspeler. Denne metoden reduserer risikoen for setningsskader i vegen, men avgir ett høyt CO<sub>2</sub> – avtrykk ved produksjon. En annen metode er kalksementpeler som blir blandet på plassen med, og inneholder 75 til 100 prosent sement i våtmarks. Denne metoden kan det forekomme setninger, siden

det er en ny metode over myrer.

Forbelastning: Geoduk og geonett legges oppå myren før det legges på grus i flere omganger for å trykke myren sammen til den kan tåle vekten av en overbygning. Skånsom metode som ivaretar myren og fører til lite CO<sub>2</sub> utslipp. Krever mye tid, og det er fare for at ytterligere setninger kan oppstå i ettertid.

På Lygna skal RV4 utbedres med bredere veg og bedre ankomst til hotell og hytteområder. Det er laget forslag om legge ny veg på en ca 600m lang strekning forbi Lygnasæter hotell. Denne strekningen har vi vurdert siden den stekker seg over et område med mye myr. Etter å sett på flere alternativer har vi konkludert med at det mest hensiktsmessige er å foreta en masseutskiftning langs strekningen. Årsaken til dette er at grunnforholdene langs strekningen gjør at andre metoder er lite hensiktsmessige eller ikke lar seg gjennomføre. Når også mye av myrmassene kan brukes hensiktsmessig i nærområdet, er masseutskiftning i denne konkrete casen det mest hensiktsmessige å gjøre.

Stikkord:

Vegbyggingsmetoder over myr
CO <sub>2</sub> - utslipp ved inngrep i myr
Kostnader bygging over myr
Miljøinngrep ved bygging over myr

Christian Hannestad



Rune S. Danielsen



# Forord

Denne oppgaven er summen av tre svært lærerike år ved NTNU. Det har vært et krevende studie som har presset oss til å bli mer kunnskapsrike, reflekterte og mer opplyste mennesker på andre siden. Vi fikk mulighet til å velge oss en oppgave selv, som vi syntes var spennende og relevant for våre kommende jobber. Heldigvis syntes også Statens vegvesen at oppgaven var så interessant og relevant at vi fikk skive for de, og ikke minst få tilgang til en veileder fra deres side. Denne muligheten er vi meget takknemlige for og vil rette en stor takk til Ole Kristian Haug(NTNU) og Even Stensrud(Statens vegvesen) for god vegledning. Store deler av oppgaven hadde heller ikke er mulig uten hjelp fra Norconsult, spesielt ved Trond Holmestad.

Det er ikke uten vemod at denne oppgaven leveres, siden det betyr slutten på et over 3år langt samarbeid mellom oss som skriver denne oppgaven. Det har vært et godt samarbeid som også har utviklet seg til et godt vennskap. Denne oppgaven er resultatet og vi håper at jobben som er lagt ned blir satt pris på og kanskje videreført av kommende studenter. Vi håper oppgaven gir ny kunnskap og innsikt i det å skulle bygge veg over våtmarksområder. Omfanget ble stort, men forhåpentlig vis relevant, så finn den største kaffekoppen du har og les i veg.

# Abstract

Building new roads over marshland has become more challenging due to increased awareness of environmental and climate consequences. It is preferable to avoid marshlands in road projects whenever possible. However, if avoidance is not feasible, it is important to make informed decision regarding the appropriate method for the road construction based on climate, environmental, traffic safety and socio-economic perspectives. This task provides guidance on available methods and their suitability in different scenarios. Information and experiential data have been compiled into an excel document that can be used to estimate CO<sub>2</sub> emissions, costs and suitability for various building methods for roads over marshlands. This document, along with on-site inspection, has been used to assesses the project RV4 located between Lygnebakken – Almenningsdelet (Innlandet fylkeskommune).

The methods being considered are mass excavation, mass displacement, deep foundation called piling and preloading.

**Mass excavation** involves removing all marsh and poor soil and filled afterwards in order to make a solid and stable ground to prevent the settlement of this one. This method will provide a high quality road, but it leaves a significant carbon footprint since the marsh has the capacity to store a big amount of it.

**Mass displacement** consists in filling the marsh with rocks to make it as stable as to use it as foundation for the road. Initially, this method releases little CO<sub>2</sub>, but there is more uncertainty regarding the risk of settlements of the road afterwards.

**Piling** is a method where concrete or steel piles are either hammered or drilled into the marsh until reaching solid ground. In this method can also be used a different kind of concrete or steel piles which have a different shape in order to make them work as a friction anchor to the soil. This technique reduces the risk of settlement damage of the road but has high CO<sub>2</sub> emissions during its production. There is a last one kind of pile made of lime cement, which are mixed on-site and contain 75 to 100 percent cement. Using this material may lead to settlements as it is a new method for marshlands.

**Preloading** involves placing geotextile and geonet on top of the marsh and then layering gravel multiple times to compress the marsh until it can withstand the weight of the road



structure. It is a gentle method that preserves the marsh and results in minimal CO<sub>2</sub> emissions. However, it is time-consuming, and there is at risk of additional settlement occurring afterward.

The road RV4 is being improved with a wider road section which will provide a better access to hotels and cabins. There is a proposal to build this new 600 meters road along a section close to the Lyngasæter hotel. After considering several alternatives, we have concluded that mass excavation is the most appropriate method for this section due to the ground conditions along this area.

# Innhold

Forord .....	v
Abstract .....	vi
Tabelliste .....	xiii
Formelliste.....	xiv
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Forsknings spørsmål .....	2
1.3 Begrensinger og forutsetninger .....	2
1.4 Terminologi .....	3
1.4.1 Forkortelser .....	3
1.4.2 Definisjoner .....	3
1.5 Samfunnsperspektiv.....	5
1.5.1 FNs Bærekraftsmål .....	5
1.6 Oppbygning av teksten .....	6
2 Teori .....	7
2.1 Myr og geotekniske forhold .....	7
2.1.1 Myr i Norge .....	7
2.1.2 Geotekniske undersøkelser.....	8
2.1.3 Myr som CO2 lager.....	10
2.1 Veg overbygning og anleggsveger .....	12
2.1.1 Fiberduk og telesikringslag .....	12
2.1.2 Forsterkningslag .....	13
2.1.3 Asfaltering .....	13
2.1.4 Anleggsveger.....	15
2.2 Konvensjonell vegbygging over myr og våtmarksområder .....	17
2.2.1 Utfordringer med setninger over myr.....	17
2.2.2 Masseutskiftning av myr .....	18
2.2.3 Grøftesikring og HMS.....	19
2.3 Massefortrengning .....	20
2.4 Forbelastning med Geoduk/fiberduk .....	22

2.4.1	Prosjekt E6 Helgeland Sør .....	22
2.4.2	Vegoverbygning etter forbelastning .....	24
2.5	Peler .....	26
2.5.1	Peletyper .....	26
2.6	Kalksementpeler .....	28
2.6.1	Montering og anvendelse .....	28
2.6.2	Kontroll av kalksementpeler .....	29
2.6.3	Prosjektet Roa – Gran grense .....	30
2.7	Myrbro .....	31
2.8	Lover, håndbøker og forvaltning av prosjekter .....	32
2.8.1	Beslutningsprosesser av veg .....	32
2.8.2	Lover om nedbygging av myr .....	33
2.8.3	Vegnormaler, retningslinjer, vegledninger og rapporter .....	33
2.8.4	Vegklasser og Vegsystemer .....	35
2.8.5	Vegsystemet .....	38
2.8.6	Entreprenør .....	40
2.8.7	Ansvarsrett .....	41
2.9	Ikke prissatte konsekvenser .....	43
2.9.1	Økosystemers påvirkning .....	44
2.10	Trafikksikkerhet .....	46
2.11	Utslipp i forbindelse med masseuttak .....	47
2.12	CO2 Ekvivalenter .....	48
3	Prosjektet på Lygna .....	49
3.1	Omfang av prosjektet RV4 .....	49
3.2	Lygna .....	50
3.3	Anbudsgrunnlag .....	52
3.4	Spesifisering av valgt området .....	54
4	Metode .....	55
4.1	Valg av forskningsmetode .....	55
4.1.1	Kvantitativ metode .....	55
4.1.2	Kvalitativ metode .....	55
4.2	Organisering av informasjonsinnhenting .....	56
4.2.1	Innhenting av verdier .....	56

4.2.2	Kildekritikk .....	57
4.3	Excel .....	58
4.3.1	Hvorfor bruke Excel? .....	58
4.4	Oppbygning, utregning og antakelser av Excel .....	59
4.4.1	Innputt .....	59
4.4.2	Utregninger og antagelser .....	61
4.4.3	Masseutskifting .....	61
4.4.4	Fortrengning .....	67
4.4.5	Forbelastning .....	68
4.4.6	Peler .....	69
4.4.7	Myrbro .....	74
4.4.8	Gjennomføring, vegkvalitet og miljøpåvirkning .....	75
5	Resultater .....	78
5.1	Kostnader .....	79
5.2	CO <sub>2</sub> -Utslipp .....	80
5.3	Gjennomføring, miljøpåvirkning og vegkvalitet .....	80
6	Diskusjon og analyse .....	81
6.1	Vurdering av beregninger .....	81
6.1.1	Vurdering ihht. Kostnad .....	82
6.1.2	Vurdering ihht. CO <sub>2</sub> .....	84
6.1.3	Vurdering ift. Gjennomføring og kvalitet .....	86
6.1.4	Vurdering ift. Miljø .....	89
6.2	Differensiering av metode langs strekningen .....	92
7	Konklusjon .....	94
	Bibliografi .....	95
	Vedlegg .....	102

# Figurliste

Figur 1: Illustrasjon av artesisk overtrykk (Emdal, 2022) .....	3
Figur 2: Telefarlighet graf (Aurstad, 2016).....	12
Figur 3: Forskjellen med og uten Geoduk (Statens Vegvesen, 2018).....	12
Figur 4: Komprimerings prinsipp (NGU, 2018) .....	17
Figur 5: Masseutskifting av myr (roadex, 2020).....	18
Figur 6: Massefortrening (roadex, 2020) .....	20
Figur 7:Konsekvens av massefortrengning (roadex, 2020) .....	20
Figure 8: Skap av skjærbrudd ved sprenging (roadex, 2020) .....	21
Figur 9:Delvis utgravning (roadex, 2020).....	21
Figur 10: Veggoppbygning forbelastningsmetoden (Nygård, 2022) .....	22
Figur 11: Forbelastning illustrert (roadex, 2020).....	23
Figur 12: Geoduk med komprimeringsmasser (Skoglund, 2022).....	23
Figur 13: Forskjellen med og uten Geoduk (Statens Vegvesen, 2022).....	24
Figur 14: Slake vegfyllinger av myrmasser (Johansen, et al., 2015) .....	25
Figur 15: Membraner på tvers hindrer også vannet å renne ut langs vegkroppen (roadex, 2020)). .....	25
Figur 16: Graf telefarlighet (Austad, 2016) .....	25
Figur 17: illustrasjoner av friksjonspeler, spissbærendepeler med og uten konsolidert masse (Statens Vegvesen, 2022).....	26
Figure 18: Pelemønster kalksementpeler .....	28
Figur 19: Tiltakshierarkiet for myr (Statens vegvesen, u.d.) .....	34
Figur 20: SVVs trafikkgruppe inndeling ekvivalente 10 tonns aksler (Statens Vegvesen, 2018).....	35
Figur 21: Tverprofil for H1 (Statens vegvesen, 2021).....	39
Figur 22: Tverprofil H2 (Statens vegvesen, 2021) .....	39
Figur 23: Tverprofil H3 (Statens vegvesen, 2021) .....	39
Figur 24: Tverprofil Hø1, 2 -feltsveg og Hø2 (Statens vegvesen, 2021) .....	39
Figur 25:Tverprofil Hø1 1-feltsveg (Statens vegvesen, 2021) .....	40
Figur 26: Trase Amundsrudvegen – Lygnasæteren .....	50
Figur 27: Trase Lygnasæter - Lygnebakken .....	51
28: Tverprofil for vegklasse H1 (Statens Vegvesen, 2021).....	52
Figur 29: Prinsipp ved spleis (Statens Vegvesen, 2022).....	53
Figur 30: Gjennomsnittsdypde ved ny trase.....	53
Figur 31: Vegtype og vegklasse med rullegardin.....	59
Figur 32: Vegtype og Vegklasse .....	59
Figur 33: Myr og veg informasjon .....	60
Figur 34: Transport og fundamentering .....	61
Figur 35: Forsterkning-, bære- og dekkelag.....	61
Figur 36: Oppdeling av postene .....	61
Figur 37: Tverrsnitt Strondafjordbrua .....	74

Figur 38: Kakediagrammer for miljøpåvirkning.....	75
Figur 39: Illustrasjon av søylediagrammet for vegkvalitet .....	75
Figur 40: Fargekoder for gjennomføring .....	75
Figur 41; Vegkvalitet masseutskiftning .....	76
Figur 42: Gjennomføring masseutskiftning .....	76
Figur 43:Gjennomføring fortrenging .....	76
Figur 44: Vegkvalitet fortrenging .....	76
Figur 45: Vegkvalitet gjennomføring.....	76
Figur 46:Gjennomføring forbelastning .....	76
Figur 47: Vegkvalitet peler .....	77
Figur 48: Gjennomføring peler .....	77
Figur 49: Vegkvalitet myrbro.....	77
Figur 50: Gjennomføring myrbro.....	77
Figur 51: Innputt data.....	78
Figur 52: Anslag priser.....	79
Figure 53: Kostnad per meter.....	79
Figur 54: Totale CO2-utslippet for hver metode.....	80
Figur 55: Gjennomføring, miljøpåvirkning og vegkvalitet.....	80
Figur 56: Borepunkt for geotekniske undersøkelser .....	87
Figur 57: Sonderprøve.....	87
Figur 58: Området hvor den nye vegen vil gå over Lygna .....	88
Figur 59: Kvartærologisk kart over området rundt Lygna .....	90
Figur 60: Bilde av nåværende kulvert under vegen ved Lygna .....	92
Figure 61: Kartutsnitt over Lygnasæter .....	93

# Tabelliste

Tabell 1: Oversikt over ulike grunnundersøkelse metode for myr (Hagberg, et al., 2010) .....	9
Tabell 2: Sammenlikning mellom V712 og NIR 2022 (Statens vegvesen, et al., 2022) .....	11
Tabell 3: Anslag utslipp kg CO <sub>2</sub> /tonn asfalt (Bragstad, et al., 2014) .....	14
Tabell 4: Peletyper (Statens vegvesen, 2022) .....	27
Tabell 5: Anbefalt omfang av kontroll (Norsk Geoteknisk Forening , 2012).....	29
Tabell 6: Dimensjoneringsklasser for nasjonale veger (Statens vegvesen, 2021) .....	38
Tabell 7: Dimensjoneringsklasser øvrige hovedveger (Statens vegvesen, 2021) .....	38
Tabell 8: Kort oversikt over arbeidsoppgavene til ansvarsgruppene (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2023) .....	42
Tabell 9: Søkelise .....	56
Tabell 10: Priser vegdekke .....	65
Tabell 11: prisoversikt for spunt .....	66
Tabell 12: CO <sub>2</sub> - utslipp anleggsmaskiner.....	69
Tabell 13: Utslipp betong- og stålkjernepeler .....	71
Tabell 14: CO <sub>2</sub> -utslipp peling .....	72
Tabell 15: Priser pelearbeid.....	73
Tabell 16: Priser geotekniske undersøkelser .....	73
Tabell 17; Miljøpåvirkning verdiene.....	75

# Formelliste

Formel 1: utregning av kubikk myr berørt .....	60
Formel 2: Utregning av forsterkningslaget .....	62
Formel 3: Transport av masser .....	62
Formel 4: Transport av masser til deponi.....	62
Formel 5: Omregningsfaktor fra fast kubikk til løst kubikk .....	62
Formel 6: CO <sub>2</sub> utslipp ved produksjon av masser ved grustak.....	63
Formel 7: Fjerning av topplaget .....	63
Formel 8: CO <sub>2</sub> av Z-spunt .....	63
Formel 9: Co <sub>2</sub> utslipp for oppstilling av spuntrigg .....	63
Formel 10: Gravemaskin/hjullaster utregning.....	64
Formel 11: Utslipp med valsing av arealet.....	64
Formel 12: Utregning av pris for vegfylling .....	65
Formel 13: Transportkostnader .....	65
Formel 14: Pris masseutskifting .....	66
Formel 15: Utregning avgifter.....	66
Formel 16: Utregning antall kalksementpeler .....	70
Formel 17: Utregning CO <sub>2</sub> kalksement peler .....	70
Formel 18: Utregning antall betong- og stålkjernepeler .....	70
Formel 19: Utregning CO <sub>2</sub> -utslipp ved løfting og ramming av betongpeler .....	70
Formel 20: Utregning CO <sub>2</sub> -utslipp ved løfting og ramming av stålkjernepeler .....	70
Formel 21: Utregning for CO <sub>2</sub> utslipp kalksementpeler.....	71
Formel 22: CO <sub>2</sub> eq betongpeler.....	72
Formel 23: CO <sub>2</sub> eq stålkjernepeler .....	72
Formel 24: CO <sub>2</sub> utslipp betonghatter.....	72
Formel 25: Priser kalksementpeler.....	73



# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Verden i dag står ovenfor store klimautfordringer der risikoen ekstremvær, forstyrelse i økosystemer, havstigning og feilslåtte avlinger øker (FN, 2023). Dette skyldes klimaendringene som kommer av menneskeskapt utslipp av klimagasser som forsterker drivhuseffekten. Forsterkningen av drivhuseffekten gjør at middeltemperaturen på jorden øker, med de problemene det medfører. FNs klimapanel la fram en rapport i 2018 om global oppvarming, som handlet om hvilket konsekvenser 2° og 1,5° økning har på jorden. Den fremhever også hvilket tiltak en kan gjennomføre for å begrense oppvarmingen til 1,5 grader, hvor reduksjon av klimagass utslipp er det viktigste punkt. (FN-Sambandet , 2020)

Norge sitt klimamål er å redusere utslippene med minst 50 % innen 2030. Dette målet kommer etter Parisavtalen, der EU har forpliktet seg å redusere utslippet med minst 40% innen 2030. For at Norge skal kunne nå målet sitt har regjeringen utarbeidet seks miljømål, hvor en av dem er nevnt over. (FN-Sambandet , 2020)

Et tiltak Norge kan gjøre for å nå CO<sub>2</sub> målet på, er å beslaglegge mindre myr og våtmarksområder. Myrer viser seg å lagre svært store mengder CO<sub>2</sub> , og ikke minst fortsetter å lagre ny CO<sub>2</sub> . Men det handler ikke bare om klima, miljøet og økologien i myra er også viktig for svært mange økosystemer og hjem til flere truede arter (Steel, 2021). Samtidig skal Norge utvide trafikknettet, slik at kjøretid og utslipp fra kjøretøy går ned, samt bedrer trafikksikkerheten. Dilemmaet som en står overfor i fremtiden er hvordan en skal kunne gjennomføre dette uten at det beslaglegges områder som lagrer CO<sub>2</sub> , og ikke minst utbedre eksisterende områder som allerede har tatt skade (Regjeringen, 2021).

## 1.2 Forskningsspørsmål

Forskningsspørsmålet bygger på problemstillingen rundt nedbygging av myr, hvor vi ønsker å belyse hvilken utførelsesmetode som samlet sett er den beste. Da ser vi på økonomiske kostnader, CO<sub>2</sub>-utslipp, miljø hensyn, samt vegkvalitet og drift. Derfor har vi kommet fram til følgende problemstilling:

*Hvilken vegbygningsmetode bør benyttes over våtmarker med tanke på klima, miljø, infrastruktur og samfunnsøkonomi.*

## 1.3 Begrensinger og forutsetninger

Hovedfokuset i oppgaven er å vurdere hvilken vegbyggingsmetode som egner seg best over myr. Da skal vi se på de økonomiske, klimamessige og byggetekniske utfordringene rundt bygging av veg på myr.

Avgrensningen for oppgaven er vegoppbyggingen og grunnforsterkningene. Det vil si at vi neglisjerer overvann, skilting, vegmerking, trafikkavvikling eller andre tekniske tjenester. Vinklingen vi har på problemstillingen er fra Entreprenøren sitt utgangspunkt, spesielt med tanke på prissetting, CO<sub>2</sub>-utslipp og valg av konstruksjonsmetode.

For å kunne besvare problemstillingen skal vi vurdere et kommende vegprosjekt, utbedringen av RV 4 over Lygna. I denne oppgaven samarbeider vi med Statens Vegvesen region Innlandet, som har bistått med informasjon og veiledning. I oppgaven skal vi ta for oss priser og CO<sub>2</sub>-utslipp for utvalgte løsninger og sammenligne dem opp mot anbudsgrunnlaget vi har mottatt, samt befaring på området. Ved hjelp av denne informasjonen skal vi argumentere for den mest hensiktsmessige løsningen for den aktuelle traseen.

## 1.4 Terminologi

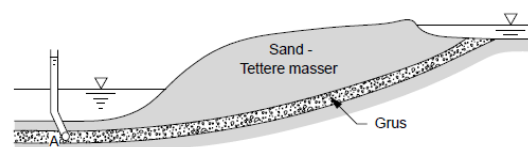
### 1.4.1 Forkortelser

<b>E.</b>	Europaveg
<b>Fv.</b>	Fylkesveg
<b>Kv.</b>	Kommunal veg
<b>ÅDT.</b>	Års døgntrafikk
<b>SVV.</b>	Statens vegvesen
<b>NBIO.</b>	Norsk institutt for bioøkonomi
<b>KVU.</b>	Konseptutvalgutredning

### 1.4.2 Definisjoner

#### Artesisk overtrykk

Artesisk overtrykk kan beskrives ved figur 1 til høyre. Grusen regnes som en trakt og er tilkoblet vannet i høyden, som ledes ned mot vannet lavest i terrenget. Ved å stikke ett rør ned i grussjakten ved laveste vannet, så vil vannet i røre stige til høyde med øverste vannet. (Emdal, 2022)



Figur 1: Illustrasjon av artesisk overtrykk (Emdal, 2022)

#### SHA-plan:

Begrepet SHA står for sikkerhet, helse og arbeidsmiljø, som er forankret i byggherreforskriften. Byggherreforskriften §7 sier at før oppstart av et bygge- og anleggsprosjekt skal SHA – plan utarbeides. Den skal inneholde risikoforholdene til prosjektet og hvordan det skal håndteres, hvor detaljert innhold i planen er i byggherreforskriften §8. (Arbeidstilsynet, 2023)

**Pozzolan:**

Pozzolan består av silisiumforbindelser og finnes i vullkansk aske eller kunstige fremstilte som flyveaske. Ved tilsetning i sement så øker tettheten og styrken under herdeprosessen, og er mye brukt i Norge. (Store Norske Lesksikon, 2019)

**Homogene:**

Homogen betyr ensartet. (Nilstun, 2021)

**Prisindeks:**

Det er en måling av endringen i priser på et utvalg av varer og tjenester fra en baseperiode til en annen periode. Indeksen tar utgangspunkt i en verdi på 100 for baseperioden, og endringen i indeksen indikerer hvor mye prisene har endret seg fra basen (Statistisk Sentralbyrå , 2023).

**Inflasjon:**

Det er en økning i det generelle prisnivået på varer og tjenester over tid, noe som betyr at det koster mer penger å kjøpe de samme varene og tjenestene enn før. Mer penger i omløp vil generelt føre til økt inflasjon. (Aurstad, 2022) Konflikter har generelt vært en stor pådriver til rask inflasjon. Mye av grunnen til dette er at det trykkes opp penger for å finansiere krigføringen. Dette gjør at hver krone blir mindre verdt og vil også i mange tilfeller øke prisen på råvarer. Når denne oppgaven skives våren 2023 pågår det en væpnet konflikt i Ukraina som har ført til en betydelig prisstigning siden invasjonen i februar 2022. Dagens råvaremarkeder er blitt svært globalisert og henger tett sammen. Små endringer innenfor et marked kan også gi ringvirkninger langt utover sitt eget primerområde. I denne oppgaven er vi i mange tilfeller avhenge av å se på priser på prosjekter fra flere år tilbake. Da vil det være nødvendig å kunne anslå en prisstigning, og det vil vi i hovedsak gjøre ved hjelp av prisindekser.

## 1.5 Samfunnsperspektiv

Utbygging over myr er et samfunnsaktuelt problemstilling i dag og i fremtiden.

### 1.5.1 FNs Bærekraftmål

FNs bærekraftmål ble vedtatt september 2015 og kan beskrives som en rekke mål for bærekraftig utvikling fram mot 2030. Målene blir relatert som en felles arbeidsplan for å utrydde fattigdom, beskjemppe ulikheter og stoppe klimaendringer. Ved arbeidet med casestudiet så vil vi komme kontakt med følgende bærekraftmål:

#### **Mål 3: Gode helse og Livskvalitet**

Bærekraft mål 3 så skal en «sikre god helse og fremme kvaliteten for alle, uansett alder» (FN Sambandet , 2023). Dette blir gjort ved å legge til rette vegtransport som knytter regionene og landet sammen. Ved å endre eller utbedre vegene så kan en redusere utslipp av farlig svevestøv, bedre naturlig støydemping og mer trafikk sikre veger.

#### **Mål 8: Anstendig arbeid og økonomisk vekst**

Bærekraft mål 7 så skal vi «fremme varig, inkluderende og bærekraftig økonomisk veskt, full sysselsetting og anstendig arbeid for alle» (FN-sambandet , 2023). Vegprosjekter øker verdiskapningen ved å legge til rette infrastrukturen, som gir gode transportløsninger som binder regionene og landet sammen.

#### **Mål 9: industri, innovasjon og infrastruktur**

Mål 9 skal en «bygge solid infrastruktur og fremme inkluderende og bærekraftig industrialisering og innovasjon» (FN-Sambandet , 2023). Prosjektet skal sørge for å bygge, vedlikeholde og drifte et transportsystem i hele landet, hvor fremtidsrettede løsninger skal ligge til grunne.

### **Mål 13: Stoppe klimaendringene**

Mål 13 skal en «*handle umiddelbart for å bekjempe klimaendringene og konsekvensene av dem*» (FN-Sambandet , 2023). Ved å finne løsninger som kan løse miljøproblematikken rundt bygging av nye veier, spesielt når det kommer til overvann, drenering, grøfting og kummer.

### **Mål 14: Livet i Havet**

Mål 14 skal en «*bevare og bruke havet og de marine ressursene på en måte som fremmer bærekraftig utvikling*» (FN-Sambandet , 2023). Som en konsekvens av bygging, vedlikehold og drift av vegene kan det skje forurensing i marint miljø. Forurensingen kan skje i form av mikroplast, næringstoffer eller miljøgifter.

### **Mål 15: Livet på land**

Mål 15 skal en «*beskytte, gjenopprette og fremme bærekraftig bruk av økosystemer, sikre bærekraftig skogforvaltning, beskjemp ørkenspredning, stanse og reverse landforringelse samt stanse tap av arts mangfold*» (FN-Sambandet, 2023) Inngrep på myr fører til klimaproblemer, som vi vil komme tilbake til, men også forurensing i jord, fremmedarter m.m. Dette er noe som en må ta hensyn tidlig i planleggingsfasen.

## **1.6 Oppbygning av teksten**

Teksten er inndelt i syv deler, hvor den første er innledning. Gjennom teorien utdyper vi den aktuelle teorien for å kunne løse problemstillingen, samtidig få en forståelse over hvilket valg vi har gjennomført under caseoppgaven. Caseoppgaven (3) utdyper vi hva casen innebærer og relevant informasjon som er viktig for valgene vi gjennomfører. I metode (4) delen så utdyper vi fremgangsmåtene og hva som ligger til grunne for verdiene vi har fått i resultat delen.

Utstilling av grafer fra utregninger finner en under resultat (5) delen, som følges av diskusjon og analysing (6) av caseoppgaven. Avslutningsvis vil det komme en konklusjon (6) der vi sammenfatter diskusjonen og kommer med en anbefaling i henhold til dette.

# 2 Teori

For å løse problemstillingen på en hensiktsmessig måte så må en utdype teorien som er aktuelt.

## 2.1 Myr og geotekniske forhold

### 2.1.1 Myr i Norge

Myr er et kjent fenomen i Norge, og i dag finnes det om lag 30 000 kvadratkilometer med våtmarksområder fordelt over store deler av landet. Dette tilsvarer ni prosent av det totale landarealet. (Bryn, 2016)

Myrdannelsen startet for om lag 8000 – 10 000 år siden, etter siste istid.

Myrdannelsen skjer i områder der nedbøren eller tilsiget med vann er større enn fordampningen, og det blir et overskudd med vann i jordsmonnet. De første myrdannelsen startet for 8000 – 10 000 år siden, etter siste istid. Myrer består av flere meter tykke lag med delvis forråtnet biologisk masse fra døde planter og organismer. (Bryn, 2016) Siden det nede i myra ikke er tilgang på oksygen skjer denne nedbrytningen ekstremt langsomt. Dermed vokser myrene sakte, men sikkert år for år. Veksten er i snitt ca. 1mm i høyden pr. år. (Steel, 2021) Hovedbidragsyteren til myrdannelse er Torvmose. Det finnes om lag 100 arter torvmose i verden, og av disse finnes om lag 50 av de i Norge. Torvmosen er en art som kan lagre ca. 10 ganger sin egen vekt i vann. Denne torvmosen gjør at myrene kan holde godt på vannet, selv godt over grunnvannshøyde. (Steel, 2021) Torvmose har en rensende effekt på vann, slik at vann som renner gjennom en myr vil være renere på andre siden. Dermed er mange myrer viktige for at vi i Norge skal ha gode drikkevannskilder. (Steel, 2021).

Myrene har stor kapasitet til å samle opp nedbør. De virker som «svamper», og dermed forsinker nedbøren fra å bli drenert direkte til elver. Derfor fungerer de som en effektiv flombremse og vil utjevne forskjellen på vannføringer i elver mellom våte og tørre perioder.

Myrene i Norge er også områder med et rikt dyreliv, bestående av store økosystemer derav flere rødlistede arter. I 2018 ble det gjennomført en omfattende kartlegging av Norske våtmarksområder. Under kartleggingen ble det påvist 74 rødlistede plantearter og 174 dyrearter som i dag lever i norske våtmarksområder (Fossum, 2021). Våtmarksområdene er også viktige hekke og jaktområder for mange arter. Dette er en av mange grunner til at de fleste norske myrer er verneverdige og strengt regulert, men dette blir gått nærmere inn på i *kapittel 2,8 Lover, håndbøker og forvaltning av veger*

I Norge har over en tredjedel av alt myrområde gått tapt. Det kommer av det svært næringsrike jordsmonnet, som egnet seg godt for å bli grøftet ut og bli brukt som jordbruksarealer eller planting av skog. (Steel, 2021) Det aller meste av nydyrking foregikk på 1930-tallet, og i perioden 1950 til 1975. På denne tiden var det ikke den samme kunnskapen som i dag, rundt miljøkonsekvensen av denne neddyrkingen. Ettersom behovet har meldt seg har myrer blitt drenert og gjort om til boligområder, industriparken eller samferdselsprosjekter. Pr i dag er det kun neddyrking av myrer i forbindelse med planting av skog som er totalt forbudt (Steel, 2021) (Fossum, 2021). Retningslinjer i forhold til krav til konsekvensutredninger vil bli nærmere beskrevet i *kapittel 2,8 Lover, Håndbøker og forvaltning av veger*

## **2.1.2 Geotekniske undersøkelser**

Grunnforholdene har stor påvirkning på kostnadene og gjennomførbarheten for prosjektet. For å kunne avklare hvor store arealer som er nødvendig for hoved- og midlertidige konstruksjoner, så bør største parten av grunnundersøkelsene bli utført under utarbeidelsen av reguleringsplanen. Ved utarbeidelse av konkurransegrunnlaget skal det vurderes om det er behov for flere undersøkelser, hvor de skal være utført før utsendelse av grunnlag.

Vegnormal N200 vegbygging setter krav til utførelse av grunnundersøkelser før prosjektet starter, der geotekniske egenskapene blir kategorisert fra en til tre. Denne kategoriseringen er gjort i henhold til Euroklasse 7, som tar utgangspunktet i kompleksiteten og risikoen til prosjektet. Geoteknisk-kategori 1 omhandler prosjekter der utgravingen er over grunnvannshøyden eller erfaringer som fastslår at utgravingen under grunnvannsstanden er mulig. Ved kategori 2 omfatter konvensjonelle konstruksjoner og fundamenter uten unormale



risikoer eller vanskelig grunn- og belastningsforhold. Den siste kategorien omfatter konstruksjoner, og grunn- og belastningsforhold som er mer komplekst enn kategori 1 og 2 (Norsk Standard , 2020).

Utførelsen av grunnundersøkelsene skal en legge vekt på bærekapasiteten til massene, dybde ned til forankringspunkt og kvaliteten til forankringspunktet. Gjennomføringen av undersøkelsen kan skje ved 4 metoder, sondering, prøvetaking, vingeboing, GVS og poretrykk. Hvilken type utstyr som egner seg for myr-undersøkelse ser vi i tabell 1. (Hagberg, et al., 2010)

Tabell 1: Oversikt over ulike grunnundersøkelse metode for myr (Hagberg, et al., 2010)

Undersøkelsesmetode	Utstyr	Torv
Sondering	Bergkontrollboring	
	Dreieboring	○
	Dreietrykkssondering	
	Totalsondering	○
	Trykksondering (CPTU)	○
Prøvetaking	Geosondering	○
	Graving	●
	Skovlboring	●
	Torvkanneboring	●
	Naverboring	
	54 mm prøvetaking *	○
76/95 mm prøvetaking *		
Kjerneboring		
Vingeboing	Vingebor	
GVS og poretrykk	Poretrykksmålere	●

Totalsondering er en metode for å kartlegge lagdeling i løsmasser og dybder til fast grunn. Det er også mulighet til å bore inn i fast fjell eller berg for å vurdere bergkvaliteten. Resultatet av sonderboringen kan gi grunnlaget til å bedømme jordarter og vurdere bæreevne til løsmassene. Ved å gjennomføre totalsondering så kartlegger en alle viktige detaljene for å utarbeide en reguleringsplan. For grundigere inspeksjon kan en bruke kanneboing som egner seg for arbeid under grunnvannsstanden. Siden boret er lett så passer den godt til å kartlegge av lagdelingen i myren. Utstyret er laget for manuelt bruk, som består av to hylser, forlengelse stang og håndtak for rotasjonen. (Hagberg, et al., 2010)

Grunnvannet må i enkelte tilfeller senkes midletertidig eller permanent avhengig av grunnvannets innvirkning på stabiliteten. Midlertidig grunnvannssenking vil skje under anleggsperioden for å forhindre problemer rundt artesisk overtrykk i byggegropen. Permanent grunnvannssenking øker overflatestabiliteten og bæreevnen til massene. Denne type tiltak er uønsket i myr og våtmarksområder ifølge N200 Vegbygging, og kan skape setningsproblemer under og etter anleggsperioden (Statens vegvesen, 2018).

### 2.1.3 Myr som CO<sub>2</sub> lager

I nyere tid har det blitt langt større fokus på konsekvensutredninger rundt klima og miljø. Det er i de siste årene en har blitt klar over er myras enorme lagringskapasitet av CO<sub>2</sub>. I løpet av sitt livsløp binder planter til seg CO<sub>2</sub> gjennom fotosyntesen. Når disse plantene dør skjer det i utgangspunktet en forråtningsprosess der bakterier bryter ned det biologiske materialet. I denne prosessen frigjøres den lagrede CO<sub>2</sub>en og blir sluppet ut i atmosfæren. Vi skal ikke gå for dypt inn i dette, men det er viktig å ha med seg at CO<sub>2</sub> er en drivhusgass som bidrar til global oppvarming. Slike prosesser er helt naturlige og kan ses på som et lukket kretsløp der netto CO<sub>2</sub> utslipp er lik null.

Det som skjer med biologisk avfall i myrer derimot, er at det døde planter synker ned, og uten tilgang på oksygen går nedbrytningen svært langsomt. Det lagrede karbonet blir dermed liggende nede i myren og kan lagres i tusenvis av år. Karbonfangst og lagring er store satsningsområder for å løse klimaproblematikken. (Equinor, 2022) Myrer er naturens egen karbonfanger, som har samlet store mengder CO<sub>2</sub> i tusenvis av år.

I følge NIBIO lagrer norske myrer på 9% av landarealet minst 3500 millioner tonn CO<sub>2</sub>. Noe som tilsvarer Norges årlige utslipp av klimagasser i løpet av 66år. (Fossum, 2021). Alle disse tallene rundt myr og CO<sub>2</sub> inneholder alltid noe usikkerhet siden det ikke finnes en grundig nok kartlegging av alle våtmarksområder i Norge. (Statens vegvesen, 2015). For eksempel lagrer en næringsfattig myr som regel mer CO<sub>2</sub> pr. m<sup>3</sup> sammenliknet med en næringsrik myr med stort innsig av næringsstoffer fra omliggende områder. Dette har også med å gjøre at en næringsfattig myr ved sine mer anaerobe prosesser risikerer store utslipp av metan dersom det naturlige miljøet forstyrres. Metan har til sammenlikning en CO<sub>2</sub>-ekvivalent på 25, som gjør den til en meget potent drivhusgass (miljødirektoratet, 2019) (Universitetet I OSLO, 2011 ).

Det er store lokale variasjoner på dybden i myrer, slik at forskjellene kan være store på hvor mye CO<sub>2</sub> som er lagret pr. m<sup>2</sup>. Statens vegvesen opererer med et gjennomsnittstall pr. m<sup>2</sup> på 201,9 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Dette er tallene som ligger til grunn for konsekvensutredninger av Statens Vegvesen. (Statens vegvesen, 2015). 201,9kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> er beregnet ut ifra en myrddybde på 1 meter som i mange tilfeller er svært grunt. I 2022 kom det ut en rapport fra et samarbeidsprosjekt mellom Statens vegvesen, Nye Veger AS, Bane NOR SF, Jernbanedirektoratet, Kystverket, Avinor AS og Miljødirektoratet. Denne rapporten bruker nye data som ligger til grunn for forslag til ny vegleder. (Statens vegvesen, et al., 2022)

Tabell 2: Sammenlikning mellom V712 og NIR 2022 (Statens vegvesen, et al., 2022)

	V712			NIR 2022
	Biomasse	Jord	sum	
<b>Skog - Lav bonitet</b>	12,00	48,40	60,40	60,00
<b>Skog - middels bonitet</b>	20,30	48,40	68,70	71,00
<b>skog- Høy bonitet</b>	31,90	48,40	80,30	84,00
<b>myr</b>	-	201,90	201,90	337,00
<b>jordbruksarealer</b>	-	55,10	55,10	43,00

Denne nye rapporten virker svært gjennomarbeidet, og vil ligge til grunn for beregninger av CO2-ekvivalenter i vår rapport.

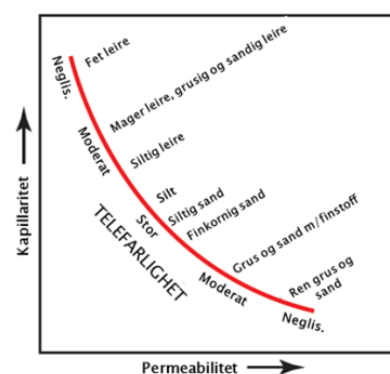
## 2.1 Veg overbygning og anleggsveger

### 2.1.1 Fiberduk og telesikringslag

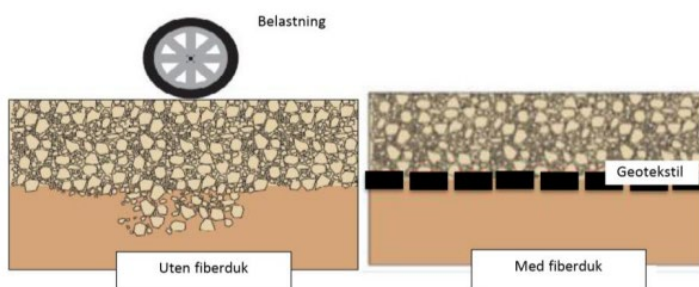
En vegoverbygning refererer til den delen av vegen som er bygget over grunnen. Den består av flere lag av materialer som er plassert i en spesifikk rekkefølge for å gi vegen den nødvendige styrken og stabiliteten til å tåle belastningen fra kjøretøy, under alle klimatiske forhold. Statens Vegvesens vegnormal N200 (Statens vegvesen, 2018) beskriver alle krav til vegoverbygning samt dimensjoneringstabeller ut ifra trafikkbelastning og mengden tunge kjøretøyer.

Vegnormal N200 beskriver også utfordringene med å skulle lage en vegoverbygning over myrer. Myr blir kategorisert som meget telefarlig, kategori T4, noe som innebærer at det bør gjøres tiltak for å unngå teleproblemtaikk. (Statens vegvesen, 2018) Problemet er myrens store innhold av humus, som trenger opp i overbygningen og kan fører til teleskader. Humus har en kapillaritet og permeabilitet som fører til at det vann kan transporteres oppover i vegoverbygningen.

For å hindre inntrengning av humusholdige masser kan en benytte en fiberduk mellom myrmassene og vegoverbygningen. Fiberduken skal være utformet i henhold til standarden og bruksklassen, hvor det har blitt utført dokumenterte tester av kvaliteten. Ved bruk av feil fiberduk kan det komme finstoff og hummus inn i overbygningen, som kan føre til svakheter og tele problemer som vist i figur 2.



Figur 2: Telefarlighet graf (Aurstad, 2016)



Figur 3: Forskjellen med og uten Geoduk (Statens Vegvesen, 2018)

## 2.1.2 Forsterkningslag

Myr er i bæreevnegruppe 7, noe som plasserer den i den svakeste gruppen med særskilte krav. Disse kravene inngår ikke i dimensjoneringstabellene N200 kap.3.1.5.5 tabell 3.09-3,11 (Statens vegvesen, 2018). Myren må behandles spesielt i.h.h.t. anbefalingene i Håndbok V221 *Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger* (Statens vegvesen, 2018). Denne vegledningen beskriver særskilte krav til forsterkningslaget og det er påkrevd masser med tilstrekkelig lastefordelingskoeffisient. Ved bygging på myr er en avhengig av gode geotekniske undersøkelser og i mange tilfeller jevnlig oppfølging i forhold til vurdering av bæreevne og konsolideringsstatus.

## 2.1.3 Asfaltering

Asfaltering er den klart mest brukte metoden å ha som øverste lag i vegoverbygningen i Norge. Asfalt er en blanding av bitumen og mineraler, som vanligvis består av sand, grus og stein. Bitumen er en seig, oljeaktig substans som utvinnes fra råolje og har evnen til å binde de forskjellige mineralene sammen. Bitumen fungerer som et lim som holder asfaltmaterialet sammen og gir asfalten en hvis elastisitet. (Bragstad, et al., 2014)

Produksjonen av asfalt foregår ved at bitumen og mineralene blir blandet sammen i en asfaltfabrikk, hvor de oppvarmes og blandes til en homogen masse. Deretter blir blandingen transportert til byggeplassen og lagt ut i et jevnt lag på vegbanen. Asfalten blir deretter komprimert og avkjølt, slik at den stivner og danner en solid overflate.

En veg må asfalteres på nytt når asfalten har blitt så skadet og slitt, at den ikke lenger kan oppfylle sine funksjoner tilfredsstillende. Dette kan skyldes ulike faktorer som for eksempel tung trafikk, værpåvirkning, aldring av asfalten og materialtretthet.

Når en veg asfalteres for første gang, vil asfalten normalt ha en levetid på 10-20 år, avhengig av ulike faktorer som for eksempel kvaliteten på asfalten, belastningen på vegen og klimaforholdene i området. Etter denne perioden vil asfalten begynne å vise tegn på aldring og slitasje, som kan føre til sprekker, hull og ujevnheter i vegbanen. Generelt sett vil en veg i en urban og tungt trafikkert by måtte asfalteres oftere enn en mindre trafikkert landeveg. Bitumens sammensetning har også stor effekt på levetiden. I følge SVVs rapport

«Miljøeffekter og energireduksjon ved asfaltarbeider» var gjennomsnittlig levetid for et asfaltdekke i 2005 14,2år. (Bragstad, et al., 2014)

For å unngå at vegen blir farlig å kjøre på, og for å opprettholde trafikksikkerheten, må asfalten repareres eller byttes ut når det er nødvendig. Dette kan gjøres ved å legge et nytt lag med asfalt på toppen av den eksisterende vegbanen, eller ved å fjerne den gamle asfalten og legge helt nytt dekke. Ofte er det nødvendig å frese vekk noen centimeter av slitelaget før et nytt lag legges, fordi slitasjen er større på de delene av vegen der hjulene normalt er i kontakt med asfalten.

Det er viktig å merke seg at vedlikehold av veger er en kontinuerlig prosess, og at det er viktig å foreta jevnlig inspeksjoner og vedlikeholdsarbeid for å forlenge levetiden til vegene og sikre at de holder seg i god stand. Dette kan inkludere arbeid som reparasjon av sprekker, fylling av hull og utskifting av skadede områder.

Utslipet av klimagasser i forbindelse med legging av ny asfalt avhenger av flere faktorer, blant annet produksjonsmetode, transportavstand og mengde asfalt som skal legges. Generelt sett kan en imidlertid si at det er betydelige utslipp knyttet til produksjon og transport av asfaltmateriale.

Ifølge tall fra Statens vegvesen vil produksjonen av et tonn asfalt normalt sett slippe ut mellom 160-200 kg CO<sub>2</sub>. Dette skyldes i hovedsak energiforbruket ved produksjon av asfaltmaterialet og oppvarming av ovner. I tillegg til dette kommer utslipp fra transport av asfalten fra produksjonsstedet til byggeplassen. Transportavstanden vil selvfølgelig variere fra prosjekt til prosjekt, men det er vanlig at asfalten transporteres over relativt lange avstander. (Bragstad, et al., 2014)

*Tabell 3: Anslag utslipp kg CO<sub>2</sub>/tonn asfalt (Bragstad, et al., 2014)*

<b>Råmaterialer/prosess</b>	<b>Kg CO<sub>2</sub>/tonn asfalt</b>	<b>% av total</b>
Steinmateriale	4	8
Bitumen	18	36
Tørking og oppvarming	21	42

Blanding(miksing)	4	8
Levering på bil	3	6
Total	50	100

Andre faktorer som kan påvirke utslippene er for eksempel type maskiner som brukes under asfalteringsprosessen, og hvordan de blir driftet. Dette kan også påvirke utslippene av klimagasser og andre miljøbelastninger. (Bragstad, et al., 2014)

Utslippene ved asfaltering er betydelig og et godt grunnarbeid har stor betydning for vedlikeholdskostnaden og hvor ofte det er nødvendig å legge ny asfalt. Valg av metode over myrer kan ha ulike effekter og risikofaktorer for øvrige setninger som igjen kan føre til større vedlikeholdsbehov.

#### **2.1.4 Anleggsveger**

Statens vegvesen har utgitt veileder V220 for anleggsveger. En anleggsveg kan defineres som en midlertidig veg som blir anlagt for å gi tilgang til en bygge- eller anleggsplass. Denne vegen skal tilfredsstillere kravene til både trafikksikkerhet og funksjonalitet (Statens vegvesen, 2022).

I følge V220 skal en anleggsveger dimensjoneres og bygges i henhold til den forventede trafikkmengden og de spesifikke kravene som følger av anleggsprosjektet. Vegen skal være dimensjonert for den maksimale aksellasten som det er forventet at kjøretøyene vil ha, og den skal ha en tilstrekkelig bredde for å kunne håndtere det største kjøretøyet som skal benytte vegen. (Statens vegvesen, 2022)

Vegen skal også ha en tilstrekkelig geometrisk standard for å gi tilstrekkelig sikt og kurvatur for å gi en trygg og sikker transport av trafikantene. Kravene til geometrisk standard vil variere avhengig av trafikkmengden og fartsgrensen på vegen. Vegen skal også ha tilstrekkelig bæreevne for å tåle belastningen fra kjøretøyene som skal benytte vegen.

Veilederen gir også krav til anleggsvegens konstruksjon og materialer. Vegen skal bygges opp av ulike lag med ulik bæreevne og stabilitet, og det skal benyttes materialer som er egnet for formålet. I tillegg skal vegen ha en tilstrekkelig drenering for å unngå at vegbanen blir skadet av vann og fuktighet. Anleggsveger over myr er spesielt utfordrende på grunn av den dårlige bæreevnen. I en SINTEF-rapport fra 2005 ble det testet anleggsveger over myr. Det ble brukt armeringsduk direkte på myra, etterfulgt av 300mm løsmasse før det ble lagt armeringnett og 250mm løsmasse på toppen. For å oppnå tilfredsstillende bæreevne ble bredden på anleggsvegen satt til å strekke seg 1,5m utenfor ytterste hjulspor inkludert 1:2 grøft. Dette er anleggsvegoverbygningen som blir brukt i videre beregninger og anslag i denne oppgaven. (Øiseth, 2018)

Når anleggsarbeidene er fullført, skal anleggsvegen enten fjernes eller oppgraderes til permanent vegstandard i henhold til gjeldende krav og regler.

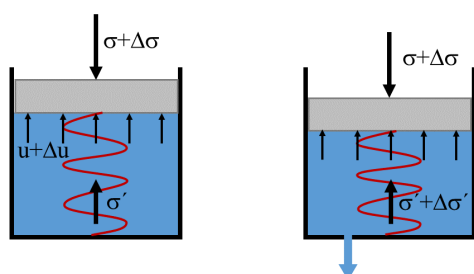


## 2.2 Konvensjonell vegbygging over myr og våtmarksområder

### 2.2.1 Utfordringer med setninger over myr

Vegbygging over myrterreng har alltid vært en utfordring for entreprenører. Det største problemet med å skulle legge veg over myrterreng er setningsproblematikk. Forsøk på utbedringer gir ofte ikke et tilfredsstillende resultat, og det er som regel etter kort tid behov for ytterligere utbedringer. Dette kan imidlertid føre til et akselererende setningsforløp på grunn av den økte vekten av vegoverbygningen. Forsterkning av en veg med setningsskader over en myr krever geotekniske forundersøkelser som gir grunnlag for videre utførelse.

En skiller mellom to typer setninger på veg over myr, raske setninger og langsomme setninger. Raske setninger som skyldes at materialenes skjærstyrke overskrides, er noe som skjer over relativt kort tid (Aurstad, 2016). Langsomme setninger kommer av konsolidering av materiale. Ved konsolidering komprimeres massene over tid, og er avhengig av massenes sammensetting, vanninnhold og de effektive spenningene som oppstår. Effektiv spenning er en kombinasjon av porevannstrykket og trykket på sedimentets kornstruktur. Øker en for eksempel vekten over disse massene vil en først få et økende poretrykk som over tid vil kunne bli drenert ut. Dette fører til en øking av trykk på sedimentenes kornstruktur og en påfølgende komprimering. Sedimentenes stivhet vil bestemme hvor store setninger det vil kunne bli. Over myr vil en også kunne ha en ytterligere konsolidering på grunn av myrenes store innhold av biologisk masse. Den biologiske massen vil over tid brytes ned, og føre til ytterligere setninger. (NGU, 2018)



Figur 4: Komprimerings prinsipp (NGU, 2018)

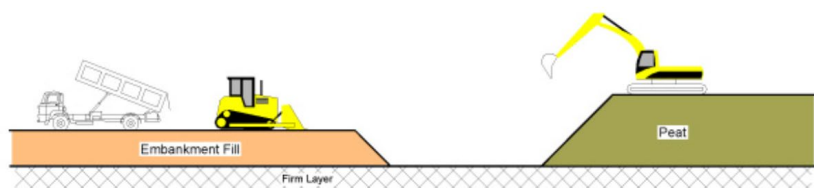
I forbindelse med konsolidering deles den i to kategorier, primær og sekundær konsolidering. Primerkonsolidering er konsolideringen som skjer raskt etter påført belastning, ofte sett på som

setningsforløpet første måneden. Mens sekundærkonsolideringen er konsolideringen og setningsforløpet som går over 30 år og mer. Over myrer er det spesielt viktig med sekundærkonsolideringen på grunn av det store innholdet av biologisk masse. (NGU, 2018)

## 2.2.2 Masseutskifting av myr

Siden det har oppstått utfordringer med konsolidering og setninger ved vegstrekninger over myrterreng, så har tradisjonelt den beste løsningen vært å utføre masseutskifting. Geologiske undersøkelser bør alltid ligge til grunn for avgjørelsene som bestemmes. Siden myrene har store lokale variasjoner i dybden, så bør omfanget av masseutskifting kartlegges gjennom prøveboringer. Vegnormalen *N200-vegbygging* sier at vegtraseer over myr skal unngås og andre traseer skal vurderes (Johansen, et al., 2015)

Masseutskifting er den mest tradisjonelle måten å bygge veg gjennom våtmarksområder, dersom en ønsker å være sikker på at vegen over tid opprettholder en høy standard uten fare for setninger og teleproblematikk. Ved masseutskifting fjernes gradvis alle svake materialer under vegen og det fylles tilbake stabile masser uten fare for setninger. Det vil si at over en myr må all biologisk masse fjernes til en kommer ned til fast fjell eller masser som er tilfredsstillende å bygge på. Deretter må det etterfylles stabile masser. Ved dype myrer kan en risikere at det kreves store mengder masser for å få en tilfredsstillende høyde på vegoverbygningen. Rensk av dype myrer er krevende å få gjennomført tilfredsstillende, siden det kan ligge igjen biologiske lommer under vegen som kan føre til setninger.



Figur 5: Masseutskifting av myr (roadex, 2020)

Torvamaterialet til myren har lav skjærfasthet og kan skape problemer for anleggsområdet under utbygging. Dette gjør at sideskråningene inn mot vegen blir ustabil og en risikerer at myren siger inn i byggegropa ved utgraving. På grunn av dette kan det bli en vesentlig økning av mengde myr som blir fjernet. For å unngå dette blir det ofte lagt midlertidige fyllinger

langs med vegen, inn mot myr-siden for å stabilisere. (roadex, 2020) (Johansen, et al., 2015). I mange tilfeller er det nødvendig å drenere myra for å øke stabiliteten, som vil føre til store inngrep over et stort område (Johansen, et al., 2015). Det kan også være nødvendig med ytterligere grøftesikring ved spunting dersom det er snakk om svært våte myrer med lav skjærfasthet. Dette vil føre med seg betydelige ekstrakostnader som følge av økt kompleksitet og behov for nødvendig utstyr og mannskap. Masseutskiftning krever mye tilførsel av masser og levering/gjenvinning/deponering av eksisterende masser. Ved å samarbeide med andre prosjekter, f.eks. tunnelprosjekt, kan en slippe kostnadene og CO<sub>2</sub>-utslippet ved å produsere nye masser. Hvordan en skal håndtere myr-massene står beskrevet i *kapittel 2,1 myr og geotekniske forhold*

### **2.2.3 Grøftesikring og HMS**

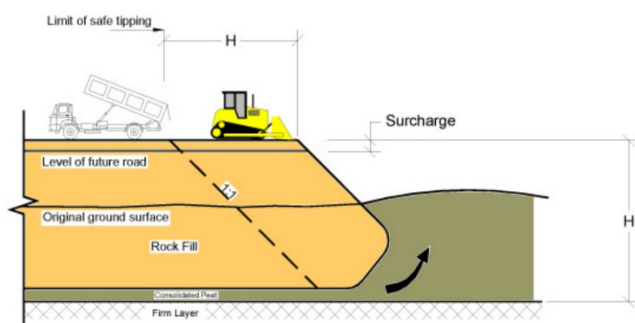
Graving av groper er risikofylt og kan føre til farlige situasjoner om en ikke kjenner grunnforholdene eller kjennskap rundt grøftesikring. Grøftesikring skal sikre arbeiderne og omgivelsene mot farer, og kan bli utført på forskjellige måter. De mest vanlige metodene er slake skråninger med 1:1 forhold eller sikring med spunt eller grøftekasser. Arbeidstilsynet viser til at byggegropen dypere enn 2 meter skal sikres, hvor grunnere groper kan bruke loddrette sider uten sikring.

På anleggsprosjekter skal grøftesikringen være forankret i SHA- planen og interne retningslinjer hos entreprenøren. Ved graving dypere enn 1,25 meter skal arbeidstakeren ha dokumentert særskilt opplæring i gravearbeid, og utarbeidet en graveplan med risikoanalyse og kartlegging for arbeidet. Flere prinsipper en skal ta hensyn for sikring av grøfter:

- Beskyttelse mot fall: Bruk metode som skråninger, støttemurer eller grøftebeskyttelsesutstyret som sikringskasser for å beskytte arbeiderne mot fallende masse og kollaps av grøftevegger.
- Sikring av grøft mot uautorisert innstigning: Installasjon av gjerder, sikre adgangspunkter og bruke varslingskilt for å forhindre uønsket tilgang til grøfter.
- Sikkerhet ved utgravde områder: Merk og sikre utgravde områder tydelig for å minimere risikoen for ulykker for både arbeidere og trafikk.

## 2.3 Massefortrengning

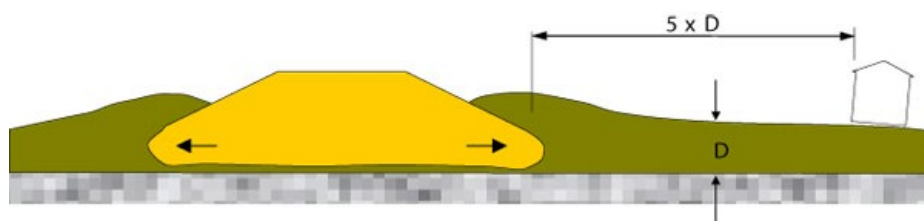
Ved massefortrengning legges vanlig fylling fram til kanten av myra, før det fylles på med steinmasser videre fra endetipp og utover myrområdet, se figur 5. Dette kalles en gradvis fortrengning. Fyllmassene vil da fortrenge myrmassene fremover og til siden for fyllingen. Det må som regel legges en betydelig tilleggslast sammenliknet med en tenkt overbygning for å fortrenge myren på en rask og god måte. Den samlede vekten av fylling forårsaker skjærbrudd i torv/bløt jord foran fyllingen, slik at myrmassene fortrenses ettersom fyllingen vokser.



Figur 6: Massefortrengning (roadex, 2020)

Når fyllingen er bygget ut må en vanligvis beholde tilleggslasten i noen måneder, for at konsolideringen av eventuelle myrmasser som har blitt igjen under fyllingen skal stabiliseres. Dette vil redusere risikoen for setninger etter at vegen er ferdigstilt.

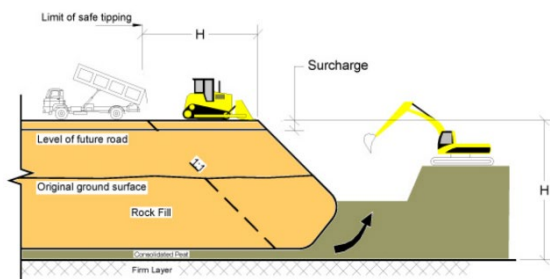
Noe en bør være klar over ved gradvis fortrengning er at «rygger» av fortrent torv/bløt jord vil dannes foran og langs sidene av fyllingen etter hvert som den legges ut. Disse massene kan virke som en passiv hindring for videre fortrengning, og vil være mer utfordrende dersom vegen skal være bred. Fortrent torv/bløt jord kan også påvirke konstruksjoner i nærheten og føre til skade. Konstruksjoner som finnes nærmere enn 5 ganger dybden av myren bør kartlegges og vurderes før arbeidet begynner, som er illustrert i figur 7. (Munro, 2004)



Figur 7:Konsekvens av massefortrengning (roadex, 2020)

Det kan i en del tilfeller skje at myra oppfører seg på en slik måte at den lett vil havne under fyllingen istedenfor å bli fortrenget. Dette kan på sikt føre til setningsskader og dermed ustabile vegoverbygninger. I slike tilfeller kan det være nødvendig med delvis utgravning, spyling med høyt trykk eller bruk av sprengstoff for å fremskynde og hjelpe til med prosessen.

- Ved delvis utgravning, bruker en gravemaskiner som graver unna myrmassene foran fyllingskanten. Figur 9.
- Høytrykksspyling skjer ved at høytrykksdyser med vann presses ned i torvlaget foran fyllingen. Dermed skjer en lokal økning av vanninnholdet i torva, og skjærfastheten reduseres. Dermed skjer fortrenningen enklere og raskere.
- Ved sprengning fyrer en av en ladning rett i forkant og underkant av fyllingen slik at torvas skjærfasthet reduseres betraktelig og dermed forenkler fortrenningen. Figur 8



Figur 9: Delvis utgravning (roadex, 2020)

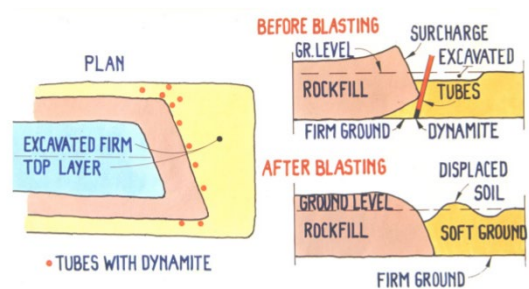
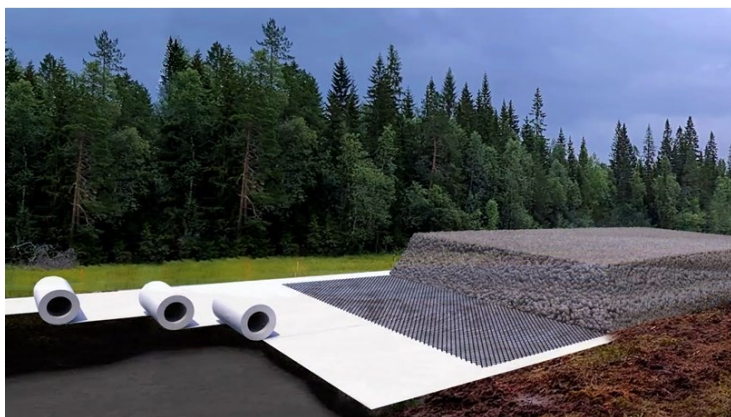


Figure 8: Skap av skjærbrudd ved sprengning (roadex, 2020)

Når fortrenningen er ferdig, bør det gjøres kjerneboreprøver gjennom fyllingen for å undersøke om fortrenningen har vært vellykket, og det ikke har blitt lommer av torvmasser og humus i overbygningen. Hvis det avdekkes lommer av torv humus må det gjøres tiltak. Det kan være å belaste ekstra slik at de uønskede massene blir konsolidert, eller så kan det brukes sprengstoff for å sprengte ut de innestengte marialene (Munro, 2004). Når en er sikker på at massene er stabile blir eventuelt bort gravd myr restaurert i.h.h.t. gjeldende anbefalinger (Johansen, et al., 2015). Massefortrenning er i mange tilfeller vurdert til å være en god økonomisk løsning med en relativt lav miljøpåvirkning (roadex, 2020).

## 2.4 Forbelastning med Geoduk/fiberduk

Forebelastning med geoduk er en CO<sub>2</sub>vennlig metode for konstruksjon av veg over myr. Siden metoden er ny i Norge så blir den kategorisert som test- og forskningsprosjekt, selv om den har blitt utprøvd i Finland og Sverige. Ved forbelastning legges en geoduk og et armeringsnett over myra før det lagvis legges komprimeringsmasser over. Prinsippet er at en ønsker å komprimere myra slik at den får en såpass stor fasthet at det kan bygges veg over uten fare for setninger. Siden myrtorv har høy permeabilitet i naturlig tilstand, skjer konsolideringen svært raskt ved økt belastning. Det er svært viktig at denne prosessen foregår stegvis for å unngå skjærbrudd i torvlagene, da dette vil føre til mer ustabilitet i massene. (roadex, 2020)

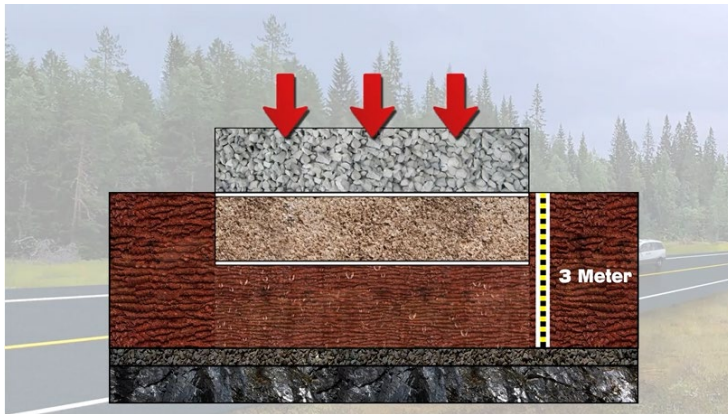


Figur 10: Veggoppbygning forbelastningsmetoden (Nygård, 2022)

### 2.4.1 Prosjekt E6 Helgeland Sør

På prosjektet med nye E6 sør for Mosjøen bygges det veg over den 3000 år gamle Kringelmomyra. Dette prosjektet ble det valgt å bruke forbelastningsmetoden med argumentene om miljø og klima hensyn, samt kostnad. For å unngå skjærbrudd så legges det lagvis 75 cm grus over en geoduk. Denne prosessen gjentas inntil myrmassene er konsolidert tilstrekkelig, slik at den kan tåle vekten av vegoverbygningen uten ytterligere setninger. Denne komprimeringen er tidkrevende og kan variere mye i.f.t. myrddybder. I tilfellet på E6 Helgeland Sør skal myren komprimeres fra 3 – 1,5 meter, illustrert i figur 11 (Nygård, 2022). For å akselerer prosessen og sikre tilfredsstillende konsolidering legges det ekstra masser over, som blir fjernet før det legges asfalt. I løpet av ca. to år har torvlaget blitt konsolidert, slik at den har god nok fasthet til å bli bygget på, uten fare for ytterligere setninger.

Framdriften bestemmes vanligvis av hvor raskt porevannet presses ut av torvstrukturen. Det kan være variasjoner fra torvtype til torvtype slik at det er viktig å ha kjennskap til de ulike artenes egenskaper, for å kunne ta korrekte avgjørelser med tanke på fremdrifts og tidsestimering (roadex, 2020).



Figur 11: Forbelastning illustrert (roadex, 2020)

Denne metoden er sett på som et godt alternativ for myrddybder på inntil 4m. På større dybder kreves det en enda mer omfattende og tidkrevende prosess for å konsolidere myren tilstrekkelig (roadex, 2020). Det å skulle oppnå en tilfredsstillende konsolidering i en myr med dybder rundt 10m vil ta svært lang tid og det vil knytte seg usikkerheter til det om ytterligere setninger kan oppstå i etterkant av ferdigstillingen av veggen.

Naturinngrepene ved forbelastning vil i all hovedsak begrense seg til selve veganlegget slik at områdene rundt blir minimalt berørt. Veggen over myra vil etter relativt kort tid kunne ta lasten av anleggsmaskiner, men spesielt i oppstartsfasen er det nødvendig med ekstra hensyn med tanke på myras bæreevne. Under prosjektet ved Kringelmomyra var dette en av de største utfordringene i tidlig fase. Der det var behov for lettere anleggsmaskiner for å ikke synke langt ned i myrmassene. (Skoglund, 2022)

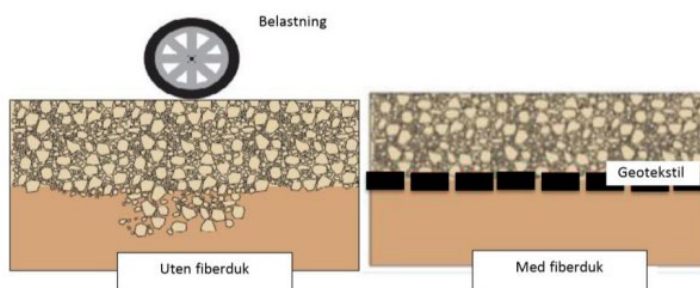


Figur 12: Geotekstil med komprimeringsmasser (Skoglund, 2022)

## 2.4.2 Vegoverbygning etter forbelastning

Overbygningen av vegen er utført i henhold til vegnormalen N200 og er beskrevet i kapittel 2,1. Det er viktig å ta hensyn til ved forbelastning at vegfyllingene ikke påvirker den naturlige vanntilførselen og gjennomstrømming slik at grunnvannet ikke endres.

Ned mot myren er avgjørende å ha en fiberduk med tilfredsstillende kvalitet til aktuell bruksklasse. Fiberduken hindrer at finstoff trenger opp i overbygningen slik at bæreevne og frostsikring ikke blir redusert. Armeingsnettet fordeler vekten fra overbygningen på en slik måte at den ikke overstiger skjærfastheten til den konsoliderte myra (Aurstad, 2016).

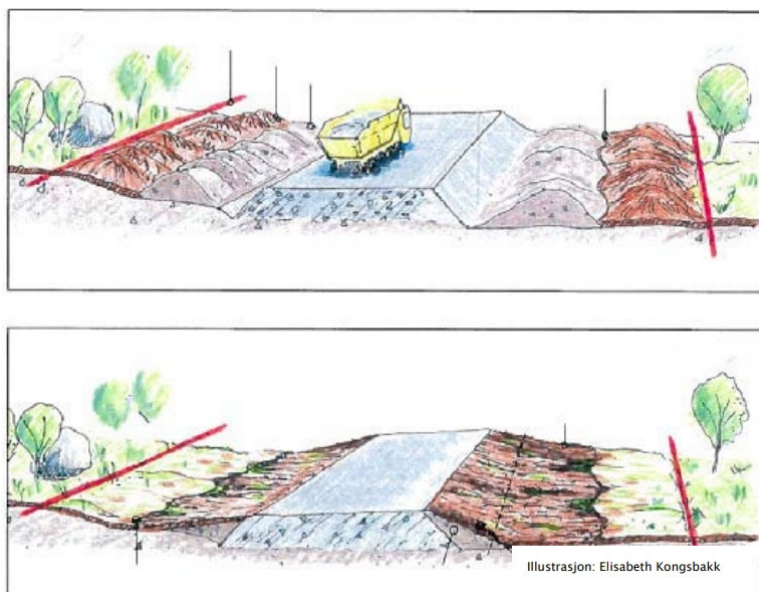


Figur 13: Forskjellen med og uten Geoduk (Statens Vegvesen, 2022)

Ned mot myren er avgjørende å ha en fiberduk med tilfredsstillende kvalitet til aktuell bruksklasse. Fiberduken hindrer at finstoff trenger opp i overbygningen slik at bæreevne og frostsikring ikke blir redusert. Armeingsnettet fordeler vekten fra overbygningen på en slik måte at den ikke overstiger skjærfastheten til den konsoliderte myra (Aurstad, 2016).

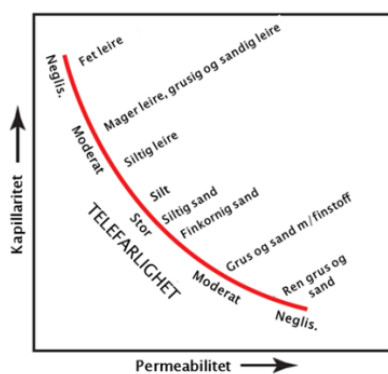
Selv om armeringsnett fører til en bedre stabilitet av massene, er det anbefalt å benytte slakere helning på fyllingen for å unngå utglidning. I henhold til SVVs standard V221 anbefales det en 1:5 helning for optimal stabilitet og best forhold for myrens biologi, som illustrert i figur 14 (Statens vegvesen, 2018) (Johansen, et al., 2015). Ved utbygging på masser med dårlig bæring brukes det ofte motfyllinger for å stabilisere vegoverbygningen. Dette fører til et større beslaglagt areal av myren, noe som bør unngås i størst mulig grad (Johansen, et al., 2015). Det bør derfor benyttes en 1:5 helning slik at myrmassene bidrar til økt stabilitet. (Statens vegvesen, 2018)





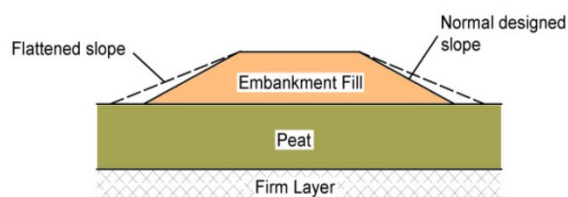
Figur 14: Slake vegfyllinger av myrmasse (Johansen, et al., 2015)

Hovedårsaken ved å benytte forbelastning er å unngå endring i grunnvannstanden, så derfor er det viktig å bygge veg overbygningen over grunnvannshøyden. Det er viktig å anvende masser med god permeabilitet og lav kapillaritet ned mot grunnvannet for å unngå at vann trekkes oppover i overbygningen. Som illustrert i figur 15 så bør en unngå finstoff som silt og finkornet sand for å redusere faren for dannelse av islinser.



Figur 16: Graf telefarlighet (Austad, 2016)

Dreneringen i veg over myr bør bli forsøkt lagt utenfor eller nedstrøms slik at forurensning fra vegen ikke påvirker økologien i myra. (Johansen, et al., 2015).



Figur 15: Membraner på tvers hindrer også vannet å renne ut langs vegkroppen (roadex, 2020)).

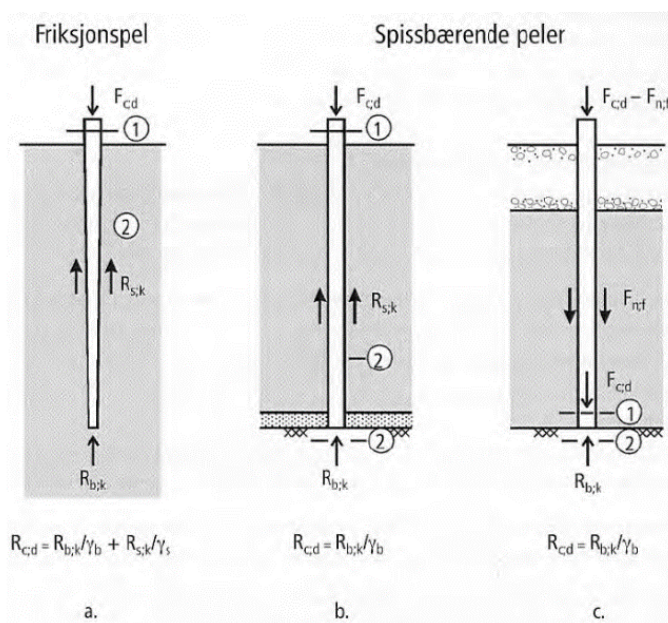
## 2.5 Pelers

Peling er en stabiliseringsmetode som brukes på lite bæredyktige masser, der pelene bærer hele eller deler av konstruksjonsvekten. Valg av peler bestemmes ut ifra grunnforholdene, hvor kornstørrelse og hydrologien har stor innvirkning. I dette kapittelet skal vi forklare hvilke faktorer en bør tenke på under peling og pelemetoden som brukes i dag.

### 2.5.1 Peletyper

Peletypene vi kan skille mellom er spissbærende peler og friksjonspeler, der geotekniske egenskapene i området avgjør hvilket peler en bør bruke. Friksjonspeler er formet som en kon, som vil si stort tverrsnitt på toppen og minst i bunnen. Kon-formen skaper en spikereffekt, der sidene av konen skaper friksjon mot kornene i grunnen. Denne effekten blir dimensjonert ved hjelp av grunnundersøkelsene som nevnt over, hvor kornstørrelse og plastisitet avgjør dimensjonen og antall peler. For å unngå uforutsette setninger så er det nødvendig å gjennomføre geotekniske undersøkelser dypere enn pelespissen.

Konstruksjonsmaterialet til en friksjonspeler består av betong og/eller stål. I gamle og midlertidige konstruksjoner kan en finne trepeler, men dette blir ikke brukt som permanent løsning. (Statens vegvesen, 2022)



Figur 17: illustrasjoner av friksjonspeler, spissbærende peler med og uten konsolidert masse (Statens Vegvesen, 2022)

Spissbærende peler overfører kreftene fra toppene av pelehodene og ned til fast underlag, fjell eller tilsvarende. Ved konsolidering av massene i øverste del av pelekonstruksjonen, så kan friksjonskreftene skape negative krefter på pelene. Dette fører til at pelen trekkes nedover, noe som fører til ekstra belastninger på konstruksjonen. Dette er illustrert i figur 17. Siden kvaliteten på berget kan variere så må forankringsmetoden være testet og tilstrekkelig etter vegnormalens anbefaling

Tabell 4: Peletyper (Statens vegvesen, 2022)

Peletyper	Aktuelle pelelengder (m)	Typiske laster (KN)	Friksjon(F) eller/og spissbærende(S)
Betong peler	7 – 50	1780 – 3890	F,S
Stålpeler	20 – 70	2000 – 7000	F,S
Rammede stålrørspeler	20 – 90	4000 – 10000	F,S
Borede stålrørspeler	10 – 50	4000 - 25000	F,S
Stålkjernepeler	5 – 70	1700 – 9000	S
Plasstøpte pele (Pilarer)	5 – 50	5000 - 25000	F,S
Trepeler			F

Montering av peler gjennomføres ved boring eller ramming. Ramming er en metode der pelene blir «banket» ned ved en rammerigg, og kan skape mye vibrasjoner i bakken og luften. I følge N400 *bruprosjektering* så anbefales ikke ramming for pelelengder under syv meter. Pelearbeidet kan føre til poretrykksøkning, terreng hevning og massefortegnelse. Dette kan påvirke stabiliteten til konstruksjonen og bør overvåkes under og etter arbeidet. Overvåkingen kan gjennomføres med portrykksmålere som er plassert i forskjellige nivåer. (Statens vegvesen, 2022) Ved intervju med prosjektleder Jon Berg Raaen og YM-leder Torstein rød Klausen, om prosjektet Roa-Gran grense, så snakker vi om hvordan peler forstyrrer vannstrømningen i myren. Fra tidligere prosjekter hvor de har arbeidet med myr og betong- eller stålkjernepeler, så har de sett lite ettervirkninger i vannstrømningen ved utførelsen.

## 2.6 Kalksementpeler

Kalksement peler en er kjemisk reaksjon mellom jord, sement og kalk som øker skjærfastheten og stivheten til den opprinnelige massen. Økningen av bæreevnen er nødvendig i bløte masser som myr og leire med skjærfasthet mellom 5 – 30 KPa (Norsk Geoteknisk Forening , 2012), og har en effektiv dybde på 25-30 meter. Kalksementpeler har blitt benyttet siden 70-tallet og har blitt anvendt mye i Sverige og Finland. I nyere tid så har det blitt mer brukt i Norge, hvor første prosjektet over våtmarksområder er Roa – Gran grense (Norsk Geoteknisk Forening , 2012).

### 2.6.1 Montering og anvendelse

Montering av sementpeler består av en boremaskin med visp og materialtank for kalk-sement blandingen. Hensikten er å blande jord, vann og bindemiddelblanding inn i jordmassen, som til slutt gir en sterk blanding. Bindemiddelblanding er normalt 50/50 sement og kalk for bløt leire, hvor i noen tilfeller byttes kalk ut med multcem. For våtmarks masser er forholdet 75/25 sement og multcem. Reaksjonen mellom bindemidlene og jord/vann er hydratisering eller pozzolan, avhengig av hvilken bindemiddelkombinasjon en bruker. (Norsk Geoteknisk Forening , 2012)

Anvendelse av kalksementpeler i veg konstruksjoner er skråningsstabilisering eller veg fundamentering. Forskjellen mellom dem er at skråningsstabiliseringen plasseres under eller i skråningen, og veg fundamenteringen dekker vegbanen og vegskråningen. Det kan også bli brukt til grøftesikring aleine eller i kombinasjon med spuntvegger.

Pelemønsteret og utstrekningen avhenger av bruken og hvilke formål kalksementpelene har og grunnforholdene. Som en kan se i figur 18 så kan vi skille mellom enkeltpel, enkel ribbe, dobbelribbe, gitter eller blokk. For å sikre at pelene blir sammenhengende, så kan en forsikre seg at det blir 20 prosent overlapp. På vegprosjektet mellom Roa-Gran grense har de brukt kalksementpeler til

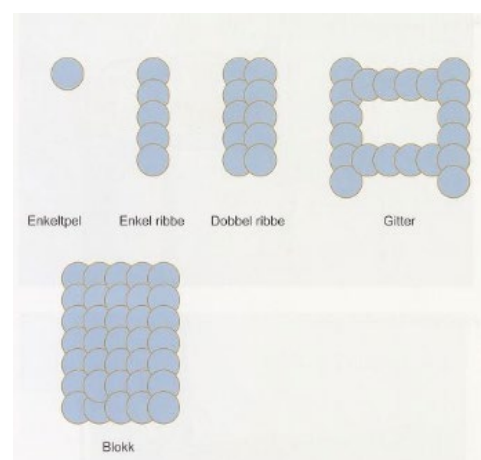


Figure 18: Pelemønster kalksementpeler

grunnforsterkning, hvor de har benyttet flere av de nevnte mønstrene over. (Norsk Geoteknisk Forening , 2012)

Miljø konsekvensene rundt kalksementpeler i våtmarksområdene er ikke kartlagt. Siden sement har en PH-verdi på 9 – 13 (Thue, 2020), hvor myr har PH-verdi på 4-8 så kan en ikke utelukke at det blir PH-endringer i myren. Dette kan føre til biologisk ustabilitet og endringer i habitatene i myren. (artsdatabanken, 2016)

## 2.6.2 Kontroll av kalksementpeler

Kontroll av kalksementpeler skal utføres under og etter installasjon, hvor vi skal sette søkelys på etterkontrollen av pelene. Tabell 5 viser anbefalt kontroll under forskjellige omstendigheter og geoteknisk kategorier.

Tabell 5: Anbefalt omfang av kontroll (Norsk Geoteknisk Forening , 2012)

Stabilisert for	Størrelse på prosjekt (m peler, m <sup>3</sup> volum)	Geoteknisk kategori (Eurokode 7)	Kontrollomfang <sup>1</sup>
Setninger	< 10 000 m < 3000 m <sup>3</sup>	1	Ingen feltkontroll <sup>2</sup>
		2	1 % av peleantallet
		3	>1,5 % av peleantallet
Setninger	> 10 000 m > 3 000 m <sup>3</sup>	1	0.5 % av peleantallet
		2	1 % av peleantallet
		3	> 1.5 % av peleantallet
Setninger	> 50 000 m > 15 000m <sup>3</sup>	1	0,5 % av peleantallet
		2	0,7% av peleantallet
		3	1 % av peleantallet
Stabilitet	0-20 000 m 0- 6000 m <sup>3</sup>	1	0,7 % av peleantallet
		2	1 % av peleantallet
		3	2 % av peleantallet
Stabilitet	20000 - 50000 m 6000- 15 000m <sup>3</sup>	1	0,5 % av peleantallet
		2	0,7 % av peleantallet
		3	1 % av peleantallet
Stabilitet	> 50 000 m > 15 000m <sup>3</sup>	1	0,3 % av peleantallet
		2	0,5% av peleantallet
		3	0,7 % av peleantallet

<sup>1</sup> Rådene forutsette normale konservative dimisjonerings

<sup>2</sup> Betingelser at det er utført laboratorieforsøk tidligere eller at en har erfaring fra området fra før.

Det brukes tre metoder til å kontrollere skjærhastheten og blandingsforholdet til kalksementpeler, forinstallert omvendt peisonde(FOPS), trykksondering(CPT) og prøvetakning. **FOPSen** installeres under montering av pelene og plasseres 0,5 meter under underkant på pelen. Etter 1-7 dager herding så trekkes installasjonen opp med en wire og måler opptrekks kraften. **CPT** sonderer pelene vertikalt og på skrå gjennom ribber, og viser om pelene er homogene. **Prøvetakning** kan skje igjennom testing etter installasjon, kjerneprøver taker, oppgraving av pel og opptak av hel pel. Hvilken metode som egner seg best til hvilke formål kan en ikke forutsi, men entreprenøren står fritt til å velge egnet metode for deres prosjekt. (Norsk Geoteknisk Forening , 2012)

### 2.6.3 Prosjektet Roa – Gran grense

Samferdsels prosjektet mellom Roa – Gran grense strekker seg over 4,2 kilometer, hvor det skal bygges firefelts veg med midtrekkverk. Arbeidet startet i høsten 2021, der Hæhre entreprenør står som totalentreprenør for prosjektet. Ved kunngjøringen av anbudet så ønsket Statens vegvesen å finne best mulig løsning til å bygge over myr, der løsningen ble kalksementpeler.

8. mai 2023 gjennomført vi et intervju med prosjektingeniøren Jon Berg Raaen og YM-leder Torstein Rød Klausen, hvor agendaen var vegprosjektet mellom Roa-Gran (Lunner). Der fortalte de at det ble montert 16 000 kalksementpeler på myrområdet, og de strakk seg 35 meter i bredden. Det ble brukt enkeltpeler under vegfyllingen og doble peleribber utenfor. Dybden de opererte med var 25 – 30 meter.

Videre i intervjuet så forteller de at det ble gjennomført forbelastning oppå pelene, hvor de har opplevd ujevne setninger. Årsakene til setningene antas å være dårlig grunn i underkant av pelene, som ikke ble avdekket ved boreprøver. Oppbygningen av vegen består av en «madrass» som blir brukt som frostsikring og normal vegoverbygning oppå.

De konkluderte med at kalksement peler har fungert, men de har opplevde større setninger en ønsket enkelte steder.

## 2.7 Myrbro

Myrbro er kontinuerlig platebro som enten er plasstøpt eller prefabrikkerte elementer. Denne metoden er brukt ved bløte grunnforhold, for å skape sikker ferdsel over våtmarksområdene. Ved å gjennomføre en slik løsning så reduserer en mulighetene for setninger, med forbeholdt at fundamenteringen er setningsfri. En slik konstruksjons krever høye kostnader og store områder for å utføre. Vegnormalen en skal følge er N400 *bruprosjektering*, hvor det stilles krav til utførelse og ferdig produkt (Statens vegvesen, 2018) (Statens vegvesen, 2015)

Fundamenteringen til myrbro kan være masseforflytning og forankring i berg, eller en kan bruke spissbærende- eller friksjonspeler. Innfestningen av pelene kan være i bruelementene eller ved fundamenterings sokkelen til brukonstruksjonen. Spennvidden mellom bruelementene varierer mellom 10 til 20 meter, der bæreevnen til grunnen legger grunnlaget. Peler tar ikke opp horisontal laster så det anbefales å legge myrbroen lavt i terrenget, slik at den får mindre vindfang. (Statens vegvesen, 2015)

### Oppbygning av vegbanen

Selv om bru er laget av betong, så er en nødt til å legge bind- og slitelag over. Dette skal gjøres i alle områder hvor det ferdes myke og harde trafikanter, sykkelsti, gangveger, kjørebane mm. Siden betongen er en bærende konstruksjon, så må den beskyttes for slitasje av trafikanter. Krav 12.2.1-4 «bind- og slitelag skal legges over fuktisoleringen». Dette betyr at det legges binde- og slitelag, for å kunne skape letter utskiftning av slitelaget uten skader på fundamentet. Normalen anbefaler en belegningstykkelse på 90 mm. Krav til forsterkningsbære-, binde og slitelag er beskrevet i N200 - *Vegbygging* (Statens vegvesen, 2018).

## 2.8 Lover, håndbøker og forvaltning av prosjekter

### 2.8.1 Beslutningsprosesser av veg

Utbedring eller utbygging av ny vegstrekning kan forekomme på forskjellige metoder, hvor vi skal ta utgangspunkt i Nasjonal transportplan (NTP). NTP er en strategiplan over 12 år som gjelder transport- og samferdselsprosjekter i Norge, der målet er «et effektivt, miljøvennlig og trygt transportsystem i 2050». Nyeste NTP ble iverksatt i 2022 og har en varighet til 2033, som inneholder veger, jernbane, skipstrafikk og flytrafikk. Videre i dette kapitlet vil vi sette søkelys på vegtrafikken, som innebærer godstransport og persontrafikk. (Det kongelige samferdselsdepartementet, 2021)

Samferdselsdepartementet bestiller konseptutvalgsutredning for statlige prosjekter, hvor investeringskostnadene blir over en milliard kroner. Hensikten med denne utredningen er å vurdere alternative løsninger for transportbehovet, der regjeringen beslutter hvilket konsept som skal brukes i planleggingen. Utredningen som har blitt godkjent av regjeringen avgjør om en skal fortsette planleggingen etter PBL, som vil si kommunedelplan og reguleringsplan. For å kvalitetssikre utredningen blir eksterne konsulenter leid inn. Disse konsulentene har som oftest rammeavtale med staten (Statens vegvesen, 2020)

Plan- og bygningsloven gjelder alle typer prosjekter som er tilknyttet fast eiendom, som innebærer veg konstruksjoner og uteområder. Loven er delt inn i to deler, plandel og byggesaksdel, hvor plandeler tar for seg statlige-, regionale-, kommunale- og reguleringsplaner. Byggesaksdelen inneholder hvordan byggesaker skal behandles, søknadsplikt, ansvarsrett krav som stilles til søknaden og kommunens tilsynsplikt med byggearbeidet (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2023) Hvordan rammene for vegprosjektet, vegtrase og standard, blir avklart igjennom kommunedelplaner etter plan og bygningsloven §11. Denne planen bygger ofte på avklaringer som er gjort igjennom KVVU eller andre substanser. Etter vedtatt kommunedelplan så må en utarbeide en reguleringsplan etter PBL §12. Denne planen avklarer detaljer om plassering og utforming av prosjektet, og regnes som gjeldene vedtak for prosjektet. Innholdet til reguleringsplanen består av plankart, planbeskrivelse og reguleringsbestemmelser. Vedtatt reguleringsplan gir prosjektet grunnlag



for prioritering i det årlige budsjettet, og den gir rettsgrunnlag for gjennomføring grunnerverv (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2023).

### **2.8.2 Lover om nedbygging av myr**

Lovverket rundt nedbygging av myrer i forbindelse med infrastruktur og bygg er tatt med i budsjettforliket mellom AP/SP og SV for 2023. Dette betyr at regjeringen skal legge frem forslag om nedbygging av myr til utbyggingsformål i løpet av 2023. Dispansjoner kan utgis for å ta vare på andre arealer med høy verdi og utbygging av samfunnskritisk infrastrukturer (Sosialistisk Venstreparti, 2022)

I dag finnes det ingen konkret lovverk rundt nedbygging av myr for bygginger eller infrastruktur. Plan- og bygingsloven §1-1 skal fremme bærekraftig utvikling, dette gjelder også utslipp av karbon og andre stoffer. Det er også viktig å trekke frem §14 *konsekvensutredning for tiltak og planer etter annet lovverk*, der formålet med loven er at bestemmelser for å sikre miljø og samfunn skal tas stilling til når tiltaket gjennomføres (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2023). Naturmangfoldloven skal ta vare på naturens biologiske, økologiske og arts mangfold, samtidig ivareta en bærekraftig bruk og vern av områdene.

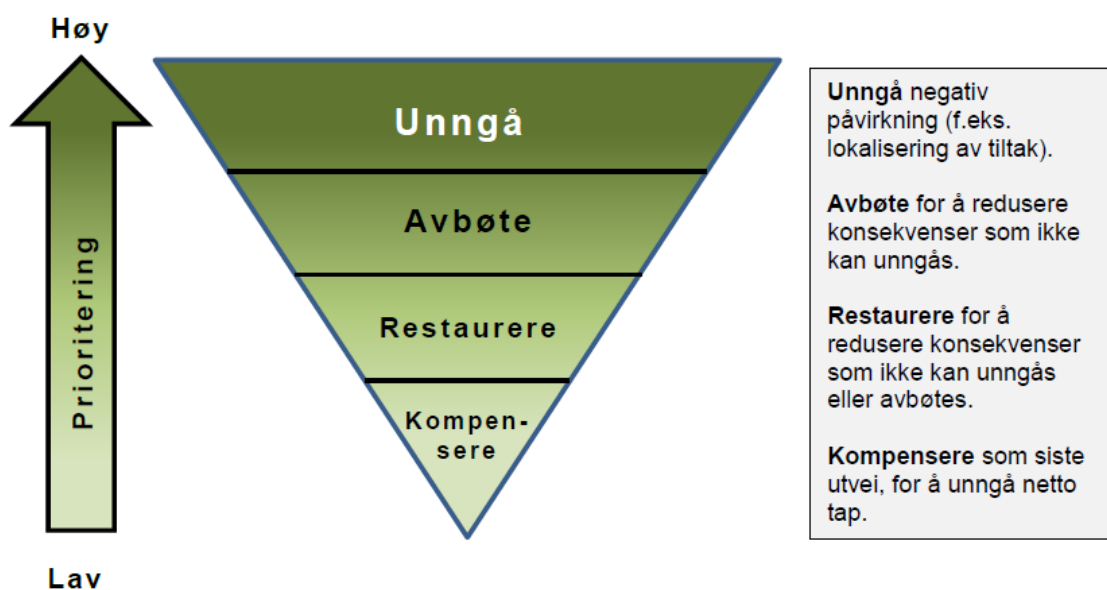
### **2.8.3 Vegnormaler, retningslinjer, vegledninger og rapporter**

Statens vegvesen utgir vegnormaler, retningslinjer og vegledninger, som omhandler hvordan en skal bygge, drifte og forvalte vegene i Norge. Vegnormalen er hjemlet i loven og gjelder alle offentlige veger, både for statens vegvesen og andre myndigheter. Retningslinjene gjelder kun riksveger og for Statens vegvesen, konsulenter og entreprenører som gjennomfører oppdrag for statens vegvesen. Vegledningen er hjelpedokumenter som støtter opp under vegnormalen, med utdypende fagstoff enn det som står i vegnormalen.. Rapporter er i mange tilfeller erfaring rundt tidligere prosjekter eller praktisk informasjon rundt normalene (Statens vegvesen, u.d.).

Vegbyggingsnormalen N200 setter krav og føringer over planlegging, prosjektering, bygging, vedlikehold og forsterkning av veger. Forsterkning av eksisterende veger må en gjennomføre lokale tilpasninger, som fører til at kravene i normalen ikke er tilfredsstillt. Ved veger over

myrer ble det utarbeidet et krav, som var gyldig fra 01.11.2022. Disse kravene stiller krav til hvordan en skal forhindre inngrep på myrområdene og hva en skal ta hensyn til.

Kravene som er satt i N200 kommer fra rapport nr. 423 -*Når vegen berører myra* (Johansen, et al., 2015) og veiledning 221 -*grunnforsterkning, fyllinger og skråninger* (Statens vegvesen, 2018). Rapport 423 nevner fire prioriteringsrekkefølger på hvordan en skal håndtere bygging på myr. Førsteprioritet er å **unngå** inngrep direkte eller indirekte på myrområdene og skade økosystemet. Dette kan gjennomføres ved å finne alternative vegtraseer, og at den blir plassert på ett området som ikke forstyrrer hydrologien til myren. Neste nivå blir **avbøtende** tiltak, som vil si å redusere anleggsveger, deponiområder og lignende. Dette er for å redusere inngrepsområdene best mulig. Drenering og vanntilførsel som kan forstyrre hydrologien i myren bør unngås, eventuelt finne alternative løsninger for å opprettholde ønsket vannmengde i jordsmonnet (Johansen, et al., 2015).



Figur 19: Tiltakshierarkiet for myr (Statens vegvesen, u.d.)

**Restaurering og rehabilitering** av myren, vil si å tilbakeføre myren til en tilnærmet like økologisk tilstand. Denne metoden er et kostnadseffektivt klimatiltak, og blir i praksis benyttet på anleggsveger og lignende. Det siste tilfellet en ønsker å gjennomføre er **kompenserende** tiltak. Kompenserende tiltak er å restaurere og ta i bruk resurser et annet sted med hensyn på naturen. (Johansen, et al., 2015)

## 2.8.4 Vegklasser og Vegsystemer

Statens vegvesen i Norge bruker et system med vegklasser for å kategorisere vegene basert på deres funksjon og trafikkmengde. Vegklassene er en viktig faktor i planlegging, utforming og vedlikehold av vegnettet. De er bygget opp ved å ta hensyn til trafikkgruppe og årlig trafikkbelastning (Statens vegvesen, 2018).

Statens vegvesen deler trafikkbelastningen i grupper basert på summen av ekvivalente 10-tonns aksler i dimensjoneringsperioden. Her er en beskrivelse av de ulike trafikkbelastningsgruppene som er inndelt i (A til F) og kan beskrives på denne måten:

### 1. Trafikkbelastningsgruppe A:

- Lav trafikkbelastning.
- Inneholder vegstrekninger med begrenset antall tunge kjøretøy.
- Vegger i denne gruppen har vanligvis lavere dimensjonskrav og kan ha enklere konstruksjon.

Tabell 3.1.2—1 — Valg av trafikkgruppe ut fra antall ekvivalente 10 tonns aksler

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

Figur 20: SVVs trafikkgruppe inndeling ekvivalente 10 tonns aksler (Statens Vegvesen, 2018)

### 2. Trafikkbelastningsgruppe B:

- Moderat trafikkbelastning.
- Inneholder vegstrekninger med moderat antall tunge kjøretøy.
- Vegger i denne gruppen krever bedre dimensjonering og konstruksjon sammenlignet med gruppe A.

### 3. Trafikkbelastningsgruppe C:

- Høy trafikkbelastning.
- Inneholder vegstrekninger med betydelig trafikk fra tunge kjøretøy.
- Vegger i denne gruppen må dimensjoneres og konstrueres for å tåle høyere belastning og ha bedre bæreevne.

#### 4. Trafikkbelastningsgruppe D:

- Svært høy trafikkbelastning.
- Inneholder vegstrekninger med tung trafikk, inkludert betydelig andel svært tunge kjøretøy.
- Veger i denne gruppen må dimensjoneres og konstrueres for å håndtere ekstremt høye belastninger.

#### 5. Trafikkbelastningsgruppe E:

- Ekstraordinær trafikkbelastning.
- Inneholder vegstrekninger med spesielle forhold, for eksempel tungtransportkorridorer eller veger som brukes til spesifikke industriformål.
- Veger i denne gruppen må dimensjoneres og konstrueres for å håndtere unike og ekstraordinære belastninger.

#### 6. Trafikkbelastningsgruppe F:

- Særskilt trafikkbelastning.
- Inneholder vegstrekninger med ekstraordinære forhold som krever spesialtilpasninger.
- Veger i denne gruppen kan være underlagt spesifikke restriksjoner, dimensjoneringskrav eller andre spesialtiltak.

Statens vegvesens inndeling av trafikkbelastning i grupper bidrar til å sikre at vegene dimensjoneres og bygges i samsvar med de forventede belastningene og trafikkmønstrene. Dette er viktig for å sikre vegenes funksjonalitet, bæreevne og trafikksikkerhet.

Vegklasser: Statens vegvesen bruker følgende vegklasser for å kategorisere vegene:

#### Europaveger (E):

- Europavegene utgjør hoveddelen av det internasjonale vegnettet i Norge og binder landet sammen med andre europeiske land.

- Kjennetegnes av høy standard, firefelts motorveger eller tofeltsveger med god kapasitet.
- Høyeste standard av veger i Norge med høye hastighetsgrenser og god trafikksikkerhet.

#### Riksveger (RV):

- Riksvegene har nasjonal betydning og forbinder større byer, regionale sentra og viktige transportkorridorer.
- Kjennetegnes av god standard og høy kapasitet, med firefelts motorveger eller tofeltsveger med midtrekkverk.
- Ofte høyere hastighetsgrenser og god trafikksikkerhet sammenlignet med fylkesvegene.

#### Fylkesveger (FV):

- Fylkesvegene binder sammen mindre regioner og knytter mindre sentra til riksvegnettet.
- Kan variere i standard og bredde avhengig av trafikkmengde og geografiske forhold.
- Trafikkmengden kan variere fra lav til moderat, og hastighetsgrenser kan være lavere sammenlignet med riksvegene.

#### Kommunale veger (KV):

- Kommunale veger betjener hovedsakelig lokalsamfunn, boligområder og landbruksområder.
- Lavere standard og kapasitet sammenlignet med fylkesvegene og riksvegene.
- Trafikkmengden er vanligvis lav, og fartsgrensene kan være begrenset.

## 2.8.5 Vegsystemet

Vegnettet i Norge deles inn i to deler, nasjonale hovedveger (H) og øvrige hovedveger (Hø). Nasjonale hovedvegene knytter sammen landsdeler, regioner og forbinder Norge med utlandet. Dimensjoneringsklassene for hovedveger er inndelt i tre, H1, H2 og H3, hvor ÅDT er dimensjonerende faktor. Dette er illustrert i tabell 6, hvor det er tatt med fartsgrense (Statens vegvesen, 2021).

Tabell 6: Dimensjoneringsklasser for nasjonale veger (Statens vegvesen, 2021)

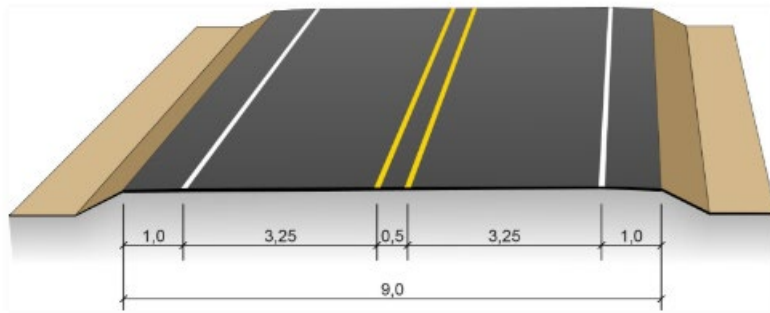
ÅDT	< 6000	6000 – 12 000	>12 000 (>6000)
Fartsgrense [km/t]	80(90)	90	110
Dimensjoneringsklasse	H1	H2	H3

Øvrige hovedveger går mellom distriktene, områder, byer og bydeler. Det er to dimensjoneringsklasser for øvrige hovedveger, Hø1 og Hø2, hvor Hø1 kan dimensjoneres som H1 veg ved ÅDT større enn 4000 og en fartsgrense større eller lik 80 kilometer i timen (Statens vegvesen, 2021). Fullstendig tabell for dimensjoneringsklassene ser vi tabell 7.

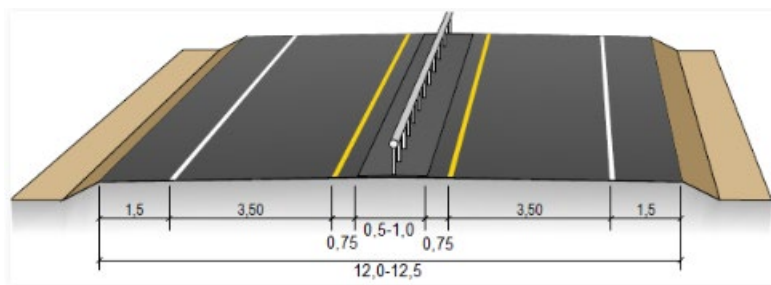
Tabell 7: Dimensjoneringsklasser øvrige hovedveger (Statens vegvesen, 2021)

ÅDT	>4000	>12 000
Fartsgrense [km/t]	80	60
Dimensjoneringsklasse	Hø1	Hø2

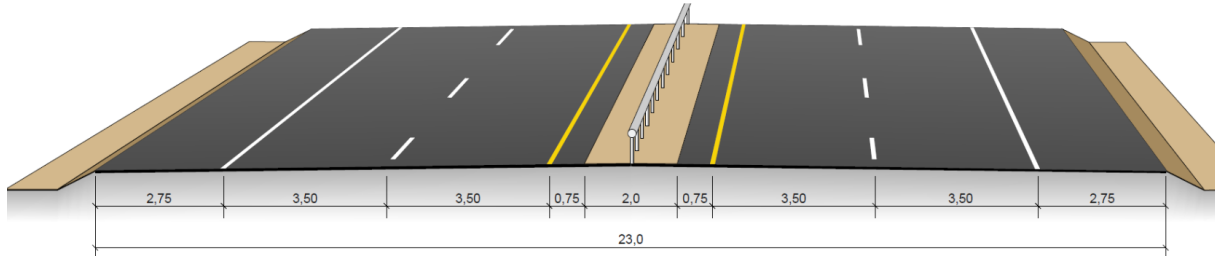
Tverrprofilene til de enkelte dimensjoneringsklassene er illustrert i figur 21 til 25, hvor nærmere beskrivelse finnes i vegnormal *N100 – Veg- og gateutforming*,



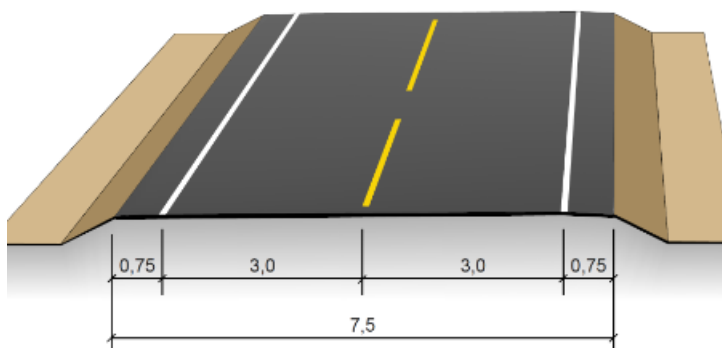
Figur 21: Tverprofil for H1 (Statens vegvesen, 2021)



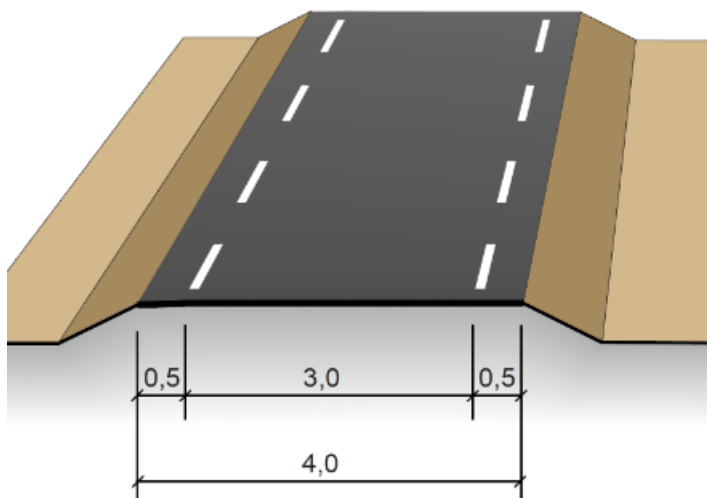
Figur 22: Tverprofil H2 (Statens vegvesen, 2021)



Figur 23: Tverprofil H3 (Statens vegvesen, 2021)



Figur 24: Tverprofil H01, 2-feltsveg og H02 (Statens vegvesen, 2021)



Figur 25: Tverrprofil Hø1 1-feltsveg (Statens vegvesen, 2021)

## 2.8.6 Entreprenør

Partene i et prosjekt kan skilles i tre deler, bestiller, bruker og utførende. I enkelte prosjekter så kan noen av gruppen bli slått sammen, dette er avhengig av hvilken entreprisform en bruker. Ved prosjektene til Statens Vegvesen står de som bestiller, entreprenøren står som utførende og brukerne er trafikantene (Norsk Standard, 2020). Gjennom denne delen skal vi se på hvordan utførende finner og legger inn priser på prosjektene som bestiller ønsker å få utført.

Konkurransesgrunnlaget for bygg- og anleggsprosjekter er beskrevet i NS3450, som inneholder fastsatte regler over hva som skal legges til grunn for tilbudet og utførelse av arbeidet. Anskaffelsesprosedyrene som brukes i dag er:

- Åpen anbudskonkurranse som ikke tillater forhandlinger
- Begrenset anbudskonkurranse som ikke tillater forhandlinger
- Åpen anbudskonkurranse med adgang til forhandling
- Begrenset anbudskonkurranse med adgang til forhandlinger

De to første anbudskonkurransene er i henhold til NS 8400, der de to siste er i henhold til NS8410 (Norsk Standard, 2014). Ferdig utarbeidet konkurransegrunnlag blir utlyst på [doffin.no](http://doffin.no), som er en database for kunngjøringer av offentlige anskaffelser og anskaffelser i



forsyningskvoten som er underlagt EØS-forskriften (Direktoratet for forvaltning og økonomistyring, 2023).

Entrepriseformene kan i dag deles i to, utførelsesentreprise og totalentreprise, der forskjellen ligger i hvor ansvaret for prosjekteringen er. Ved totalentreprise så påtar entreprenøren prosjekteringsarbeidet og utførelsesdelen. Utførelsesentreprise står byggherren for hele eller deler av prosjekteringen, og entreprenøren utfører arbeidet som beskrevet. Kontraktsarbeidet kan deles inn i tre deler, der hver modell har forskjellig hierarkisystem. Ved **delt entreprise** står entreprenørene sidestilt etter avtale med oppdragsgiveren, der de gjennomfører forskjellige deler av byggearbeidet. **Hovedentreprise** innebærer at en entreprenør har ansvaret for den bygningsmessige delen, og tekniske installasjoner gjennomføres på egen kontrakt. **Generalentreprise** innebærer at hele utførelsen blir levert av en entreprenør. (Direktoratet for byggkvalitet, 2012) (Ansaffelser.no, 2022)

I nyere tid så har det blitt utviklet flere samarbeidsformer, der hver form har flere ulike varianter. Disse samarbeidsformene kan vi dele inn i to hovedgrupper, samspillsentreprise og offentlig-privat samarbeid. Samspillsentreprise innebærer å trekke inn alle de involverte parten tidlig inn i prosessen, der oppdragsgivere og utførende får komme med tilbakemelding før tiltaket starter. Offentlig-privat samarbeid er et samarbeid mellom offentlig og privat sektor om et prosjekt, der privat sektor tar en større del av ansvaret til finansiering, utvikling og drift av prosjektet (Norsk Standard , 2014).

### **2.8.7 Ansvarsrett**

Ansvarsrett erklærer entreprenøren eller andre tiltakshavere før byggestart. Forutsetningen for å erklære dette er nødvendig kompetanse i form av utdanning, erfaring og relevant praksis. Kravene til kompetansen øker i takt med tiltaksklassene, hvor tiltaksklasse en er lavest og tre er høyest. Under særskilte prosjekter hvor kompleksiteten og risikoen er stor, så kan tiltaksklasse 4 tre inn. Henhold til PBL§23-1 så kan en dele ansvarsprosessene inn i søkende, prosjekterende, utførende og kontrollerende (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2023).

Tabell 8: Kort oversikt over arbeidsoppgavene til ansvarsgruppene (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2023)

Ansvarlig søker	Representanten overfor kommunen og har ansvaret for at søknadsinnholdet har korrekte opplysninger og informasjon
Ansvarlig prosjekterende	Ansvaret for at prosjektet prosjekteres i samsvar med bestemmelser og tillatelser
Ansvarlig utførende	Ansvaret for at prosjekt blir utført i samsvar med prosjekteringen og kravene for prosjektet
Ansvarlig kontrollerende	Skal kontrollere utførende sitt arbeid og skal være uavhengig fra utførende entreprenør.

## 2.9 Ikke prissatte konsekvenser

Ikke-prissatte konsekvenser refererer til virkninger av et samferdselsprosjekt som ikke kan verdsettes i monetære termer, og som derfor ikke kan tas med i en samlet kostnads-nytte-analyse. Ikke prissatte konsekvenser er inndelt i fem fagtemaer i hht SVVs veileder V712 (Statens vegvesen, 2021): landskapsbilde, friluftsliv/by- og bygdeliv, naturmangfold, kulturarv og naturressurser. Miljødirektoratets veileder M-1941 inneholder også beskrivelser av miljøkonsekvenser som er vanskelig å få prissatt. (M-1941, Miljødirektoratet, 2023)

Statens vegvesens veileder gir anvisninger for hvordan man skal identifisere og vurdere ikke-prissatte konsekvenser i et samferdselsprosjekt. Dette inkluderer blant annet å kartlegge hvilke konsekvenser som ikke kan verdsettes i kroner og øre, å beskrive konsekvensene så klart og tydelig som mulig, og å vurdere konsekvensene opp mot samfunnets verdier og målsettinger. Veilederen påpeker også viktigheten av å involvere berørte parter og interessenter i prosessen med å identifisere og vurdere ikke-prissatte konsekvenser. Dette inkluderer blant annet lokale beboere, næringsliv, interessegrupper og andre relevante aktører.

Det er viktig å merke seg at selv om ikke-prissatte konsekvenser ikke kan verdsettes i kroner og øre, betyr det ikke at de ikke er viktige å ta hensyn til i en beslutningsprosess om et samferdselsprosjekt. Veilederen understreker at en grundig vurdering av både prissatte og ikke-prissatte konsekvenser er avgjørende for å sikre at samfunnets verdier og målsettinger ivaretas på best mulig måte.

Veilederen gir derfor en god oversikt over hva som bør tas i betraktning når man vurderer ikke-prissatte konsekvenser i samferdselsprosjekter, og kan bidra til å sikre en mer helhetlig beslutningsprosess.

## 2.9.1 Økosystemers påvirkning

En myr er et viktig økosystem som gir leveområder for en rekke ulike arter av planter og dyr. Dette er komplekse systemer som lett blir påvirket av menneskelig aktivitet som vegbygging og annen infrastrukturutvikling. Dette kan ha store konsekvenser for det biologiske mangfoldet i området dersom forholdene endres.

Et vegprosjekt kan påvirke myren på ulike måter. En av de viktigste konsekvensene er endringer i vannstanden i myren. Myrer er avhengige av et høyt grunnvannsnivå for å opprettholde et stabilt miljø. Når en veg bygges gjennom en myr, kan dette føre til at grunnvannsnivået senkes, og myren kan tørke ut. Dette kan føre til at plantearter som er avhengige av fuktighet, dør ut, og at dyrearter som lever i myren, mister leveområdene sine.

En annen konsekvens av et vegprosjekt er økt erosjon av myrjordsmonnet. Myrer har et spesielt jordsmonn som er rikt på organisk materiale og har en høy vannmetning. Når en veg bygges gjennom en myr, kan dette føre til at jordsmonnet blir destabilisert og lettere skylt bort. Dette kan føre til at plantearter som er avhengige av det spesielle jordsmonnet, mister næringskilden sin, og at dyrearter som er avhengige av plantene, mister matkildene sine.

En tredje konsekvens av et vegprosjekt er økt tilgang til myren for menneskelig aktivitet. Myrer er ofte sårbare økosystemer som ikke tåler mye forstyrrelser. Når en veg bygges gjennom en myr, kan dette føre til økt tilgang for menneskelig aktivitet som fotturer, sykling og camping osv. Dette kan føre til at dyrearter som er sky og som unngår mennesker, mister muligheten til å leve i myren. Det kan også føre til at vegetasjonen ødelegges, og at hele økosystemet endres. Det skal ofte lite endring til før det kan få fatale konsekvenser for arter i området. Selv ved gode kartlegginger kan det være uforutsette konsekvenser av inngrep og disse kan være irreversible. Derfor har det blitt mer vanlig å handle ut ifra et føre var prinsipp. (Johansen, et al., 2015) (DAG O. HESSENa, 2022)

### Rødlistede arter

I Norge er det flere lover, forskrifter og retningslinjer som regulerer beskyttelsen av rødlistede arter i forbindelse med byggeprosjekter, inkludert vegbygging. I forbindelse med samferdselsprosjekter vil en bli berørt av naturmangfoldloven. Dette er hoved loven som regulerer vern og bruk av naturmangfoldet i Norge. Loven gir beskyttelse til alle truede arter og deres leveområder, og krever at alle prosjekter som kan påvirke naturmangfoldet må

gjennomgå en vurdering av konsekvensene for naturmangfoldet (konsekvensutredning). (Klima- og miljødepartementet, 2016)

Miljødirektoratet har utarbeidet veiledere og retningslinjer for hvordan byggeprosjekter kan gjennomføres på en måte som minimerer påvirkningen på naturmangfoldet. Dette inkluderer blant annet veiledere for vurdering av konsekvenser for naturmangfoldet og for ivaretagelse av truede arter og deres leveområder. (M-1941, Miljødirektoratet, 2023)

I praksis vil byggherrer og entreprenører som skal gjennomføre vegbygging måtte forholde seg til en rekke krav og retningslinjer knyttet til beskyttelse av truede arter og deres leveområder. Dette kan blant annet innebære å gjennomføre en grundig kartlegging av området og artene som befinner seg der, å utarbeide en plan for hvordan påvirkningen på artene kan reduseres, og implementere tiltak for å ivareta artenes leveområder og sikre at de ikke blir forstyrret eller skadet under byggeprosessen.

Myrområder kan lett bli påvirket av inngrep som gir endringer i grunnvannsstanden eller endringer på PH. Vegoverbygningsmetode kan ha stor effekt på miljøkonsekvensene og det er viktig at slike valg skjer etter en nøye og helhetlig vurdering (M-1941, Miljødirektoratet, 2023).

## 2.10 Trafikksikkerhet

Trafikksikkerhet er et viktig argument for utforming av vegtraseer og utbygging og utbedring av eksisterende infrastruktur. Statens vegvesen har fokus på flere områder for å bedre trafikksikkerheten på vegene i Norge. Noen av de viktigste tiltakene inkluderer: Veg- og gateutforming, sikring av farlige punkter, trafikksikkerhetskampanjer og kontroll og håndhevelse. Alt dette er beskrevet nærmere i SVVs håndbøker, spesielt N100 «Veg- og gateutforming». (Statens vegvesen, 2021)

Med tanke på valg av vegoverbygging over myr, er det spesielt setnings og teleproblematikk som har direkte innvirkning på trafikksikkerheten.

En jevn og fin kjørebane er viktig av flere grunner ifølge SVVs N100 (Statens vegvesen, 2021):

1. Bedre veggrep: En jevn kjørebane gir bedre veggrep for kjøretøyene. Dette reduserer risikoen for sladding og tap av kontroll, spesielt under våte eller glatte forhold.
2. Bedre manøverbarhet: En jevn veg gir bedre manøverbarhet for kjøretøyene, noe som er spesielt viktig i situasjoner som forbikjøring, avkjørsler og svinger. Det gir føreren bedre kontroll og reduserer risikoen for ulykker.
3. Redusert slitasje: En jevn kjørebane reduserer slitasje på kjøretøyets dekk og understell. Dette fører til mindre skader på kjøretøyene og reduserer risikoen for tekniske problemer som kan føre til ulykker.
4. Komfortabel kjøreopplevelse: En jevn og fin kjørebane gir en mer behagelig kjøreopplevelse for førerne. Dette bidrar til å redusere stress og tretthet, som igjen kan påvirke førernes evne til å reagere raskt og korrekt i trafikken.

Samlet sett er det viktig å ha en jevn og fin kjørebane for å skape trygge kjøreforhold og redusere risikoen for ulykker. Statens vegvesen arbeider aktivt med å forbedre infrastrukturen og tilstrebe at trafikksikkerheten i Norge er så god mulig.

## **2.11 Utslipp i forbindelse med masseuttak**

Det er vanskelig å gi et eksakt svar på hvor mye CO<sub>2</sub> som slippes ut ved uttak av steinbrudd, da det avhenger av en rekke faktorer som størrelsen på steinbruddet, hvilken type utstyr som brukes, og hvilken type stein som hentes ut.

Generelt sett vil uttak av stein fra et brudd føre til utslipp av CO<sub>2</sub> på flere måter. Først og fremst vil transporten av steinen til og fra bruddet kreve mye energi fra fossile kilder, som gir utslipp av CO<sub>2</sub>. I tillegg vil maskinene som brukes til å bryte og bearbeide steinen, som gravemaskiner og knuseverk, kreve mye energi og er ofte være drevet av fossile energikilder. (Landfield, 2013).

## 2.12 CO2 Ekvivalenter

CO2-ekvivalenter er en måleenhet som brukes til å sammenligne klimapåvirkningen av ulike drivhusgasser. Begrepet ble først introdusert i 1992 i FNs klimakonvensjon, som ble vedtatt i Rio de Janeiro samme år (FN-sambandet, 2021). Klimakonvensjonen hadde som mål å redusere de globale utslippene av drivhusgasser for å forhindre farlige klimaendringer.

CO2-ekvivalenter beregner hvor mye en gitt mengde av en gass bidrar til den samlede oppvarmingen av atmosfæren over en bestemt tidsperiode, vanligvis 100 år. CO2 har en referanseverdi på 1, og alle andre gasser har en verdi som er relatert til deres oppvarmingseffekt i forhold til CO2. Dette gjør det mulig å sammenligne de totale klimapåvirkningene fra forskjellige gasser og utslippskilder. Grunnen til at det er vanlig å bruke en 100års periode er at nedbrytningstiden i atmosfæren er svært ulik. For eksempel er metan en langt mer potent drivhusgass med Globalt oppvarmings-potensiale i et 100-årsperspektiv på 25 (EPA, 2023). Samtidig brytes metan raskere ned, sammenliknet med karbondioksid som kan bli værende i atmosfæren i svært lang tid. Men dette tar GWP100 (Vallero, 2019) hensyn til, derfor vil denne ligge til grunn videre i rapporten. (miljødirektoratet, 2019)



## 3 Prosjektet på Lygna

For å kunne besvare forskningsspørsmålet har vi gjennomført en casestudiet for et prosjekt som er i anbudsprosess. I dette kapitlet forklarer vi hvilket prosjekt vi skal arbeidet med og begrensningen vi har bestemt oss for å løse problemstillingen på en mest hensiktsmessig måte.

### 3.1 Omfang av prosjektet RV4

Riksveg 4 er en vegtrase som går fra Mjøsbrua i nord og til Oslo i sør. Traseen går igjennom Toten, Hadeland og Nittedal, og blir regnet som en av hovedvegene ut av Oslo nordover. Utbygningen på riksveg 4 mellom Roa og Lygna går over 26 kilometer og er delt inn i fem deler. Vegprosjektet som vi skal fokusere på strekker seg mellom Almenningsdelet og Lygnebakken, og vil videre igjennom denne oppgaven hete Lygna.

Riksveg 4 er den mest ulykkesbelastede vegen i Innlandet fylke. Det har skjedd mer enn 150 ulykker med 6 drepte, 3 alvorlige og 27 lettere skadet i løpet av de siste ti årene. Vanligste ulykkestypene var utforkjøring, møteulykker, kryssulykker og ulykker knyttet til påkjørsel bakfra.

Prosjektet blir finansiert ved hjelp av statlige- og bompengemidler og er estimert totalkostnad på 4,77 milliarder kroner, der staten har satt av 1,98 milliarder kroner. Oppstart av prosjektet var 2014 og har en estimert ferdigstillelse til 2024 (Structor Lillehammer AS, 2023).

## 3.2 Lygna

Strekningen over Lygna har i mange år vært en utfordrende strekning for bilister, tungtransport og fotgjengere, der det har skjedd 12 ulykker i perioden 2010 til 2022. Ulykkene har ført til to alvorlige skadd og 16 lettere skadet, og kan relateres til dårlige kurvatur, siktforhold og avkjørsler (Structor Lillehammer AS, 2023). ÅDTen for strekningen er imellom 5000 til 6000 bilister, der største andelen er pendler og helgeutfarten (Amundsen, 2023).

Prosjekt over Lygna har vært igjennom to reguleringsplaner og forslag til utførelse av vegtraseen. Reguleringsplanen som ble vedtatt i 2020 innebærer vesentlig store beslagleggelse av våtmarksområder, med ny trase og kryss med avkjøringsrampe. Ved den nye reguleringsplanen som er på høring så blir eksisterende vegtrase utnyttet og ny trase ved Lygnasæter. Dette beslaglegger vesentlig mindre myr arealer, hvor en samtidig kan opprettholde ÅDT til vejen.

Eksisterende trase går fra Amundrudvegen i sør og opp til Lygnebakken i Nord, og går innom Lygnasæter. Gjennom strekningen er det 70 km/t på søndre parsellen, 80 km/t på nordre parsellen og 60 km/t forbi Lygnasæter. Vegbredden varierer mellom 6,0 til 8,3 meter og har nedsatt bæreevne over store partier av eksisterende strekning. Stigningsforholdet inn mot Lygnasæter fra sør ligger på 6,1%, noe som ikke akseptabelt sammenlignet med vegnormal N100 som er 6%. For mer detaljert informasjon om eksisterende veg, kan en se vedlegg 2



Figur 26: Trase Amundrudvegen – Lygnasæter



Figur 27: Trase Lyngnasæter - Lygnebakken

Landskapet langs parsellen består hovedsakelig av skog, torv, fjell, myr og åpent vann, og har sikre snøforhold grunnet lokasjonen. Dette gjør Lygna skistadion til en skidestinasjon for omegn og har skitraser på øst og vest siden av vegen, som krysses av en eksisterende kulvert. Langs parsellen har det blitt observert Fiolett gulvinge, *Lycaena helle*, som er en dag sommerfugl som er kategorisert som sterkt truet i norsk rødliste for 2021. Denne arten er avhengig av plantearten harerug for å formere, og har blitt observert i området. (Structor Lillehammer AS, 2023)

Vannmiljøet i den søndre delen av riksveg 4 består av vassdragene Garpa og Skjerva, hvor Garpa krysser dagens parsell og møter Skjerva som renner sørover. Lenger nord i parsellen krysser mindre bekker. Øst for eksisterende veg ligger resipienten Lygnavannet som samler tilrenninger fra bekker i sør og øst. Lygnaelva har utspring i nordenden og renner langs dagens riksveg 4 nordover, før den krysser vegen ved Lygnebakkbrua og munner ut i Einavatnet.

### 3.3 Anbudsgrunnlag

Anbudsgrunnlaget for vegstrekningen over Lygna omhandler Riksveg 4, gang & sykkelsti, overgangsbru, kommunale veger og elektriske arbeid. Riksveg 4 strekker seg over fem kilometer, og skal inkludere kryss, snuplasser og hvileplass for tunge kjøretøy.

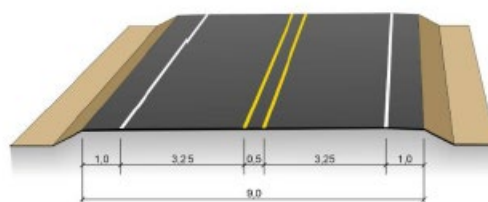
Kontraktformen for prosjektet er totalentreprise, der entreprenørene konkurrerer om pris og beste løsning.

Beskrivelsen av strekningene går fra Kortungen som er null til Lygnebakken som er 5000 og er referert fra vedlegg 2. Fra Kortungen til Bomstasjonen vil det bli gjennomført en breddeutvidelse på østsiden av vegen fram til 1200 og fra 1200 til 1740 på vestsiden. 1740 til 2340 vil vegen legges i ny trase over våtmarksområdet. Videre skal det bli gjennomført breddeutvidelse på østsiden fram til Lygnebakken.

Siden det er observert dårlig bæreevne mellom 350 til 1740, så er det aktuelt med masseutskifting av eksisterende veg overbygning. Dette gjelder hele vegbredden og må avtales med byggherre ved prosjekt start.

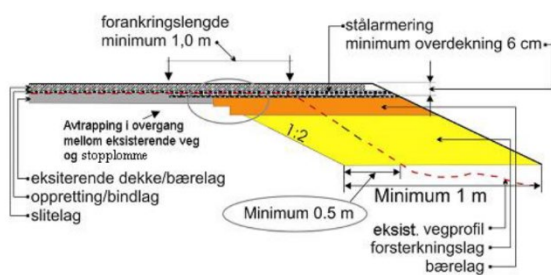
Ny trase mellom 1740 og 2340 skal dimensjoneres etter vegklasse H1 etter N100, hvor fartsgrensen som legges til grunn er 80 km/t. Dette innebærer en vegbredde på 9 meter, med 3,25 meter kjørebane, 1 meter vegskulder og 0,5 meter midtoppmerking..

Ved breddeutvidelsen skal det utføres spleis, som er illustrert ved figur 20. Leverandørene skal dimensjonere overbygningen i.h.h.t. N200 og skal foreslå materialvalg for sin prosjekteringsløsning. (vedlegg 1)



Figur

28: Tverrprofil for vegklasse H1 (Statens Vegvesen, 2021)



Ved undergrunn av kvalitet T2 eller bedre kan armering med stålnett sloyfes, kun trapping.

Figur 29: Prinsipp ved spleis (Statens Vegvesen, 2022)

For å øke trafikksikkerheten på riksveg 4 så skal enkelte innkjørsler stenges eller flyttes, slik at det blir mindre utkjørsler. Et større tiltak vil være krysset som opprettes i vegområdet 2125, som vil være tilknyttet tungbilparkeringen, rasteplass, fylkesveg 180 og Lygna hytteområdet. Eksisterende bru ved 2530 skal saneres etter gjeldene forskrifter, hvor det skal utarbeides en miljøsaneringsrapport med tilhørende saneringsplan. (Vedlegg 1)

Geotekniske undersøkelser for prosjektet ble gjennomført i perioden 2020 til 2022, og omfatter 170 totalsondering og 46 enkeltsondering. Ved disse undersøkelsene kan en konstanter at gjennomsnittsdybden på myren mellom 1740 og 2340 er to meter og maksdybde er seks meter. Rapport B11700-GEOT-03 sine vurderinger er å gjennomføre masseutskiftning av humusholdig/organisk materialer med sprengstein, siden eksisterende masser er setningsgivende. Utdypende informasjon kan en finne i vedlegg 3.



Figur 30: Gjennomsnittsdybde ved ny trase

### 3.4 Spesifisering av valgt området

For å kunne besvare problemstillingen så ønsker vi å sette søkelys på den nye traseen, 1740 til 2340, som går over våtmarksområdet. Over denne traseen skal vi komme med en anbefaling på den totalt sett beste metoden å bygge veg over våtmarksområdet på Lygnasæteren. Da skal vi ta utgangspunktet i anbudsdokumentene som er beskrevet over og som ligger i vedlegget.

Hva legger vi til grunn for den beste løsningen over Lygnasæteren? Vi skal ta for oss kostnadene og CO<sub>2</sub>-utslippet for metodene som er nevnt i teorien over. Avgrensningen for casestudiet er grunnforsterkning og vegoppbygning. Da ser vi bort i fra overvannshåndtering, tekniske løsninger og det nye krysset ved Lygnasæteren. I vurdering vil vi også ta hensyn til egnetheten for utførelsesmetode og ettervirkningene som en kan forvente.

Over et område ved den nye traseen så har vi observert dype områder med myr. Her ønsker vi å utforske alternative løsninger, eventuelt kombinere flere løsninger.

# 4 Metode

Dette kapitlet omhandler metodikken i oppgaven og valg av metode for å kunne besvare problemstillingen.

## 4.1 Valg av forskningsmetode

For å kunne besvare problemstillingen har vi benyttet kvantitativ og kvalitativ metode.

### 4.1.1 Kvantitativ metode

Kvantitativ forskningsmetode er innsamling og analyse av kvantitative data. Dette vil si data som angår mengder og kan måles i tall. Innsamlingen av dataene ble gjort ved hjelp av samtaler med Rådgivere, hvor vi på forhånd hadde valgt ut hvilke verdier som var relevant for problemstillingen. (Grønmo, 2023).

### 4.1.2 Kvalitativ metode

Kvalitativ forskningsmetode er innsamling av data som foreligger i tekst, som vil si data som ikke inneholder tall. Denne dataen har vi benyttet for å argumentere valg av CO<sub>2</sub> og kostnader. Innsamlingen for denne metoden har vært ved intervjuer og forskningsartikler fra tidligere prosjekt (Grønmo, 2023).

## 4.2 Organisering av informasjonsinnhenting

Primærkildene for denne rapporten er Statens vegvesens sine håndbøker, som inkluderer Normaler, retningslinjer, vegledninger og rapporter. Vegnormalene er hovedkilden til hvordan vegene er konstruert, der vegledninger, retningslinjer og rapporter støtter opp som tilleggslitatur. De mest brukte vegnormalene i denne oppgaven er *N100- veg- og gateutforming*, *N200-vegbygging* og *N400- brubygging*.

Søkemotorene vi har benyttet er *google.no* og *ntnuopen.ntnu.no*, hvor utsnitt av søkeliste finnes i tabell 9.

Tabell 9: Søkelise

Søkemotor	Søkeord	Treff
Google.no	Myr	138 000 000
Google.no	Vegbygging over myr	11 600
Google.no	Vegbygging metoder over myr	7 470
NTNUopen.no	vegbyggings metoder over myr	55

### 4.2.1 Innhenting av verdier

Når en skal prissette et samferdselsprosjekt i anbudsfasen er det svært vanlig å gjøre antagelser ut ifra liknende prosjekter fra tidligere. Ut ifra dette, sammen med erfaring, antatt prisstigninger og prisindeks kan en gjøre et kvalifisert overslag av hva det fremtidige prosjektet vil komme til å koste. Priser kan variere mye ut ifra grunnforhold, beliggenhet, kompleksitet osv. Det er betydelig usikkerheter knyttet til prising i de fleste prosjekter og er alltid «ferskvare» på grunn av råvarepriser, renter og inflasjon.



Priser vi legger til grunn i denne oppgaven er i hovedsak hentet fra norsk prisbok (Norsk Prisbok, 2022) og Norconsults database på anslagsprosesser, samt intervjuer og erfaringstall fra Trond Holemstad i Norconsult som har 25 års erfaring med anslag.

Siden så godt som alle kontrakter er hemlighetsstemplede med tanke på anbudsprosessene, vil vi ikke kunne referere til konkrete tall tilknyttet tidligere prosjekter. Prisestimatene vi gir er kvalifiserte anslag, og må vurderes i lys av dette.

#### **4.2.2 Kildekritikk**

Under litteratur innhenting av problemstillingen har vi selektert kildene etter utgivelses dato og gyldighet. Det finnes noen kilder som er utgitt på seint 1900-tallet og tidlig 2000-tallet, siden det er ikke mulig å oppdrive nyere studier. Mye av litteraturen bygger på hverandre, spesielt ved bruk av vegnormaler og vegledninger fra Statens vegvesen.

Kostnad- og CO<sub>2</sub>verdier er hentet som erfaringstall fra tidligere prosjekter, og vi har ikke muligheter til å ettegå dem. Imidlertid så har vi gjennomført egen kalkulering av usikre verdier, noe som ga oss vesentlige høyere verdier. Dette er en potensiell feilkilde i utregningene våre.

Gjennomføring av casestudiet innebærer rikelig og relevant informasjon fra byggherre. Som en tredjepart så kan det forekomme endringer i tegningsgrunnlag, geotekniske undersøkelser m.m. som kan ha en innvirkning på sluttproduktet. En konsekvens av dette kan være at casestudiet ikke kan etterprøves av andre, grunnet endringene.

Feil i kartdata og kote-høyder kan forekomme, samt geotekniske undersøkelser. Spesielt myrdybder, avstand ned til fjell og fjellkvalitet er kritiske verdier for gjennomføring av casestudiet.

## 4.3 Excel

For å kunne løse problemstillingen ved tall, så har vi benyttet Excel som utregningsverktøy. Hensikten ved å bruke excel er gjøre utregningene oversiktlig og brukervennlig. I dette kapitlet skal utdype Excel programmet, med dens utregninger og antakelser som ligger til grunn.

### 4.3.1 Hvorfor bruke Excel?

Excel er et beregningsprogram som er utviklet av Microsoft og er del av officepakken NTNU tilbyr. En av argumentene for å velge Excel var brukervennligheten for brukerne og flertallet kjenner til programvaren. Vi vurderte å bruke programmeringsprogrammet *Phyton*. Dette programmet gikk vi vekk fra på grunn av brukergrensesnittet og at *phyton* krever egen nedlastning.

Fordelen ved å bruke Excel er at alle kjenner til programvaren og har det nedlastet på datamaskinen. Det foreligger mer kunnskaper rundt Excel, siden flere studieemner stilte krav til bruk av dette.

## 4.4 Oppbygning, utregning og antakelser av Excel

### 4.4.1 Innputt

Innputt-fanen er området hvor brukeren av programmet kan legge inn generell informasjon om myren. Dette kan være ÅDT, vegtype, trafikkgruppe, myr lengde m.m. Informasjonen som legges inn i innputten kan en enkelt finne i reguleringsplaner og anbudsdokumenter. Celler med fargen oransje er innputt celler, hvor en kan skrive inn verdier eller bruke rullegardinmenyen.

Vegtype og vegklasse kan en velge hvilken vegtype en skal bygge. Her kan en velge mellom Europaveg, riksveg, fylkesveg og kommunalveg. Det utføres ved hjelp av rulle gardinen som vist i figur 31.

Vegtype og vegklasse		
Hva?	Verdier	Enhet
Valg av vei	Fylkesv.	
ÅDT	Europav. Riksv. Fylkesv.	
Trafikkgruppe	Kommunev.	
<b>Veiledende vegklasse</b>		
Ønsket vegklasse	H1	

Figur 31: Vegtype og vegklasse med rullegardin.

Neste punkt er ÅDT for aktuelle vegstrekningen og valg av trafikkgruppe. Ved denne informasjonen vil *veiledende vegklasse* vise anbefalt vegklasse, som kan overstyres med *ønsket vegklasse*.

Vegtype og vegklasse		
Hva?	Verdier	Enhet
Valg av vei	Fylkesv.	
ÅDT	5800	
Trafikkgruppe	F	
<b>Veiledende vegklasse</b>	<b>Hø2</b>	
Ønsket vegklasse	H1	
	0 H1 H2 H3 Hø1 Hø2	
<b>Myr- og ve</b>		
Hva?		Enhet

Figur 32: Vegtype og Vegklasse

Gjennom valgene som ble utført tidligere så vil aktuelle *vegbredden* for vegklassen komme opp. Ved å velge *vegskråning* kan en bestemme skråningsforholdet, fra 1:1 til 1:5. Punktene *strekning på myr*, *gjennomsnittsdybde*, *maksdybde myr* og *dybde til forankingspunkt/fast underlag* kan en finne i geotekniske rapporter eller reguleringsplaner. *Øvrig beslaglagt areal* regnes som utenforstående arealer som har tilknytning til veg, f.eks. av- og påkjøringsramper, midtdeler, busslomme m.m. *Kubikk myr berørt* er gitt ved formel 1;

*Formel 1: utregning av kubikk myr berørt*

$$\left( \text{Vegbredde} + \frac{\text{forsterkningslag} * \text{skråningsforhold}}{2} * 2 \right) * \text{strekning på myr} * \text{gjennomsnittsdybde}$$

*Utslippsfaktor myr* er hentet fra V712-konsekvensutredning og NIR2022 og har forskjellige verdier, 0,10095 og 0,1685 tonn CO<sub>2</sub> Eq/m<sup>3</sup>, som en kan se i teorien over. Enkelte prosjekter så kan en sette av myr til restaurering av andre myr områder, dette blir ikke regnet som tapt myr og kan legges inn under *myr brukt til restaurering*. Ved enkelte prosjekter så er det nyttig å bruke eksisterende myr masser på anlegget, under *prosent resirkulert på plassen* kan en legge inn prosenten for det.

Myr- og veginformasjon		
Hva?	Verdier	Enhet
<b>Vegbredde</b>		<b>9 m</b>
Vegskråning		1:1
Strekning med myr		600 m
Gjennomsnittsdybde myr		2 m
Maksdybde myr		3 m
Øvrig beslaglagt areal		1000 m <sup>2</sup>
Dybde til forankringspunkt/fast underlag		10 m
<b>Kubikk myr berørt</b>		<b>14 120,00 m<sup>3</sup></b>
Utslippsfaktor myr	NIR 2022	
<b>Utslippsfaktor myr pr. m3</b>		<b>0,1685 tonn eq/m<sup>3</sup></b>
Myr brukt til restaurering		1000 m <sup>3</sup>
Prosent resirkulert på plassen		20,0 %

*Figur 33: Myr og veg informasjon*

*Transport til deponeringssted* er avstanden til deponeringssted av myrmassene. *Masse hentet i fra:* kan en velge mellom grustak og anlegg, der anlegg kan være et nærliggende prosjekt som skal kvitte seg med masser og grustak er produserte masser. *Velg peletyper* kan en velge hvilken peletype som er ønskelig å bruke som fundamentering over vegstrekningen.

Transport og Fundamentering		
Transport til deponeringsted T/R	140	km
Avstand til masseuthenting T/R	6	km
Masse hentet i fra:	Grustak	
Velg peletype	Kalksementpeler	

Figur 34: Transport og fundamentering

Verdiene i figur 35 er hentet fra vegnormal 200 – vegbygging, tabell 3.4.3-1 og 3.4.3-2 for forsterknings- og bærelaget, hvor dekkelaget er det blitt benyttet tabell 3.1.4.2-1 (Statens vegvesen, 2018).

<b>Forsterkningslag</b>		
grunnlag forsterkningslag	1	m
Forsterkningslag lav bæreevne	0,1	m
sum forsterkningslag	1,1	m
<b>Bærelag</b>		
Ap	0,1	m
Ag	0,07	m
<b>Dekkelag</b>		
Ab	0,16	m

Figur 35: Forsterkning-, bære- og dekkelag

## 4.4.2 Utregninger og antagelser

### Oppsett av programmet

Oppsettet av Excel programmet er gjort likt ved alle metodene, slik at vi kan sammenligne verdiene med like vilkår. Det er noen poster som vil være tomme under enkelte metoder. Dette er på grunn av relevansen til posten ikke er aktuell eller at verdiene er lik null. Figur 36 viser inndelingen.

### 4.4.3 Masseutskifting

**Massebehov** er bygget opp med kubikk myrmasser og forsterkningslag. Utregningen for forsterkningslaget har vi tatt hensyn til grøfteskråningen og den varier etter valgene som er utført under innputt.

Massebehov
Utslipp CO2
Tap av myr
Transport av masser
transport til deponi
masseutvinning
Utslipp maskiner på anlegget
Utslipp asfaltering
SUM
Pris
Riggkostnader
Vegfylling
Vegdekke
Transport
Masseutskiftningsarbeid
Avgifter
Geoteknisk arbeid
Anleggsveger

Figur 36: Oppdeling av postene

Formel 2: Utregning av forsterkningslaget

$$\text{forsterkningslag} * \text{lengde myr} ( \text{vegbredde} + \text{forsterkningslag} * \text{vegskrånin} )$$

## CO2

**Tap av myr** så har vi brukt utslippsfaktoren som en velger fra innputt og ganget det opp med antall kubikkmeter myr tatt ut.

**Transport av masser** viser transport utslippet for å transportere nye masser til prosjektet. I denne utregningen benytter vi verdiene fra vegLCA(vedlegg 6) på 0,0486 kg CO<sub>2</sub> per tonn og kilometer, og utregningen blir som vist i formel 3.

Formel 3: Transport av masser

$$\text{massebehov} * \text{Distanse til deponi} * 0,0486 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{km} * \text{tonn}} * 10^{-3}$$

**Transport til deponi** er utregnet på samme metode som vist i formel 3, bortsett fra at en reduserer totale massen med antall prosent som er oppgitt i innputten. Formel 4 viser utregningen.

Formel 4: Transport av masser til deponi

$$\text{Kubikk berørt myr} * \text{Distanse til deponi} * (1 - \text{resirkulert på plassen}) * 0,0486 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{km} * \text{tonn}} * 10^{-3}$$

**Masseutvinning** utslippet så har vi flere faktorer som trer inn og kan gi forskjellige utslag. Det første valget som avgjør, er om en skal bruke pukk fra grustak eller fra et annet anleggsprosjekt. Ved å velge anleggsprosjekt så blir det lik null, der grustak avgir CO<sub>2</sub> ved produksjon av sprengstein. Den andre faktorer som spiller inn er gjennomsnittsdypde på myren. Ved en myrddybde lavere enn 3 meter så har vi lagt til grøftesikring i form av spunting, som avgir CO<sub>2</sub> ved produksjon av stålet. Forsterkningslaget blir hentet fra grustak, på grunn av de bestemte fraksjonsstørrelsene en skal bruke.

Antagelsene vi har utført er å bruke omregningsfaktorene 1.6

(Norges tekniske naturvitenskapelige universitet, 2016), som gjør fastkubikk til løs kubikk, og deler det med egenvekten til stein.

Formel 5: Omregningsfaktor fra fast kubikk til løs kubikk

$$\frac{2,5 \frac{\text{Tonn}}{\text{m}^3}}{1,6 (\text{faktor})} = 1,5625 \frac{\text{tonn}}{\text{m}^3}$$

Formel 5 viset utregningen og verdiene vi ønsker å bruke videre. Utslippet på masseutvinningen er hentet fra vegLCAen (vedlegg 6) og settes som  $3.15 * 10^{-3}$  kg CO<sub>2</sub> per

kg. Massene en benytter i denne utregningen er *kubikk berørt myr* og *forsterkningslaget* som blir tatt hensyn til ved *massebehov*, som er vist ved formel 6.

*Formel 6: CO2 utslipp ved produksjon av masser ved grustak*

$$3,15 \frac{\text{Kg CO2}}{\text{tonn}} * \text{massebehov}[\text{m}^3] * 1,5625 \frac{\text{tonn}}{\text{m}^3}$$

Utregningen av spunt har vi delt inn i forskjellige poster, som var forgraving, opp- og nedrigging av spuntarbeid, oppstilling for nedramming av spunt og Z-spunt. CO<sub>2</sub>-verdiene er hentet fra norskprisbok.no.

Forgraving før spunt så blir det å fjerne topplaget av myren, der CO<sub>2</sub> verdien er oppgitt per meter.

*Formel 7: Fjerning av topplaget*

$$2,74 \frac{\text{CO2 eq}}{\text{m}} * \text{strekning med myr} * 2$$

Z-spunt verdien er oppgitt som CO<sub>2</sub> per kvadrat, og utregningen er vist under

*Formel 8: CO2 av Z-spunt*

$$95,62 \frac{\text{CO2 eq}}{\text{m}^2} * \text{gjennomsnittsdypde} * \text{strekning med myr} * 2$$

For oppstilling for nedramming av spunt er en rundsum, men vi tolker det som CO<sub>2</sub> per flytt. Vi antar at spuntveggen har en bredde på 0,6 meter og 2 rekker med spunter, som gir det følgende formel:

*Formel 9: Co2 utslipp for oppstilling av spuntrigg*

$$214 \frac{\text{CO2 eq}}{\text{flytt}} * \frac{\text{Strekning på myr}[\text{m}]}{0,6 \frac{[\text{m}]}{\text{flytt}}} * 2$$

Summen av alle formelen med retningslinjene som er nevnt over, så får vi Co<sub>2</sub> utslippet på masseutvinningen..

**Utslipp maskinerier på anlegget** har vi estimert hvor mange kubikk masser som blir transportert og flyttet på. Verdiene er hentet fra vegLCA(vedlegg 6)- skjemaet som er utarbeidet av Norconsult og ganget med 2,7 kgCO<sub>2</sub> per liter (Miljødirektoratet , 2020), siden

verdiene som er oppgitt i skjemaet er liter per kubikk. Under masseutskiftning har vi regnet med gravemaskiner, hjullaster og valser. Ved utledningen av utregningen så vil vi dele det opp i maskintypene.

Gravemaskin har et utslipp på 0,705 kg CO<sub>2</sub> eq per løse kubikkmeter og hjullaster har et utslipp på 0,243 kg CO<sub>2</sub> per løse kubikkmeter. Utregningene er like der eneste forskjellen er CO<sub>2</sub> verdien.

*Formel 10: Gravemaskin/hjullaster utregning*

$$0,705 \text{ eller } 0,243 \frac{\text{CO}_2 \text{ eq}}{\text{l m}^3} * (\text{massebehovet} + \text{kubikk myr}) * 10^{-3}$$

Valsing har et utslipp på 0,054 kg CO<sub>2</sub> per kvadratmeter og skal blir utført etter hver meter med masse som legges ut. Ved utregningen så gikk vi ut ifra største areal og brukte den under hele utregningen. Dette arealet avhenger om hvilken skråningsvinkel en velger å benytte seg av og forsterkningslaget. Ved å finne antall turer så bruker vi dybden som referanse, der hvor en meter er en tur. Utregningen vil se slik ut:

*Formel 11: Utslipp med valsing av arealet*

$$(\text{Vegskråning} * \text{vegforsterkning}[m] + \text{vegbredde}[m]) * \text{strekning på myr}[m] * (\text{gjennomsnittsdypde} + \text{forsterkningslag}) * 0,054 \frac{\text{CO}_2 \text{ eq}}{\text{m}^2}$$

Summen av formlene over vil gi utslipp av maskiner på anlegget.

## Pris

**Riggkostnadene** er prosent påslag av totalprisen, hvor en kan bestemme påslaget i innputt arket. I en normal anbudsprosess så er det normalt å sette dette som 20 prosent av totalkostnadene av prosjektet.

**Vegfyllingen** inneholder priser for fyllingsmassen. Prisen for fyllingsmassen har vi satt til 170,75 kr/tonn, og er gjennomsnittet av sprengstein prislister. Denne prisen blir valgt om en velger «grustak» i innputten. Omgjøringen fra m<sup>3</sup> til tonn bruker vi verdien 1,56, som er utledet i formel 5.



Formel 12: Utregning av pris for vegfylling

$$170,75 \frac{\text{kr}}{\text{tonn}} * \text{myrmasse kubikk}[m^3] * 1,5625 \frac{\text{tonn}}{m^3}$$

Tabell 10: Priser vegdekke

**Vegdekke** dekker kostnader som forsterkningslag, bærelag og slitelag, og er oppgitt som pris per kvadrat. Prisene kan endre seg etter vegtypen og er listet opp i tabell 10. Innhenting av prisene kommer Trond Holmstad i Norconsult. Utregningen er vegarealet ganget med prisen.

H1	800 kr/m <sup>2</sup>
H2	900 kr/m <sup>2</sup>
H3	1000 kr/m <sup>2</sup>

**Transport** kostnadene er satt til 6 kr per kilometer og kubikkmeter kommer fra Trond Holmstad i Norconsult. I denne prisen så bruker vi verdiene som er oppgitt under innputt, *transport til deponisted* og *avstand til masseuthenting*, og den totale massen en ønsker å transportere. Når vi har regnet ut massene så har vi tatt hensyn til prosent gjenbruk av masser på plassen. I denne utregningen er det ikke tatt hensyn til om *myr brukt til restaurering* sine transportmuligheter. Formelen for denne transport utregningen er gitt under;

Formel 13: Transportkostnader

$$\begin{aligned} & (\text{Massebehov}[m^3] * \text{avstand til masseuthenting}[km] + \text{transport til deponisted}[km] \\ & * \text{kubikk myr berørt}[m^3] * (1 - \text{prosent resirkulert på plassen})) * 6 \frac{\text{kr}}{m^3 * km} \end{aligned}$$

**Arbeidet** inneholder pris for flytting av masser og grøftesikring med spunt. Grøftesikringen blir aktivert ved gjennomsnittsdypde under 3 meter. Prisene for masseforflytting er hentet fra Trond Holmstad i Norconsult, og er estimert til 400kr per m<sup>3</sup>. Spuntplatene og arbeidet er hentet fra norskprisbok.no, og er listet opp i tabellen under. Utregningene under blir todelt, flytting av masser og grøftesikring.

Tabell 11: prisoversikt for spunt

Z-spunt	3125 kr/m <sup>2</sup>
Forgraving før spunt	1008 kr/m
Opp- og nedrigging av spuntarbeid	77466 kr
Oppstilling for nedrammung av spunt	3873 kr/flytt

Formel 14: Pris masseutskifting

$$\text{Massebehov} * 400 \text{ kr/m}^3$$

Utregningen for spunt så har vi gjennomført samme antakelsene som masseutvinning.

$$77466 + \left( 1008 + 3125 * \text{gjennomsnittsdypde} + \frac{3873}{0,6} \right) * \text{lengde myr} * 2$$

**Avgifter** regnes som deponiavgift for myrmassene, som vi har satt til 50 kr per kubikkmeter. Prisen kommer etter intervju med Jon Berg Raaen i Hæhre entreprenør, hvor vi snakket om prosjektet mellom Roa-Grans grense. I utregningen så har vi tatt hensyn til *myr brukt til restaurering og prosent resirkulert på plassen*, hvor formelen vil e noe slikt ut;

Formel 15: Utregning avgifter

$$\begin{aligned} & (\text{Kubikk myr berørt}[m^3] - \text{myr brukt til restaurering}[m^3]) \\ & * (1 - \text{prosent resirkulert på plassen}) * 50 \text{ kr/m}^3 \end{aligned}$$

#### 4.4.4 Fortrengning

Ved fortrengning så har vi gjennomført relativt like utregninger som masseutskifting, og like poster vil bli referert til aktuelle formler og tekst.

**Massebehovet** så benytter vi samme utregning og antakelse som 4.6.3. *masseutskifting*, og er en konservativ verdi.

#### CO<sub>2</sub>

**Tap av myr** har vi gjennomført tilnærmet like utregning som er vist i formel 2, utenom at verdien blir delt på to. Ved å dele på to så tar vi hensyn til myrmassene som bryter grunnvannshøyden og begynner å råtne. Dette er forklart i kapittel 2,3 *massefortrengning*.

*Transport av masser, masseutvinning, utslipp på anlegget og utslipp asfaltering* er like utregninger som 4.6.3 *masseutskifting*.

**Transport av til deponi** blir ikke utført, siden massene ikke blir tatt ut.

#### Pris

**Riggkostnader, vegfylling, vegdekke og arbeid**(ser en bort i fra spunten) er tilsvarende lik utregning som 4.6.3 *masseutskifting*, og kan referere til formel 12 for utregning.

**Transport prisen** så har vi benyttet avstanden til knuseverket eller anlegget og ganget med massebehovet. Prisen vi bruker er 8 kr per kubikkmeter og kilometer, og er vist i formel 13. Forskjellen mellom formel 13 og forbelastnings transporten er at transport til deponi er fjernet.

**Avgifter og anleggsveger** utgår i dette tilfellet.

#### 4.4.5 Forbelastning

**Massebehovet** for forbelastning så har vi antatt at konsoliderings prosessen krever halvparten av kubikkmeter berørt myr og forsterkningslaget. Utregningen for forsterkningslaget ser en på formel 2, som en plusser på halvparten av berørt kubikk myr.

**Tap av myr og transport til deponi** utgår på grunn av en ikke berører myren på denne metoden.

**Transport av masser, masseutvinning, utslipp maskiner på anlegget og utslipp asfaltering** har lik utregning som 4.6.3 *masseutskiftingen*.

#### Pris

Utregningene for **riggkostnader, vegdekke, transport** og geotekniske arbeid er lik som 4.6.4 *fortrengning* og 4.6.3 *masseutskifting*, som er nevnt tidligere.

**Vegfyllingen** så benytter vi nesten samme utregning som metoden nevnt under 4.6.3 *masseutskifting*. Det som skiller metodene er halvering av massene, som er gjennomført ved forbelastning.

**Arbeid** så benytter vi prisen som er nevnt under 4.6.3 *masseutskifting*, 400 kr per kubikkmeter, og ganger det opp med antall kubikkmeter. Siden forbelastning krever tid for å konsolidere myren, så antar vi at det ikke blir arbeid under denne prosessen. Vi har satt et estimat på 8 måneder konsolideringstid per meter, som vi skal bruke til å regne ventetid. Dette har vi satt til fem årsverk, der ett årsverk er en million kroner. Da blir formelen slik;

*Figur 1: Utregning av arbeid med forbelastning*

$$\text{Massebehov} * 400 + \text{gjennomsnittsdypde} * \frac{8}{12} * 5 * 10^6$$

#### 4.4.6 Pelers

Ved arbeid av prosjektet har vi besluttet å lage en Excel-ark for pelers, hvor en kan velge peletype tidlig i programmet. Peletypene som en kan velge er kalksementpelers, betongpelers og stålkjernepelers.

Utrekningen av pelers har vi gjennomført mange antakelser på CO<sub>2</sub> og priser, siden problemet har vært å finne sikre kilder på valgene som en må gjennomføre. Det vil bli referert til samferdselsprosjektet mellom Roa og Gran, siden de har sttt på like problemer.

Monteringsprosessen avgjøres om grunnforholdene og dybde, hvor vi har fokusert på dybde. Er det grunnere enn syv meter, så skal pelene borres ned og ramming er ikke et alternativ. Ved større dybde kan en velge, men denne funksjonen har ikke noen funksjon på verdiene vre.

**Overbygning veg** er utrekningen på lik metode som forsterkningslaget i formel 2. Ved **transport av masser, masseutvinning og utslipp asfaltering** har vi benyttet utrekningen som beskrevet i 4.6.3 *masseutskiftning*.

**Tap av myr og transport til deponi** utgår i denne utrekningen.

**Utslipp maskiner** på anlegget har vi funnet CO<sub>2</sub> utslippet for ulike anleggsmaskiner som er relevant for denne arbeidsprosessen. CO<sub>2</sub>-utslippet er hentet fra vegLCA(vedlegg 6) og enkelte nettsider, og vil bli vist i tabell 12. Verdiene som en hentet fra vegLCAen var liter per kubikk- eller kvadratmeter og kWh per tonn. Ved nedramming av pelers så benytter vi en elektrisk rammemaskin som vi regnet om til kWh per meter (Konkka, 2022). Dette er kun et estimat, siden grunnforholdene til prøveprosjektet ikke ble oppgitt.

Tabell 12: CO<sub>2</sub>- utslipp anleggsmaskiner

Hva	Dieselforbruk	Enhet	CO <sub>2</sub>	Enhet
Gravemskin	0,26	liter/lm <sup>3</sup>	0,702	kg CO <sub>2</sub> /lm <sup>3</sup>
hjullaster	0,09	liter/lm <sup>3</sup>	0,243	kg CO <sub>2</sub> /lm <sup>3</sup>
Kompremering med vals	0,02	liter/m <sup>2</sup>	0,054	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Kalksement stabilisering	0,0036	liter/kg KC pel	0,00972	kg CO <sub>2</sub> / Kg KC pel
Løft med Trnkran	27,1	kWh/tonn	0,2168	kg CO <sub>2</sub> / tonn
Montering av peling (Konkka, 2022)	9,9	kWh/m	0,0792	kg CO <sub>2</sub> / m

Omgjøringen fra liter til kg CO<sub>2</sub> er forklart under 4.6.3 *masseutskifting*, og omgjøringen fra KWh til kilogram CO<sub>2</sub> bruker vi 3 gram CO<sub>2</sub> per KWh (Eliston, 2021). Utregningene er oppdelt i peleypene, hvor summen av utslippet utgjør **utslipp anlegg**.

For kalksement så antar vi å plassere 1 meter mellom hver pel i bredden og 0,7 meter i dybden, og pelediameteren er 0,8 meter. Egenvekten til sementen er på 2,4 tonn per kubikkmeter (Norsk Standard , 2019)

*Formel 16: Utregning antall kalksementpeler*

$$\text{antall peler} = \frac{(\text{vegbredde}[m] + \text{forsterkningslag}[m] * \text{vegskråning}) * \text{lengde myr}[m]}{0,7m * 1m}$$

*Formel 17: Utregning CO<sub>2</sub> kalksement peler*

$$2400 \frac{kg}{m^2} * (0,4m)^2 * \pi * 9,72 * 10^{-3} * \text{gjennomsnittsdypde} * \text{antall peler}$$

For betongpeler så benytter vi 2 meter i bredden og 2,5 meter i lengden. Denne antakelsen kommer etter samtale med prosjektingeniør Jon Berg Raaen i Hæhre entreprenør den 8. mai 2023, hvor vi snakket om løsningene som har blitt gjennomført på samferdselsprosjektet Roa-Gran. Videre så benyttet vi egenvekt til armert betong 2,5 tonn per kubikkmeter (Norsk Standard , 2019) og P370 betongpeler med dimensjonene 0,37x0,37.

*Formel 18: Utregning antall betong- og stålkjernepeler*

$$\text{antall peler} = \frac{(\text{vegbredde}[m] + \text{forsterkningslag}[m] * \text{vegskråning}) * \text{lengde myr}[m]}{2,5m * 2m}$$

*Formel 19: Utregning CO<sub>2</sub>-utslipp ved løfting og ramming av betongpeler*

$$\left(0,22 \frac{CO_2}{\text{tonn}} * 2,5 \frac{\text{tonn}}{m^3} * (0,37m)^2 + 0,08 \frac{CO_2}{m}\right) * \text{antall peler} * \text{gjennomsnittsdypde}$$

For stålkjernepeler bruker vi samme antagelse som betongpeler, som en kan se i formel 18. Dimensjonen på pelene er 0,2 meter og egenvekten på stål er på 7,8 tonn per kubikkmeter (Norsk Standard , 2019).

*Formel 20: Utregning CO<sub>2</sub>-utslipp ved løfting og ramming av stålkjernepeler*

$$\left(0,22 \frac{CO_2}{\text{tonn}} * 7,8 \frac{\text{tonn}}{m^3} * (0,1m)^2 * \pi + 0,08 \frac{CO_2}{m}\right) * \text{antall peler} * \text{gjennomsnittsdypde}$$

Oppå pelene så regner vi med å bruke standard forsterkningslag som vi har satt til 1,1 meter, og utslippet for det er felles for alle peletypene. Utregning av CO<sub>2</sub>-utslippet kan en se i formel 10 og 11, der forskjellen er massebehovet.

**Utslipp peler** så har vi tatt hensyn til produksjonen av pelene, hvor vi har gjennomført noen antakelser etter samtaler og fulgt vegLCAen. Verdier som er hentet fra vegLCAen ser vi i tabell 13.

*Tabell 13: Utslipp betong- og stålkjernepeler*

Betongpeler	56,9	kg CO <sub>2</sub> /m
Stålkjerne peler	2,51	kg CO <sub>2</sub> /kg

Kalksementpeler har benyttet CEM III sement inneholder større andel flyveaske eller silikastøv som reduserer CO<sub>2</sub>-utslippet. Ved erfaringsamtale med Jon i Hæhre entreprenør så anbefalte dem å bruke 100% sement for grunnstabilisering, hvor vegLCA oppgir den på 0,3 kg per kilogram sement. Antall kalksement peler er vist i formel 16, hvor utregningen for CO<sub>2</sub> – utslippet er gitt under.

*Formel 21: Utregning for CO<sub>2</sub> utslipp kalksementpeler*

$$\text{antall peler} * ((0,4\text{m})^2 * \pi * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * \text{gjennomsnitt myrddybde}[\text{m}] * 0,3 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kg}})$$

Betongpeler og stålkjernepeler så benyttet vi CO<sub>2</sub> verdier fra vegLCA, som en kan se i tabell 14. Antakelsene for utregningene er som nevnt under *utslipp av anleggsmaskiner*

Tabell 14: CO<sub>2</sub>-utslipp peling

Betong B45 Erfaringstall	360	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
Betongpeler	56,9	kg CO <sub>2</sub> /m
Stålkjerne peler	2,51	kg CO <sub>2</sub> /kg
Kamstål, armering	0,56	kg CO <sub>2</sub> /kg
Spunt	0,56	kg CO <sub>2</sub> /kg
Asfalt	50	kg co <sub>2</sub> e/ tonn
Sement CEM III	0,3	kg CO <sub>2</sub> /kg

Formel 22: CO<sub>2</sub> eq betongpeler

$$\text{Antall peler} * \text{gjennomsnittsdypde[m]} * 56,9 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}}$$

Formel 23: CO<sub>2</sub> eq stålkjernepeler

$$\text{Antall peler} * \text{gjennomsnittsdypden[m]} * \frac{2,51 \text{kg CO}_2}{\text{kg}} * \pi * (0,1\text{m})^2 * 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

For betongpeler og stålkjernepeler så benyttes det pelehatter i betong som støpes på anleggsplassen. Pelehatterne antar vi er 1,2 x 1,2 x 0,8 meter og forholdstallet mellom armeringsstål og betong er 24/25 for betong. Utslippsverdiene som blir benyttet er 360 kg CO<sub>2</sub> per kubikkmeter for betong og 0,56 kg CO<sub>2</sub> per kg for stål. Dette gir følgende utregning av pelehatter.

Formel 24: CO<sub>2</sub> utslipp betonghatter

$$\text{Antall peler} * (1,2\text{m})^2 * 0,8 \text{ m} * \left( 360 \frac{\text{Kg CO}_2}{\text{m}^3} * \frac{24}{25} + 0,56 \frac{\text{Kg CO}_2}{\text{tonn}} * \frac{1}{25} * 25 * 78 \frac{\text{tonn}}{\text{m}^3} \right)$$

## Priser

**Rigkostnader, vegdekke og transport** er utregnet under 4.6.3 *masseutskifting og vegfylling* utgår ved denne metoden.

Pelarbeid har vi hentet enhetsprisene fra norskprisbok.no, hvor vi har benyttet høyeste pris for å få en konservativ verdi. Prisene vi benytter er vist i tabell 15.



Tabell 15: Priser pelearbeid

Pelehoder	11 175,00	kr/stk
betong peler	1 679,00	kr/m
stålkjernepeler	8 717,00	kr/m
kalksementpeler	180,00	kr/m
Rigging for peling	250 000,00	kr
Time pris	622	Kr/time

Ved utregning av kalksementpeler så måtte vi beregne antall arbeidstimer for montering av pelene, som vi estimerte til fem personer over fem måneder. Når vi tar hensyn til antall peler som er utregnet i formel 17 og rigging for peling, så blir utregningen slik;

Formel 25: Priser kalksementpeler

$$180 \frac{kr}{m} * \text{antall peler} * \text{gjennomsnittsdypde} + 250\,000 \text{ kr} + 622 \frac{kr}{time} * 150 \frac{timer}{måned} * 5 \text{ måned}$$

Utregningen for betong- og stålkjernepeler er likt som kalksementpeler som er vist over. Forskjellen mellom dem er pris per meter pele og antall timer en bruker til å montere pelene. Vi antar at det brukes 6 fulle måneder til montere pelene, der hver måned er 150 timer.

**Geotekniske undersøkelser** har vi innhentet verdier fra Norconsult sine geotekniske (vedlegg 5) undersøkelser, som er representert i tabell 16. Utregningene er inndelt i to deler, betong- og stålkjernepeler

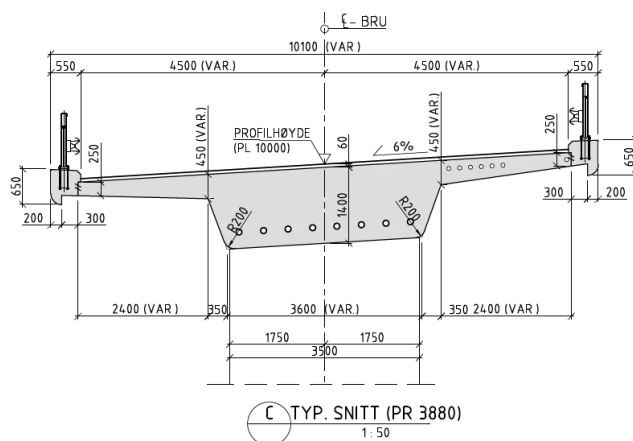
Tabell 16: Priser geotekniske undersøkelser

rigg geoteknisk arbeid	25000	kr
Pris pr. hull geoteknisk arbeid	7000	kr
Pris pr. trykktest	5000	kr

Anleggsveger har vi benyttet prisen 2000 kr per meter, hvor vi ikke har tatt i betraktning ekstra bruk av geonett. Vi antar at det går i snitt to lengder med anleggsveger, der hver lengde er *myr lengden*. I prisen inkluderer vi transport og planering av vegen.

#### 4.4.7 Myrbro

Myrbro har vi antatt å bruke 8,44 kubikkmeter per meter med B45 betong, hvor en benytter 2,5 tonn per kubikkmeter som egenvekt. Volumet er utregnet fra tverrsnittet på Strondafjordbrune(figur 28). Det er ikke antatt om bruen blir støpt på plassen eller prefabrikkert element, så dette må legges til utenom. For fundamentering så benytter vi stålrørspeler som er armert og fylt med B45 betong. For alle klassene utenom H3 bruker vi 4 peler samlet med ti meter spenn mellom hver samling, over en H3 veg blir det benyttet 8 peler med samme spennlengde. For anleggsvegene antar vi at behovet er to ganger lengden med en vegbredde på 5 meter og dybde 1,1 meter.



Figur 37: Tverrsnitt Strondafjordbrua

## CO2

**Utslipp av maskiner** har vi benyttet samme verdier som en kan se i tabell 12 for CO<sub>2</sub>-utslipp anleggsmaskiner. Prinsippet er det samme som peling, hvor vi regner ut antall tonn som blir løftet og ganger det med kranen sin utslipp. Videre så benytter vi forsterkningslag med formel 10 og 11 for utslipp ved anleggsveger. Fundamenteringen så benytter vi akkurat samme metode som forklart under 4.6.6 *peling*.

**Utslipp myrbru** benytter vi verdiene i tabell 14, hvor vi antar 8,44 kubikkmeter per meter bru, stålkjernepeler med diameter 0,7 meter og forankring på 2x1 meter. Dette blir ganget med erfaringstallet for betong som er nevnt i tabell 14.

## Pris

**Myrbro** har vi fått en pris på 20 000 kr per kvadrat meter ferdig pakke. Dette gjør prisen vesentlig høyere siden vi ikke kan skille mellom de komponentene og hvilken metode som er brukt.

**Anleggsveger** har like prinsipper som nevnt under 4.6.6 *peler*.

### 4.4.8 Gjennomføring, vegkvalitet og miljøpåvirkning

For å skape en visualiserende effekt av hvilke påvirkning prosjektet har på miljøet, kvaliteten på vegen og gjennomføringsgrunnlaget, så har vi benyttet små indikatorer og fargekoder. Miljøpåvirkningen så benytter vi fasteverdier som er gitt ved hver utførelse metode, som kan blir vist ved hjelp av kakediagrammer (figur 38). Verdien bygger på antakelser og samtaler med rådgivere på Norconsult, hvor vi har kommet fram verdiene som er vist i tabell 17.

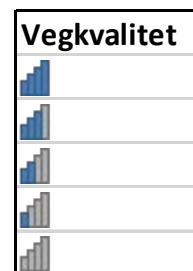


Figur 38:  
Kakediagrammer for miljøpåvirkning

Tabell 17; Miljøpåvirkning verdiene

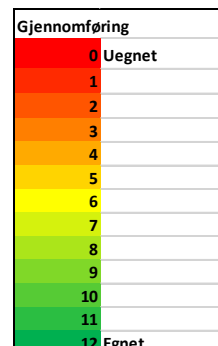
masseutskiftning	5
fortrengning	3
Forbelastning	2
peler	3
myrbro	3

Vegkvalitet så benytter vi diagrammet som er vist i figur 39, fire blå streker viser god vegkvalitet og fire grå viser dårlig kvalitet. Det som legges til grunn for disse vurderingene er erfaringer ift. setningsrisiko. Disse verdiene er kun veiledende anslag ment som hjelp til de som bruker excel programmet, som ikke nødvendigvis har full innsikt i risikofaktorene ved de ulike metodene.



Figur 39: Illustrasjon av søylediagrammet for vegkvalitet

Gjennomførings muligheter blir vist ved fargekoder, hvor rød er laveste verdi og grønn er høyeste, se figur 40. Fremstillingen av fargene kommer etter forhåndsinnstilte verdier, der referansemålet er gjennomsnittsdypden. Hensikten med diagrammet er å få frem at ikke nødvendigvis en metode egner seg, selv om den har en lav meterspris og lite CO<sub>2</sub> utslipp. Dette er kun ment som en enkel veiledning basert på erfaring og teori fra de ulike



Figur 40:  
Fargekoder for gjennomføring

metodene. Figurene som kommer under viser hvilken verdi spekter som er valgt for hver metode, siden det varier.

## Masseutskifting

Bediger regelbeskrivelsen:

Formater alle cellene basert på cellenes verdier:

Formatstilt: 3-fargers skala

Minimum	Midtpunkt	Maksimum
Type: Tall	Type: Tall	Type: Tall
Verdi: 0	Verdi: 8	Verdi: 14
Farge:	Farge:	Farge:

Forhåndsvisning:

OK Avbryt

Figur 42: Gjennomføring masseutskifting

Bediger regelbeskrivelsen:

Formater alle cellene basert på cellenes verdier:

Formatstilt: ikonsett Omvendt ikonrekkefølge

Ikonstil:  Vis bare ikon

Vis hvert ikon i henhold til disse reglene:

Ikon	Verdi	Type
	når verdien er >= 20	Tall
	når < 20 og >= 16	Tall
	når < 16 og >= 12	Tall
	når < 12 og >= 8	Tall
	når < 8	Tall

OK Avbryt

Figur 41; Vegkvalitet masseutskifting

## Fortrengning

Bediger regelbeskrivelsen:

Formater alle cellene basert på cellenes verdier:

Formatstilt: 3-fargers skala

Minimum	Midtpunkt	Maksimum
Type: Tall	Type: Tall	Type: Tall
Verdi: 0	Verdi: 6	Verdi: 12
Farge:	Farge:	Farge:

Forhåndsvisning:

OK Avbryt

Figur 43:Gjennomføring fortrengning

Bediger regelbeskrivelsen:

Formater alle cellene basert på cellenes verdier:

Formatstilt: ikonsett Omvendt ikonrekkefølge

Ikonstil:  Vis bare ikon

Vis hvert ikon i henhold til disse reglene:

Ikon	Verdi	Type
	når verdien er >= 7	Tall
	når < 7 og >= 5	Tall
	når < 5 og >= 3	Tall
	når < 3 og >= 1	Tall
	når < 1	Tall

OK Avbryt

Figur 44: Vegkvalitet fortrengning

## Forbelastning

Bediger regelbeskrivelsen:

Formater alle cellene basert på cellenes verdier:

Formatstilt: 3-fargers skala

Minimum	Midtpunkt	Maksimum
Type: Tall	Type: Tall	Type: Tall
Verdi: 0	Verdi: 7	Verdi: 12
Farge:	Farge:	Farge:

Forhåndsvisning:

OK Avbryt

Figur 46:Gjennomføring forbelastning

Bediger regelbeskrivelsen:

Formater alle cellene basert på cellenes verdier:

Formatstilt: ikonsett Omvendt ikonrekkefølge

Ikonstil:  Vis bare ikon

Vis hvert ikon i henhold til disse reglene:

Ikon	Verdi	Type
	når verdien er >= 12	Tall
	når < 12 og >= 9	Tall
	når < 9 og >= 6	Tall
	når < 6 og >= 3	Tall
	når < 3	Tall

OK Avbryt

Figur 45: Vegkvalitet gjennomføring

## Peler

Rediger regelbeskrivelsen:

Formater alle cellene basert på cellenes verdier:

Formatstil: 3-fargers skala

Minimum	Midtpunkt	Maksimum
Type: Tall	Type: Tall	Type: Tall
Verdi: 0	Verdi: 5	Verdi: 16
Farge:	Farge:	Farge:

Forhåndsvisning:

OK Avbryt

Figur 48: Gjennomføring peler

Rediger regelbeskrivelsen:

Formater alle cellene basert på cellenes verdier:

Formatstil: Ikonsett  Omvendt ikonrekkefølge

Ikonstil:  Vis bare ikon

Vis hvert ikon i henhold til disse reglene:

Ikon	Verdi	Type
	når verdien er >= 20	Tall
	når < 20 og >= 15	Tall
	når < 15 og >= 10	Tall
	når < 10	

OK Avbryt

Figur 47: Vegkvalitet peler

## Myrbro

Velg en regeltype:

- Formater alle celler basert på deres verdier
- Formater bare celler som inneholder
- Formater bare verdier som rangeres øverst eller nederst
- Formater bare verdier som ligger over eller under gjennomsnittet
- Formater bare unike eller dupliserte verdier
- Bruk en formel til å bestemme hvilke celler som skal formateres

Rediger regelbeskrivelsen:

Formater alle cellene basert på cellenes verdier:

Formatstil: 3-fargers skala

Minimum	Midtpunkt	Maksimum
Type: Tall	Type: Tall	Type: Tall
Verdi: 0	Verdi: 5	Verdi: 16
Farge:	Farge:	Farge:

Forhåndsvisning:

OK Avbryt

Figur 50: Gjennomføring myrbro

Rediger regelbeskrivelsen:

Formater alle cellene basert på cellenes verdier:

Formatstil: Ikonsett  Omvendt ikonrekkefølge

Ikonstil:  Vis bare ikon

Vis hvert ikon i henhold til disse reglene:

Ikon	Verdi	Type
	når verdien er >= 40	Tall
	når < 40 og >= 30	Tall
	når < 30 og >= 20	Tall
	når < 20	

OK Avbryt

Figur 49: Vegkvalitet myrbro

# 5 Resultater

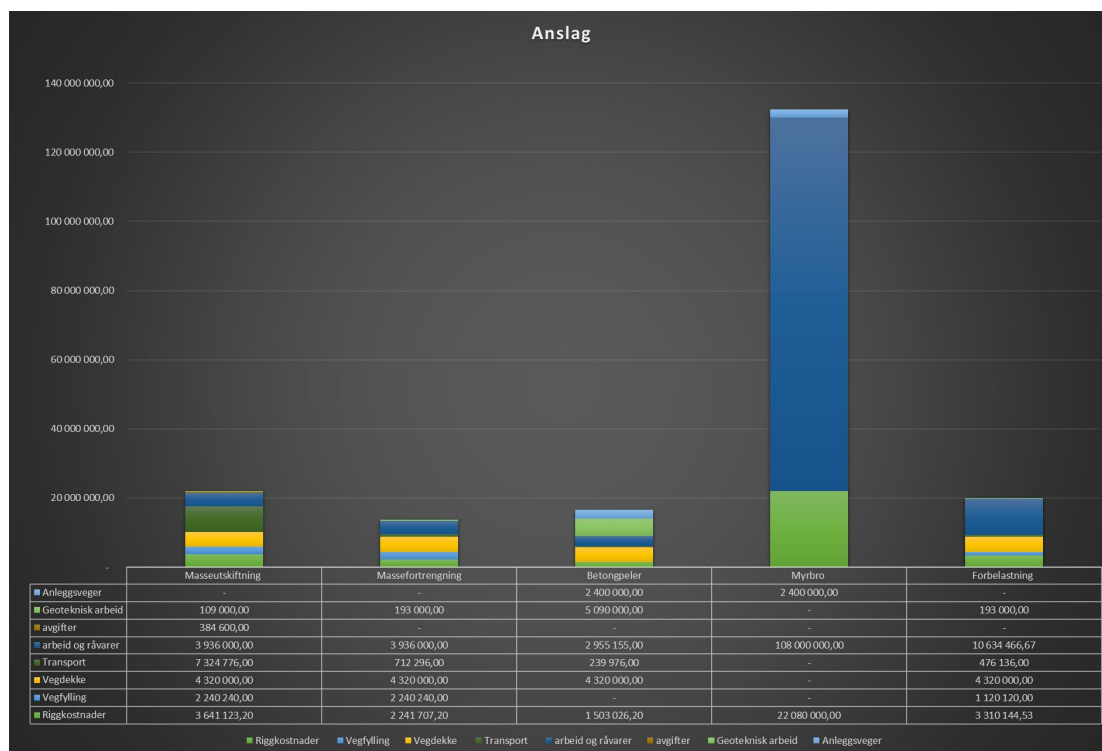
Resultatene bygger på utregningene som er beskrevet i metoden kapittel 4, hvor vi har tatt hensyn til ulike faktorer. Fremvisningen av resultatet vil være i grafer, hvor detaljert utregning finnes i vedlegg 4.

Vegtype og vegklasse		
Hva?	Verdier	Enhet
Valg av vei	Riksv.	
ÅDT	5300	
Trafikkgruppe	C	
Veiledende vegklasse	H1	
Ønsket vegklasse	H1	
Myr- og veginformasjon		
Hva?	Verdier	Enhet
Vegbredde	9	m
Vegskråning	1:1	
Strekning med myr	600	m
Gjennomsnittsdybde myr	2	m
Øvrig beslaglagt areal	500	m <sup>2</sup>
Dybde til forankringspunkt/fast underlag	5	m
Kubikk myr berørt	13 120,00	m <sup>3</sup>
Utslipsfaktor myr	NIR 2022	
Utslipsfaktor myr pr. m <sup>3</sup>	0,1685	tonn eq/m <sup>3</sup>
Myr brukt til restaurering	300	m <sup>3</sup>
Prosent resirkulert på plassen	40,0	%
Transport og Fundamentering		
Transport til deponeringsted T/R	140	km
Avstand til masseuthenting T/R	6	km
Masse hentet i fra:	Grustak	
Velg peletype	Betongpeler	
Priser og kostnader		
Riggkost prosent av tot.kost.	20	%

Figur 51: Innputt data

## 5.1 Kostnader

Kostnadene er fordelt over 5 søyler, der hver søyle representerer utførelsesmetoden. Søylen er delt i inn i punktene som en kan se i figuren under.



Figur 52: Anslag priser

Kostnad per meter gir en bedre visualisering av de forskjellige prisene for oppgaven, hvor en kan sammenligne opp mot original meter pris normal veg.

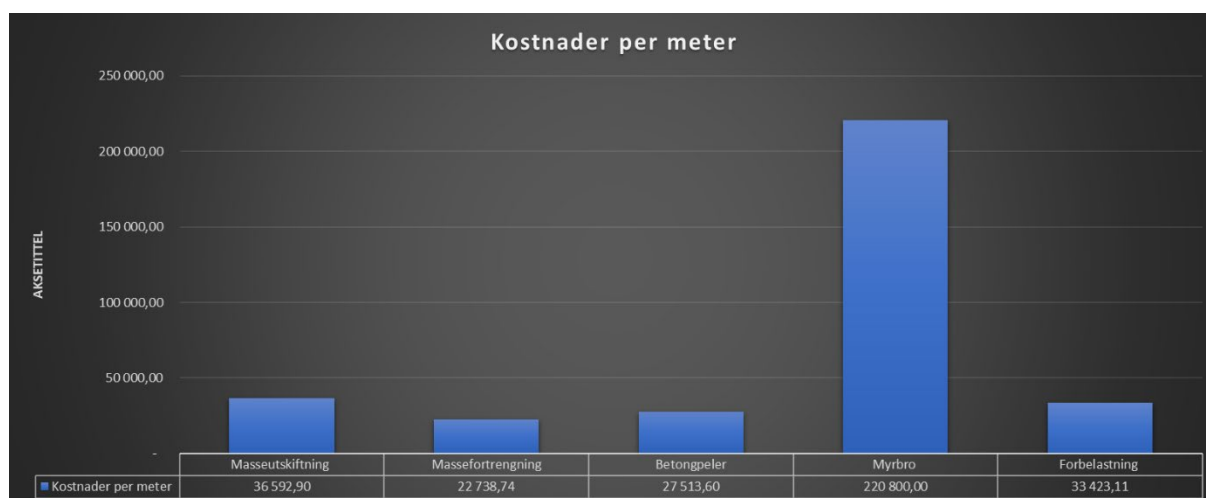
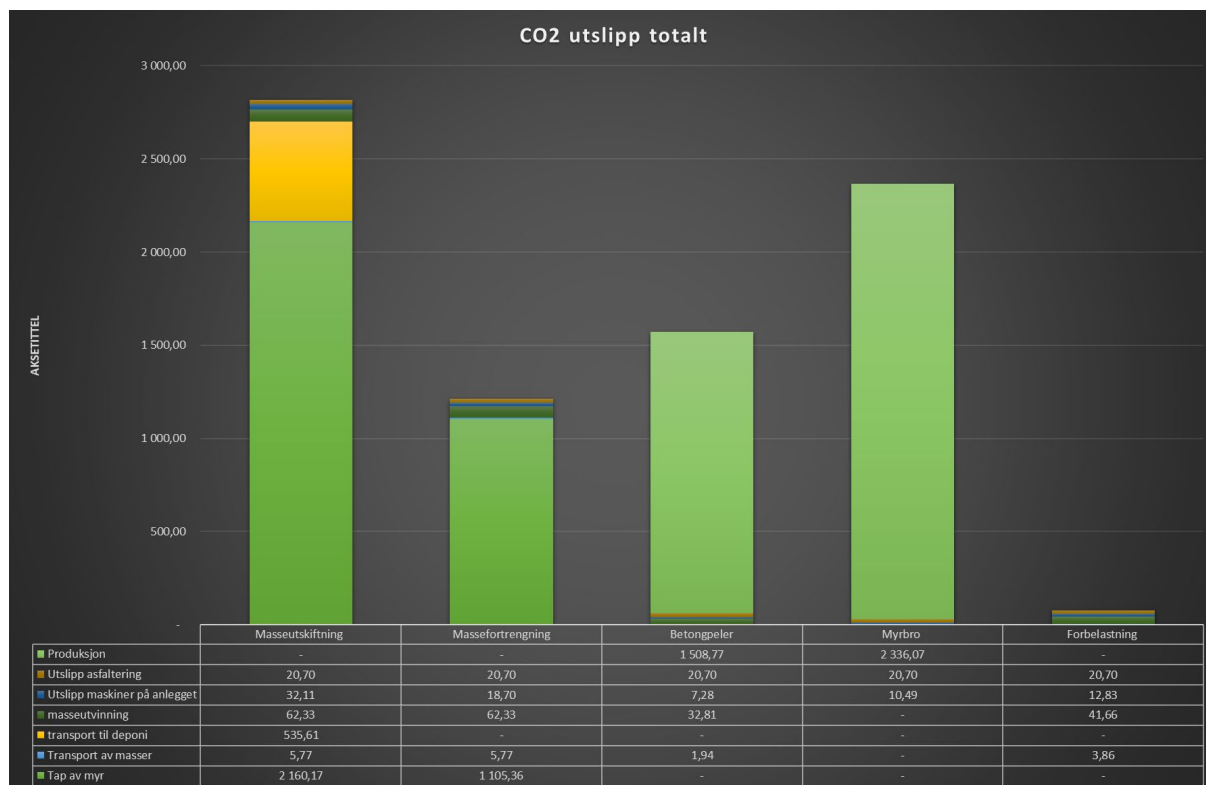


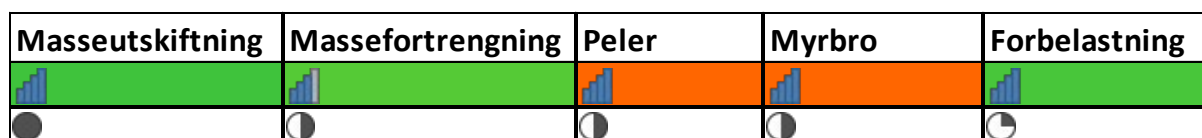
Figure 53: Kostnad per meter

## 5.2 CO<sub>2</sub>-Utslipp



Figur 54: Totale CO<sub>2</sub>-utslippet for hver metode

## 5.3 Gjennomføring, miljøpåvirkning og vegkvalitet



Figur 55: Gjennomføring, miljøpåvirkning og vegkvalitet



# 6 Diskusjon og analyse

## 6.1 Vurdering av beregninger

Alle data som hentes ut fra beregningsprogrammer må vurderes opp mot det aktuelle tilfelle og deretter ta en helhetlig vurdering basert på innsamlede data og erfaringer. Ved totalentreprise av nye RV4 står entreprenøren fritt til å velge metode og trase innenfor regulerte området. Entreprenørene på nye RV4 har tidligere i prosjektet støtt på mange utfordringer, og store variasjoner på grunnforhold som krever ulike vurderinger og løsninger for å oppnå ønsket resultat. (Amndsen, 2023) Vår beregningsmodell tar ikke hensyn til store lokale variasjoner, så en må vurdere ut ifra en helhetlig forståelse av gjennomføring fremgangsmåte.

I Excel arkene tilhørende denne rapporten kan en bruke to ulike utslippsfaktorer for myr. SVVs V712 (Statens vegvesen, 2021) og nasjonalt klimagassregnskaps nye forslag fra 2022 (NIR2022) (Statens vegvesen, et al., 2022). Resten av diskusjonsdelen blir det gått ut ifra NIR2022 verdier siden det er den nyeste rapporten og gir det mest konservative estimatet.

Den 29. mars ble nytt konkurransegrunnlag lagt ut for prekvalifisering. Det nye konkurransegrunnlaget hadde en mer nedskalert kryssløsning ved Lygnaset, som vil beslaglegge langt mindre myr enn tidligere forslag til løsning. Det å unngå inngrep i myr og natur er det aller beste tiltaket en kan gjøre ifølge tiltakshierarkiet. (Johansen, et al., 2015). Denne endringer vil gjøre miljø og klimaavtrykket til prosjektet vesentlig mindre.

Ser en på borreprøve fra området er det såpass stor fasthet på store deler av strekningen at en konvensjonell fortregning ikke er praktisk gjennomførbart. Ved en fortregning slik vi har beskrevet det i denne rapporten må skjærfastheten til myren overstiges. Langs strekningen i denne casen vil ikke dette være mulig på store deler av strekningen. Derfor vil ikke fortregning være videre beskrevet i diskusjonen av denne casen.

## 6.1.1 Vurdering ihht. Kostnad.

### Myrbro

Ut ifra beregningene som er gjort generelt for strekningen kan en se at myrbro skiller seg kraftig ut med tanke på kostnad. I enkelte tilfeller kunne det være verdt kostnadene for eksempel dersom det var stor vanngjennomstrømming eller dyreliv som var avhengig av å beholde muligheten til å bevege seg fritt under vegen. Vi kan ikke se at dette er tilfellet ut ifra konkurransegrunnlaget og forundersøkelser som er gjort i området. Derfor ønsker vi å utelukke myrbro som en løsning på denne strekningen både med tanke på kostnad og miljø/klima hensyn. I konkurransegrunnlaget er det heller ikke midler nok til å ha en slik løsning. (Egge, 2023)

### Masseutskifning

Masseutskifning er sammenliknet med fortrengning, forbelstning og peling konkurransedyktig på kostnad. Mye av grunnen til at masseutskifning er såpass gunstig med tanke på kostnad er avstanden til Lygna pukkverk. Den relativt lave myrdybden langs strekningen og korte avstanden ned til fast fjell gjør massebehovet utenom ordinær vegoverbygning relativt lite. Masseutskifning er en kjent metode der en kan bruke konvensjonelt utstyr og har en forutsigbar tidshorison. Det som i mange tilfeller drar opp prisen for masseutskifning er det å skulle bli kvitt store mengder myrmasser. Det er kommet et skjerpet regelverk i.f.t. deponering (Vedlegg 8), slik at kostnaden behandling disse massene kan bli store. I denne casen er det snakk om relativt lav snittdybde(2m) og en vegbredde og vegstrekking som ikke utraderer spesielt store myrarealer totalt. Når også deler av myrmassene blir brukt til myr-restaurering i nærområdet spares prosjektet for store kostnader når det gjelder transport og deponering. Det er også sett på muligheter for deponering lokalt inntil Lygnavannet, men dette er foreløpig ikke bekreftet og ikke del av det originale konkurransegrunnlaget. Etter befaring ser det ut til at overskuddsmasser fra utbyggingen av tidligere vegprosjekt i området er lagt ut der, og dette er kanskje masser som kan bruke i forbindelse med planlagt rasteplass på østsiden av vegen. Dette vil spare prosjektet for potensielt store deponi og transportkostnader.

## **Forbelastning**

Forbelastning er også meget konkurransedyktig med tanke på kostnad. Det spares mye på å slippe deponering og bort frakting av myrmasser, men på denne parsellen er det ikke snakk om så store mengder at forbelastning utmerker seg med tanke på kostnad. Forbelastning kan vær tid og arbeidskrevende, noe som øker kostnaden. Det er også behov for oppfølging geoteknisk med tanke på bæreevne og konsolidering. Ekstrakostnader knyttet til armeringsnett og geotekstiler som er nødvendig for å oppnå tilfredsstillende bæreevne og sikring mot teleskader.

Det er vanskelig med prissetting ved bruk av forbelastning, er kostnaden knyttet til den ekstra byggetiden. I våre beregningsmodeller har vi tatt utgangspunkt i erfaringer fra tidlige prosjekter, til å sette en estimert konsolideringstid. Ekstrakostnadene knyttet til den ekstra byggetiden er komplisert å prissette, og er svært avhengig av om det for eksempel kan foregå full drift av anlegget i konsolideringsperioden. Dersom konsolideringstiden er svært lang kan det medføre store ekstrakostnader i form av rigg og personell. Om det vil være en konsolideringstid på 12mnd. har vi påberegnet at det blir ekstra arbeid, rigg, oppfølging av geologer og byggeledere som vi er satt til at tilsvarer 5årsverk på 1mil. Pr. stk. Det er verdt å merke seg at dette vil kunne variere mye fra prosjekt til prosjekt. Anleggsprosjekter kan også ha tidspress ift. å få vegen ferdig innenfor et fastlagt tidsrom. Dermed kan det i mange tilfeller ikke være tid til å ha en forbelastning. Det vil også være mye usikkerhet knyttet til konsolideringstid som kan skaper logistikkproblemer og forskyvning av fremdriftsplan for entreprenøren som igjen fører til ekstraleie av maskiner og utstyr. Forbelastning kan være gunstig med tanke på kostnad, men det er også mange usikkerheter med tanke på gjennomføring.

## **Peling**

Kalksement-, betong- og stålkjernepeler kommer relativt godt ut i våre anslag og er på lik linje som masseutskifting. Massedeponering og transport er svært kostbart slik at en besparer mye på at myrmassene forblir uberørt. Kostnadene rundt rigging av maskiner og bygging av anleggsveger som tåler arbeidsbelastningen er store. Ikke alle entreprenører driver med slikt arbeid, der en i mange tilfeller er nødt til å leie inn en under entreprenør til å utføre arbeidet, som kan øke kostnadene.

De ulike variantene av peler har forskjellig meter pris og ulik bæreevne per pel. Dette gjør at betong- og stålkjernepeler som er dyrest, gir mest bæreevne pr. pel og dermed krever færre peler pr.m<sup>2</sup> enn kalksementpeler. Dette kan en se ved likheten mellom de forskjellige peletypene per meter veg.

Det som kan øke prisene til prosjektet er ekstra grunnundersøkelser som foretas før pelearbeidet, undersøkelsene av en prosent av kalkpelene og poretrykkmålingen under ramming av peler. Undersøkelser av forankring for spissbærende peler, korn størrelser og friksjon ved friksjonspeler øker også kostnadene. Dette har en stor innvirkning på sluttkostnaden til pelene.

## **6.1.2 Vurdering ihht. CO2.**

### **Masseutskifning**

Ved en masseutskifning vil all myr i det aktuelle området bli fjernet, og vil ved forråtning gi fra seg alt karbon som ligger lagret i biomassen. Dette vil føre til betydelige utslipp av drivhusgassen CO<sub>2</sub>. Er det snakk om store mengder er det ikke alltid mulig å finne egnede formål til myrmassene. Om en må frakte myrmassene lagt for deponering vil dette også føre til ytterligere utslipp. I casen på Lygna er det snakk om en strekning på ca 600m som beslaglegger myrareal. Det er på mesteparten av strekningen kartlagte myrddybder på 0,5-3m, så for å være på konservativ side har vi gått ut ifra en snittdybde på 2m i våre anslag. Dette vil potensielt bety betydelige CO<sub>2</sub> utslipp, men sammenliknet med andre metoder kommer ikke masseutskifning så mye dårligere ut samlet sett.

I konkurransegrunnlaget er det markert områder som det trengs myrmasse til restaurering i nærområdet. Dette vil kunne spare prosjektet for betydelige CO<sub>2</sub> utslipp, siden massene ikke trenger å fraktes langt til deponi, og myren ikke går til forråtning. Den klart største besparelsen vil være at utgravd myr ikke går til forråtning, og kanskje også den hindrer biomasse fra området som restaureres å avgi CO<sub>2</sub>. Etter samtaler med YM rådgiver i SVV Even Stensrud går det frem at dette skal være et pilotprosjekt som forhåpentligvis vil bedre klimaavtrykket til prosjektet betydelig.

En masseutskiftning vil i mange tilfeller være et såpass omfattende inngrep at grunnvannsstanden vil kunne endres i et stort område utenom selve vegtraseen. Det kan føre til ytterligere skade og potensielt tap av myr, og dermed utslipp av CO<sub>2</sub> og skade på miljøet. Om dette blir en konsekvens er svært avhengig av entreprenørens handlinger og kan unngås ved gode kartlegginger og forståelse av vannstrømmen i myra. I denne casen vil arealbeslaget skje i ytterkant av myren, slik at vi vurderer risikoen for store endringer i grunnvannsstanden i tilhørende område for liten. Siden eksisterende vegtrase bare er noen meter unna vil ikke vannstrøm kunne endre seg vesentlig i området slik vi ser det.

## **Forbelastning**

Forbelastning er en relativt ny metode, men blir stadig oftere benyttet pga. økt kunnskap og fokus på klimagassutslipp. Beregnet CO<sub>2</sub> utslippet for de ulike metoder i denne casen vil være lavest ved bruk av forbelastning. En unngår utslipp med tanke på tap av myr, og lang transport av massene til deponi.

Det vil være behov for en del spesifikk massefraksjoner til bruk i forbelastningen, men siden Lygna pukkverk ligger bare ca 3km unna vil det være lite utslipp knyttet til transport. I vårt anslag går vi ut i fra at det ikke kreves mer masse enn halve myrdybden pluss overbygning siden det bygges oppe på den sammentrykkede myren. Dette tilsvarer mange kubikk steinmasser spart. Totalt sett er forbelastning meget gunstig med tanke på CO<sub>2</sub> i dette tilfellet.

## **Peling**

Peling er en gammel teknikk som beslaglegger lite areal og har forskjellige bruksområder. Dette avhenger av hvilken pelemetode og materiale en ønsker å bruke, siden ulike pelemetoder passer ulike forhold.

For å gjennomføre en peleoperasjon så er en nødt til å prefabrikkere pelene og transportere dem til anleggsområdet. Dette gjelder ikke kalksementpeler som blandes på anlegget. Utslippet ved transport avhenger om pelene er produsert lokalt eller internasjonalt. Denne variabelen tar vi ikke hensyn til i anslaget vårt slik at den må legges til ved eventuell bestilling. Ved montering så krever en store maskiner som enten rammer eller borer pelene ned, hvor kraner brukes til å plassere pelene. Dette fører til økt bruk av anleggsveger som kan påvirke myren i form av at utpressing av grunnvann, som fører til at et større område av

myren går til forråtnelse. Entreprenøren spiller en rolle over hvordan utfallet blir og er nødt til å være skånsom ved slike oppresjoner.

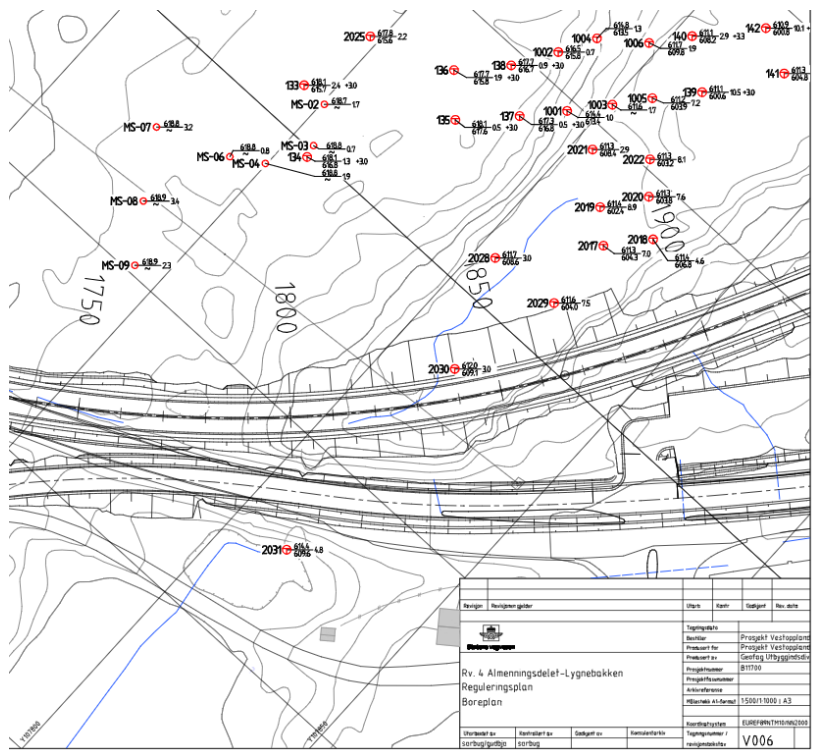
Ved montering av peler kan det forekomme forhøyning i myrområder over grunnvannsnivået, som kan føre til forråtnelse av myr og utslipp av CO<sub>2</sub>. Dette kan kun forekomme betong- og stålkjernepeler. Selv om dette ikke forekommer så ofte så er en nøtt til å ta høyde for dette.

Produksjon og pelematerialer har forskjellig utslippsfaktor, som en kan se under kapittelet metode, så stiller stålkjerne- og kalksementpeler svakere enn betongpeler per meter. Siden kalksement- og stålkjernepeler er tilnærmet homogene materialer med høyt CO<sub>2</sub>-utslipp, så blir det vesentlig høyere utslipp enn betong som er ett kombinert materialet. Dette gjør at bruken av betongpeler mer hensiktsmessig med tanke på CO<sub>2</sub> avtrykk.

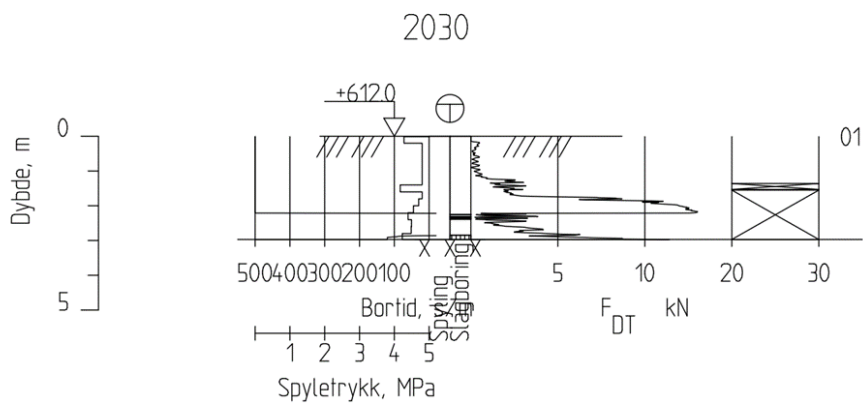
### **6.1.3 Vurdering ift. Gjennomføring og kvalitet.**

#### **Masseutskiftning**

Tradisjonelt har masseutskiftning vært den mest brukte metoden for å oppnå en veg uten fare for setnings og teleskader. Ved en masseutskiftning har en full kontroll på vegens oppbygning og en vil kunne få et forutsigbart vedlikehold. I denne konkrete casen er det i store deler av traseen kun 1-2m ned til berg. Det er en relativt høy skjærfasthet på myr og løsmasser i de dypeste delene av området, slik at det ikke er nødvendig med kostbar og tidkrevende spunting eller annen omfattende grøftesikkring. Boreprøve 2030 indikerer en at skjærfastheten svært høy etter ca 1,5m. Dette vil føre til en vesentlig forenkling av arbeidet sammenliknet med om en skulle arbeide i en våt myr med svært lav skjærfasthet (vedlegg 3).



Figur 56: Borepunkt for geotekniske undersøkelser



Figur 57: Sonderprøve

## Forbelastning

Forbelastning har vært gjennomført på flere strekninger over myr tidligere med tilsvarende myrdybder. Det knyttes likevel mer usikkerhet til forbelastning som metode, siden det kan være vanskelig å vurdere om en har fått en endelig konsolidering. På store deler av strekningen tyder det på relativt konstant myrdybde med unntak av ca 150m mellom avstand 1800-1950. Her vil det være en langt lenger konsolideringstid som vil kunne forsinke prosjektet og føre til usikkerhet, rundt faren for setninger i ettertid.

Etter nærmere befarings på strekningen går det klart frem at det er store lokale variasjoner på den aktuelle strekningen. Nå i dag er det til dels tett skog og ujevn topografi. Det fremstår som at det er flyttet masse fra prosjektet med den tidligere vegen inn i der den nye vegen er planlagt.



*Figur 58: Området hvor den nye vegen vil gå over Lygna*

Alle disse faktorene gjør forbelastning til en lite hensiktsmessig metode, med potensielt høy setningsrisiko ift. Klima og miljø gevinsten. Det kan være verdt å vurdere enkelte områders egnethet for forbelastning, men dette blir nærmere beskrevet i *kapitel 6,2 Differensiering av metode langs strekningen*.



## **Peling**

Som nevnt tidligere så kan bruk av betong- og stålkjernepeler forårsake lite til ingen setninger, der kalksementpeler krever flere undersøkelser. Over vegtraseen på Lygna er det generelt kort avstand ned til fast fjell, som gjøre det naturlig med forankring i fjell. Dette reduserer risikoen for setninger, og vil gi en god trafikksikker veg med lite vedlikeholdstiltak. Geotekniske rapporter tilsier at fjellforholdene er godt egnet til spissbærendepeler som er forankret i fjell. Ved at gjennomsnittsdypden er så lav så kan det være unødvendig å benytte betong- og stålkjernepeler og alternative metoder bør vurderes.

Anleggsveger er nødvendig for å arbeide med peler og kan gi problemer ved gjennomføring. For å bygge en anleggsveg over myrmasser med lav skjærfasthet så krever en ekstra bruk av geonett og grusmasser. Dette krever mye bruk av resurser for en midlertidig veg, hvor en i enkelte tilfeller ikke kan gjenbruke massene.

Kalksement peler krever at torvlaget fjernes for å få et inntrengningspunkt i myra og forankring i fjell ikke er mulig. Dette gjør dette praktisk ikke gjennomførbart med tanke på framgangsmåte og stabilitet for prosjektet på Lygna. Etter befaring på Lygna så observerte vi overskuddsmasser fra utbyggingen av eksisterende veg var lagt i området hvor planlagt vegtrase skulle gå. Dette innebærer at det er store lokale variasjoner i grunnforholdene som gjør det vanskelig for kalksementvispen å entre grunnen og sjiktene under.

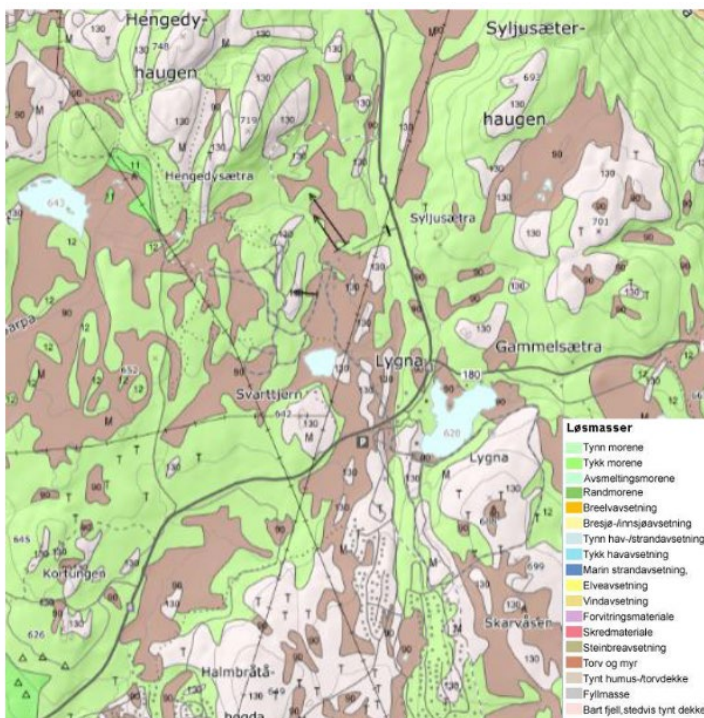
### **6.1.4 Vurdering ift. Miljø**

Miljø er en svært stort tema som omhandler en rekke problemstillinger som er beskrevet i kapittel «2.9 Ikke prissatte konsekvenser» Av hensyn til omfang blir vurderinger rundt dette beskrevet på et overordnet plan i denne diskusjonsdelen.

## **Masseutskiftning**

I denne casen vil en masseutskiftning naturlig nok være totalt ødeleggende for miljøet der sleve vegoverbygningen ligger. Over Lygna ser det ut til at det holder med enkle grøftesikringstiltak. Siden en kan ha brattere skråning inn mot vegoverbygningen, reduseres det berørte arealet.

Et stort problem med en omfattende masseutskifninger er at grunnvannstanden blir endret slik at store områder rundt vegtraseen også blir påvirket. I denne casen vurderer vi denne risikoen for langt mindre pga. lave myrddybder og at det aktuelle området ligger helt i ytterkant av myren. Det går en del naturlige bekkeløp i området inn mot Lygnasætervannet. Det er svært viktig at rørgjennomganger opprettholdes slik at det ikke blir grunnvannsendringer eller at det skapes nye bekkeløp langs vegoverbygningen. Det er viktig å handle ut i fra et føre var prinsipp, og være klar over at det alltid er knyttet usikkerheter til miljøkonsekvensene av inngrep som gjøres. En må også se på miljøkonsekvensene av deponiområdet. Er f.eks. avfallet forurenset vil dette kunne gjøre stor miljøskade på området det deponeres. Over Lygna er det imidlertid bruk for myrmasser til restaurering, i tillegg til at det kan deponeres trykt i nærområdet. Slike forutsetninger vil ha et svært positivt bidrag til miljøavtrykket samlet sett. Vanngjennomstrømming i området vil kunne forbli som lik dersom en beholder samme system med tanke på rørgjennomgang under vegkroppen som eksisterende veg. Ny trase er planlagt inntil den nåværende, slik at det hydrologiske miljøet forhåpentligvis ikke vil bli påvirket i vesentlig grad sammenliknet med i dag.



Figur 59: Kvartærologisk kart over området rundt Lygna

## **Forbelastning**

I likhet med massutskiftning vil miljøet direkte knyttet til vegoverbyggingen bli totalt ødelagt. Men det kan ses på som en mer skånsom prosess der hosliggende miljø vil kunne tilpasse i større grad. Grunnvannsstanden vil kunne tilpasse seg gradvis slik at det ikke vil bli store svingninger. Dette er en stor fordel med tanke på miljøet i området som ofte kan være svært sårbart, selv små endringer. Det blir viktig å fortsatt bevare naturlig vannstrøm i området, blant annet inn til Lygnavannet. Forbelastning er tidkrevende og det kan føre til en lengere anleggsprosess som kan forstyrre plante og dyreliv i området over lenger tid. Hvilken effekt dette eventuelt har må bli kartlagt av eksperter på området.

## **Peling**

Peling er en metode som det i Norge ikke er veldig mange gode data på, med tanke på miljø. Men erfaringene fra prosjekter i tidligere tyder på at miljøet utenfor vegkroppen blir lite påvirket. Grunnen til dette er at grunnvannsstanden ikke endres og vannet lar seg transportere mellom pelene. Det er usikkerheter knyttet til hvordan ph-nivået påvirkes av kalksementpeler siden de settes uherdet ned i myren og forsterker grunnen. Foreløpige målinger fra prosjektet på Lunner tyder på at tilstøtende områder ikke har fått betydelige ph endringer. Men det knyttes fortsatt usikkerhet til langtidseffekter av nedsetting av peler. En kan også risikere uønsket utslipp av både stål og betongpeler, men dette trengs det også bedre data på før en kan si noe sikkert om langtidseffektene. På Lygna er det rimelig å anta at den nye vegen ikke vil gjøre vesentlig forskjell på grunnvannsstand og vanngjennomstrømming sammenliknet med i dag. Dette på bakgrunn av at ny veg vil legges inntil eksisterende. Beholder en eksisterende drengssystemer vil effektene av den nye vegen bli minimale med tanke på vanngjennomstrømming i området.

## 6.2 Differensiering av metode langs strekningen

Det er ingen automatikk kun benyttes en type overbygningsmetode langs en strekning over myr, selv om det mange tilfeller er hensiktsmessig med tanke på anleggsdriften, siden ulike metoder forskjellig anleggsutstyr. Ser en på tegningsheftet mellom 1800 og 1950 kan det se ut til å være en naturlig ravine, hvor det er langt dypere ned til fast fjell sammenliknet med resten av trassen. I denne delen av diskusjonen skal vi vurdere om det kan være hensiktsmessig å differensiere denne dele av strekningen. Partiet det er snakk om er ca. 150m og har ifølge kartet på det meste ca. 4m løsmasser. Området ligger i en forsenkning i terrenget, slik at en vil være avhengig av tilføye masser og heve terrenget ca. 3m sammenliknet med i dag. Mellom 1825-1875 ligger i dag en skiløype/sti som går i en kulvert under eksisterende veg, som en kan se i figur 60. Dette er nok mye av grunnet til at terrenget ligger spesielt lavt her. Det vil si at deler av denne parsellen allerede kan ses på som berørt siden det er lagt grus og blitt planert i ski/gang traseen.



*Figur 60: Bilde av nåværende kulvert under vegen ved Lygna*

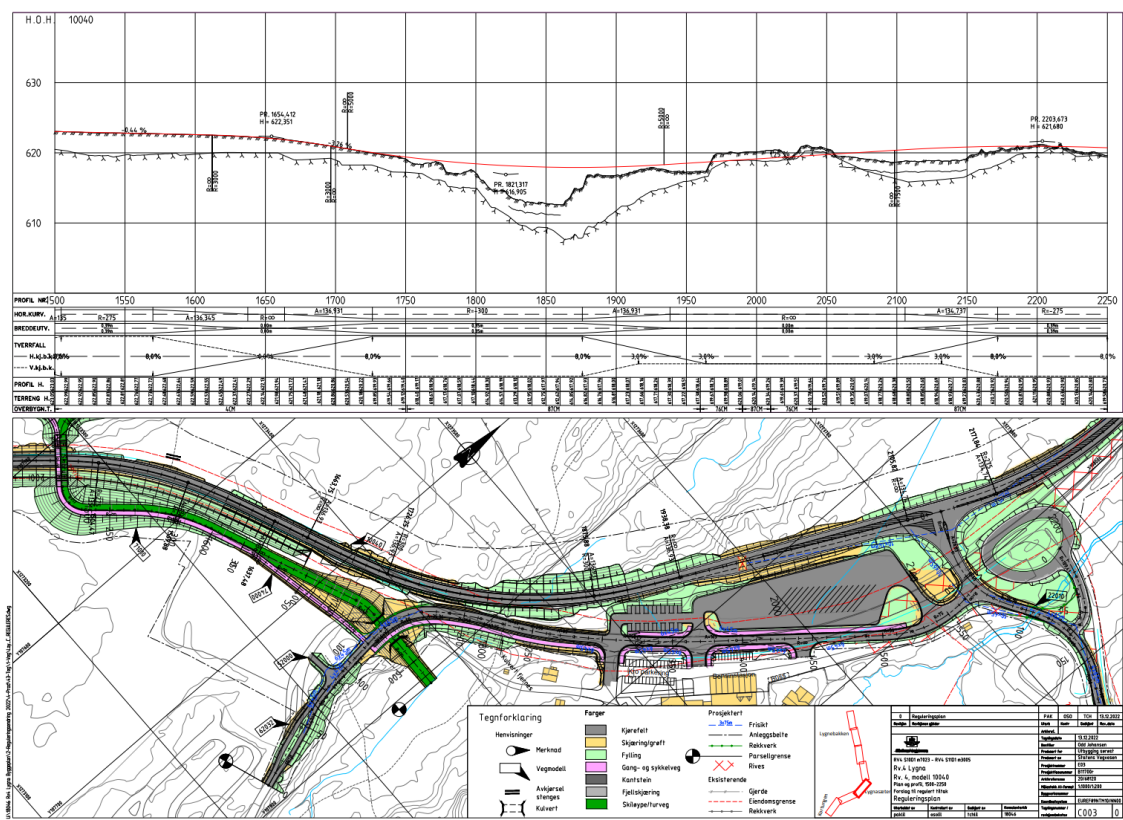


Figure 61: Kartutsnitt over Lyngnasæter

Tar en utgangspunkt i at dette området består av mye myr kan det være mye CO<sub>2</sub> å spare ved å for eksempel forbelaste strekningen, slik at biomassen kan holde på karbonet.

Vurderingen blir om det er verdt å benytte en annen metode på dette partiet, på grunn av at det kan antas dypere myr her. Om vi studerer boreprøve tatt fra området kan det se ut som at det er ca. 1,5m myr før det blir fastere masser(boreprøve 2030) , ned til berg som er antatt etter 3m. Der er ikke boret lenger ned i berget, så vi vil tillegge denne prøven noen usikkerheter. Dessverre vurderer vi kun boreprøve 2030 som relevant for området, slik at det blir vanskelig å vurdere om det er store variasjoner i området rundt. Det burde ideelt sett vært mer date for dette området, så en kunne gjøre vurdering på et bedre grunnlag.

Skal en vurdere de grunnundersøkelser som er gjort, samt erfaring fra befaring, er det ikke et tilstrekkelig grunnlag synes vi til å bruke betydelige ressurser på å gjennomføre en annen metode på denne delen av strekningen.

## 7 Konklusjon

Gjennom arbeidet med denne rapporten konkluderer vi med det ikke finnes en type vegoverbygningsmetode over myr som er mest hensiktsmessig i alle tilfeller. Grunnforhold, miljø, massebalanse, beliggenhet og prosjektomfang er noen av faktorene som påvirker hvilken metode som er mest hensiktsmessig. Det er på høy tid at klima og miljø vektas mer i konkurransegrunnlaget, og at entreprenører belønnes for å tenke nytt og strekke seg for å ivareta miljø og klima. Likevel kan ikke klima og miljø alene legge alle føringene for samferdselsprosjekter. Vegen må opprettholde god standard og trafikksikkerhet, samt holdes på et kostnadsnivå som gjenspeiler den samfunnsmessige nytten.

I vår case RV4 Lygnebakken – Almenningsdelet konkluderer vi med at det vil være den beste løsningen å foreta en masseutskiftning, der så mye av den uberørte myren som mulig blir brukt til myrrestaurering i nærområdet. Masser med stort innhold av biomasse anbefaler vi at blir brukt til hensiktsmessige forhold, helst i nærområdet. Ved en masseutskiftning vil en kunne sikre seg en veg med minimal setningsrisiko som vil opprettholde god standard i lang tid. Mindre setninger og teleproblematikk gjør at en ikke trenger å asfaltere opp igjen vegen like ofte, og det vil bety store CO<sub>2</sub> besparelser. En god vegoverbygning vil også bidra til en jevnere veg som bedrer trafikksikkerheten, som er en av hovedgrunnene til at vegen skulle utbedres i utgangspunktet.

Med tanke på klima, miljø og økonomi synes vi at det var en svært fornuftig avgjørelse å nedskalere prosjektet og dermed beslaglegge betydelig mindre uberørte arealer.

Det blir svært interessant å se resultatene av myrrestaureringen i området. Viser det seg at utgravd myr kan transporteres og brukes til myrrestaurering, vil det være en stor fordel for klimaavtrykket til prosjektet. Iht. tiltakshierarkiet (Johansen, et al., 2015) vil istandsetning og kompenserende tiltak være positivt med tanke på miljø og klima.

Gode samferdsel og infrastruktur er viktig for samfunnet, men det er også viktig å få med seg det store bildet å ivare ta miljø og klima som påvirker oss alle.

# Bibliografi

Amndsen, B. O., 2023. *veier24.no*. [Internett]

Available at: <https://www.veier24.no/artikler/her-gar-det-mest-i-blot-leire-og-myr-men-vi-holder-framdriften/530369>

[Funnet 5. Mai 2023].

Amundsen, B. O., 2023. *Veier24.no*. [Internett]

Available at: <https://www.veier24.no/artikler/almenningsdelet-lygnebakken-ny-riksvei-4-kontrakt-til-100-mill-er-lyst-ut/528993>

[Funnet 08 Mai 2023].

Ansaffelser.no, 2022. *Ansaffelser.no*. [Internett]

Available at: <https://ansaffelser.no/hva-skal-du-kjope/bygg-anlegg-og-eiendombae/gjennomforingsmodeller/samspillsentreprise-bae>

[Funnet 19 Mai 2023].

Arbeidstilsynet, 2023. *Arbeidstilsynet*. [Internett]

Available at: <https://www.arbeidstilsynet.no/hms/hms-i-bygg-og-anlegg/forskjellen-pa-hms-og-sha/>

[Funnet 21 Mai 2023].

artsdatabanken, 2016. *www.artsdatabanken.no/*. [Internett]

Available at: [https://www.artsdatabanken.no/Pages/205793/Hvor\\_i\\_myra](https://www.artsdatabanken.no/Pages/205793/Hvor_i_myra)

[Funnet 3 Februar 2023].

Aurstad, J., 2016. Lærebok Vegteknologi. I: s.l.:Statens vegvesen.

Aurstad, P., 2022. *Statistisk Sentralbyrå*. [Internett]

Available at: <https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/konsumpriser/artikler/hva-er-inflasjon>

Bragstad, R., Telle, R. & Paul Senstad, 2014. *Miljøeffekter og energireduksjon ved asfaltering, nr. 319*, s.l.: Statens Vegvesen.

Bryn, A., 2016. *www.nibio.no*. [Internett]

Available at: <https://www.nibio.no/nyheter/meir-myr-enn-antatt>

[Funnet 15 1 2023].

DAG O. HESSENa, b. o. V. V., 2022. Buffering Climate Change with Nature.

Det kongelige samferdselsdepartementet, 2021. *Nasjonalt transportplan 2022-2033*, Oslo: Regjeringen.

Direktoratet for byggkvalitet, 2012. *DIDBK.no*. [Internett]

Available at: <https://dibk.no/saksbehandling/kommunalt-tilsyn/temaveiledninger/tilsyn/del-3-->

vedlegg/vedlegg-3.2/3.2.5.-entreprisereformer

[Funnet 20 mars 2023].

Direktoratet for forvaltning og økonomistyring, 2023. *Doffin*. [Internett]

Available at: <https://www.doffin.no/Home/About>

[Funnet April 2023].

Egge, H. H., 2023. <https://eu.eu-supply.com>. [Internett]

Available at: <https://eu.eu-supply.com/ctm/Supplier/PublicTenders/ViewNotice/313761>

[Funnet 2 april 2023].

Eliston, A., 2021. *NVE*. [Internett]

Available at: <https://www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-energi/lavt-klimagassutslipp-knyttet-til-norsk-stromforbruk-i-2020/>

[Funnet 05 mai 2023].

Emdal, A., 2022. *Introduksjon til Geoteknikk*. 1 red. Trondhjem: Norsk teknisk-naturvitenskapelige universitet .

EPA, 2023. [www.epa.gov](http://www.epa.gov). [Internett]

Available at: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials#Learn%20why>

[Funnet 2 mai 2023].

Equinor, 2022. *Carbon capture and storage*. Bergen: Equinor.

FN Sambandet , 2023. *FN-Sambandet*. [Internett]

Available at: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/god-helse-og-livskvalitet>

[Funnet 06 mai 2023].

FN, 2023. [www.fn.no](http://www.fn.no). [Internett]

Available at: <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer>

[Funnet 4 Mai 2023].

FN-Sambandet , 2020. *Fn-Sambandet*. [Internett]

Available at: <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen>

[Funnet 21 mai 2023].

FN-Sambandet , 2023. *FN-Sambandet*. [Internett]

Available at: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/stoppe-klimaendringene>

[Funnet 06 Mai 2023].

FN-sambandet , 2023. *FN-sambandet*. [Internett]

Available at: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/anstendig-arbeid-og-oekonomisk-vekst>

[Funnet 06 mai 2023].



- FN-Sambandet , 2023. *FN-sambandet*. [Internett]  
Available at: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/industri-innovasjon-og-infrastruktur>  
[Funnet 06 mai 2023].
- FN-Sambandet , 2023. *FN-Sambandet*. [Internett]  
Available at: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/livet-i-havet>  
[Funnet 07 mai 2023].
- FN-sambandet, 2021. *fn.no*. [Internett]  
Available at: <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/fns-klimakonvensjon>
- FN-Sambandet, 2023. *FN-sambandet*. [Internett]  
Available at: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/livet-paa-land>  
[Funnet 07 Mai 2023].
- Fossum, M. L., 2021. *Derfor er myrer og våtmarker viktige* , s.l.: Regjeringen.no.
- Grønmo, S., 2023. *Store Norske Leksikon*. [Internett]  
Available at: [https://snl.no/kvalitativ\\_metode](https://snl.no/kvalitativ_metode)  
[Funnet 21 mai 2023].
- Grønmo, S., 2023. *Store Norske Leksikon*. [Internett]  
Available at: [https://snl.no/kvantitativ\\_metode](https://snl.no/kvantitativ_metode)  
[Funnet 02 Mai 2023].
- Hagberg, K., Sagbakken, A. & Frydenlund, T. E., 2010. *Goeteknisk Felthåndbok*. 1 red. Oslo: Vegdirektoratet.
- Johansen, Aker, P. & Dalen, M., 2015. *Når vegen berører myra*, s.l.: Statens vegvesen.
- Klima- og miljødepartementet, 2016. <https://lovdata.no>. [Internett]  
Available at: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-06-19-100>  
[Funnet 1 mai 2023].
- Kommunal- og distriktsdepartementet, 2023. *Lovdata*. [Internett]  
Available at: [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/\\*#&#x2a;](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/*#&#x2a;)  
[Funnet 9 Mars 2023].
- Konkka, A., 2022. *Junttan*. [Internett]  
Available at: <https://junttan.com/first-six-electric-months/>  
[Funnet 14 Mai 2023].
- Landfield, A. H., 2013. [www.sciencedirect.com/](http://www.sciencedirect.com/). [Internett]  
Available at: <https://ceramics.org/wp-content/uploads/2017/05/EVA025-MIRO-Life-Cycle-Assessment-of-Aggregates-final-report.pdf>  
[Funnet 16 Januar 2023].

Larsen, H., 2019. *SNL*, s.l.: Store Norske leksikon .

M-1941, Miljødirektoratet, 2023. <https://www.miljodirektoratet.no>. [Internett]  
Available at: <https://www.miljodirektoratet.no/hoeringer/2023/februar-2023/revisjon-av-handbok-m-1941-konsekvensutredninger-for-klima-og-miljo/>  
[Funnet 1. mai 2023].

Miljødirektoratet , 2020. *Miljødirketoratet.no*. [Internett]  
Available at: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energiplanlegging/tabeller-for-omregning-fra-energivarer-til-kwh>  
[Funnet 05 mai 2023].

miljødirektoratet, 2019. *miljødirektoratet.no*. [Internett]  
Available at: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energiplanlegging/tabell-for-omregning-av-co2-ekvivalenter/>

Miljødirektortat, 2020. *miljødirektoratet.no*. [Internett]  
Available at: <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2021/april-2021/plan-for-restaurering-av-vatmark-i-norge-2021-2025/>

Munro, R., 2004. *Dealing with bearing capacity problems on low volum roads constructed on peat.* , Brussel : Roadex II Northern periphery .

NGU, 2018. *Stabilitet*. [Internett]  
Available at: <https://www.ngu.no/grunnvanninorge/alt-om-grunnvann/generelt-om-grunnvann/stabilitet>  
[Funnet November 2022].

Nilstun, C., 2021. *Store Norske leksikon*. [Internett]  
Available at: <https://snl.no/homogen>  
[Funnet 21 Mai 2023].

Norges tekniske naturvitenskapelige universitet , 2016. *Kombendidum Anleggsteknikk*. 1 red. Trondheim: Norges tekniske naturvitenskapelige universitet .

Norsk Geoteknisk Forening , 2012. *Veiledning for grunnforsterkning med kalksementpeler* , Oslo: Norsk Geoteknisk Forening.

Norsk Prisbok, 2022. *Norsk Prisbok*. [Internett]  
Available at: <https://www.norskprisbok.no/Home.aspx>  
[Funnet mai 2023].

Norsk Standard , 2014. *NS3450:2014, Konkuransegrunnlag for bygg og anlegg*, Oslo: Standard Norge.

Norsk Standard , 2019. *Euriokode 1: Laster på konstruksjoner*, Oslo: Standard Norge.

Norsk Standard , 2020. *Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering, Almenne regler* , Oslo: Norsk Standard .

Norsk Standard, 2020. *ISO 16950, Organisering og digitalisering av informasjon om byggverk, inkludert bygningsinformasjonsmodellering (BIM) og informasjonsforvaltning med BIM*, Oslo: Norsk Standard .

Nygård, F., 2022. *nrk.no*. [Internett]

Available at: <https://www.nrk.no/nordland/her-bygger-de-vei-over-myra--og-hermetiserer-klimagasser-1.16081410>

[Funnet 15 November 2022].

Regjeringen, 2021. *Regjeringen.no*. [Internett]

Available at: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/>

[Funnet 21 Mai 2023].

roadex, 2020. *KONSTRUKSJONSLØSNINGER*. [Internett]

Available at: <https://www.roadex.org/nb/e-learning/leksjon/veger-pa-myr/7-konstruksjonslosninger/>

[Funnet 8 Mars 2023].

Roos; n Krogh og, 2016. *internasjonalisering globalisering og fremvoksende markeder. I: Strategi som konkurranse fortrind* . s.l.:Fagbokforlaget - forlag , p. 37.

Skoglund, J., 2022. *Bygger ny E6 oppå myra - reduserer Co2-utlippene med 90 prosent*. [Internett]

Available at: <https://www.veier24.no/artikler/bygger-ny-e6-oppa-myra-reduserer-co2-utlippene-med-90-prosent/521953>

[Funnet 15 februar 2023].

Sosialistisk Venstreparti, 2022. *Budsjettforlik mellom AP/SP og SV 2023*, Oslo: s.n.

Statens vegvesen, 2008. *Håndbok 017 - Veg- og gateutforming*. Trondhjem: Dialecta - Trykk.

Statens vegvesen, 2015. *Metode for beregning av CO2-utlipp knyttet til arealbeslag*. 1 red. s.l.:Statens vegvesen.

Statens vegvesen, 2015. *N400 - Bruprosjektering*. 2 red. Oslo: Statens vegvesen.

Statens vegvesen, 2018. *N200-Vegbygging*. s.l.:Statens Vegvesen.

Statens vegvesen, 2018. *V221- Grunnfrosterkning, fyllinger og skråninger*, s.l.: Statens Vegvesen.

Statens vegvesen, 2020. *Statens vegvesen*. [Internett]

Available at: <https://www.vegvesen.no/fag/veg-og-gate/planlegging-prosjektering-og->

grunnerverv/planlegging/konseptvalgutredninger-kvu-og-ks1/  
[Funnet 27 Mars 2023].

Statens vegvesen, 2021. *N100 Veg- og Gateutforming*, Oslo: Statens Vegvesen.

Statens vegvesen, 2021. *V712 Konsekvensanalyser*, s.l.: Statens Vegvesen.

Statens vegvesen, 2022. *Almeningsdelet - Lygnebakken - Beskrivende del*, Roa: Statens Vegvesen.

Statens vegvesen, 2022. *Geoteknikksk datarapport, Rv4 Almenningsdelet - Lygnebakken*, Lillehammer: Statens Vegvesen.

Statens vegvesen, 2022. *V 220 - Geoteknikk i Vegbygning*. 2 red. s.l.: Statens Vegvesen.

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

Available at: <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/klima-miljo-og-omgivelser/naturmangfold/fysisk-kompensasjon/>

[Funnet 21 Mai 2023].

Statens vegvesen, u.d. *Vegvesen.no*. [Internett]

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

[Funnet 08 Mai 2023].

Statens vegvesen, S., AS, N. V. & SF, B. N., 2022. <https://www.vegvesen.no>, s.l.: Miljødirektoratet.

Statistisk Sentralbyrå , 2023. *Statistisk sentralbyrå*. [Internett]

Available at: <https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/konsumpriser/statistikk/konsumprisindeksen>

[Funnet 3 Ma 2023].

Steel, C., 2021. *Myr*. [Internett]

Available at: <https://www.sabima.no/trua-natur/myr/>

[Funnet 15 Mars 2023].

Store Norske Lesksikon, 2019. *Store Norske leksikon*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/pozzolan>

[Funnet 21 mai 2023].

Structor Lillehammer AS, 2023. *Reguleringsplan RV 4 Lygna* , Lillehammer : Statens vegvesen .

Thue, J. V., 2020. *snl.no*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/karbonatisering>

[Funnet 4 Februar 2023].

Universitetet I OSLO, 2011 . *Myr*, s.l.: s.n.

Vallero, D. A., 2019. *www.sciencedirect.com*. [Internett]  
Available at: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/global-warming-potential>  
[Funnet 2 mai 2023].

Øiseth, E., 2018. *Lofast - Midlertidig anleggsveg på myr*, Trondhjem : SINTEF.

# Vedlegg

**Vedlegg 1: Konkuransegrunnlaget for prosjektet over Lygna**

**Vedlegg 2: Tegningsgrunnlag**

**Vedlegg 3: Geoteknisk rapport**

**Vedlegg 4: Excel utregninger for prosjektet**

**Vedlegg 5: Priser Geotekniske undersøkelser**

**Vedlegg 6: vegLCA- Statens vegvesen**

**Vedlegg 7: Orientering fra statsforvalteren**