



Vedlegg 3 – Usikkerhetsanalyse

Kvalitetssikring (KS 2) av Stad skipstunnel

Innhold

1. Innledning	3
2. Prosjektets vurdering av investeringskostnadene	4
2.1 Prosjektets oppdatert basiskalkyle	4
2.2 Prosjektets usikkerhetsanalyse	4
3. Vår vurdering av mottatt underlag	5
3.1 Utvalgte tekniske forhold	5
3.2 Prosjektets kostnadskalkyle	6
3.3 Prosjektets usikkerhetsanalyse og resultat	7
4. Rammer for vår usikkerhetsanalyse	9
4.1 Dokumentasjonsunderlag	9
4.2 Prosess	9
4.3 Forutsetninger og sentrale forhold for analysen	9
4.4 Vår metodiske tilnærming	10
5. Usikkerhetsbildet	13
5.1 Valgte usikkerhetsdrivere og hendelser	13
5.2 Estimatusikkerhet	13
5.3 Designutvikling frem til dialogfase	14
5.4 Endringer i krav til prosjektet	14
5.5 Prosjektorganisering og styring	15
5.6 Markedsusikkerhet	15
5.7 Videreutvikling i dialogfase	16
5.8 Gjennomføring av entreprisen	17
5.9 Massehåndtering	17
6. Våre resultater	19
6.1 Usikkerhetsspenn og hovedresultater	19
6.2 Bidrag til usikkerhetsbildet	20
6.3 Usikkerhetselementenes bidrag til P50 og P85-verdi	20
6.4 Oppsummering av resultater og sammenligning mot prosjektet	22
Bilag A	23
Bilag B	24

1. Innledning

I 2018 gjennomførte Atkins Norge AS og Oslo Economics AS en kvalitetssikring av styringsunderlag og kostnadsoverslag (KS2) for Stad skipstunnel. KS2-rapport ble levert i mai, "Statens prosjektmodell, rapport nr. D055b". I desember 2018 sendte Samferdselsdepartementet en bestilling til Kystverket om å gjennomgå prosjektet med formål å få kostnaden ned til NTP-nivå.

Atkins Norge AS og Oslo Economics AS er gitt i oppdrag fra Samferdselsdepartementet (SD) og Finansdepartementet (FIN) å utføre en forenklet kvalitetssikring (KS2) av Stad skipstunnel gjennom en oppdatering av KS2 fra 2018, der hovedoppgaven er å foreta en gjennomgang av kostnadsanslaget og prosjektets usikkerhet, samt en vurdering av prosjektets gjennomføringsstrategi, i lys av de elementer som er endret fra 2018.

Igjennom videreutviklingsprosessen har prosjektet oppnådd betydelige kostnadsbesparelser ved blant annet endrede entringskonstruksjoner og optimalisert drivningsarbeidet (sprengning). I tillegg har omfanget av bergsikring blitt redusert etter at nye geologiprøver har bekreftet bedre fjellkvalitet. Totalt har prosjektet redusert investeringskostnaden med 511 MNOK (2016-kr, ekskl. mva.)

Den detaljerte KS2-dokumentasjonen av investeringskostnader og tilhørende usikkerhet er omfattende. I tillegg vil deler av denne dokumentasjonen ha grad av markedssensitiv informasjon (bl.a. vurdering av enhetspriser). Etter avtale med Finansdepartementet er vurdering og eventuell beslutning om dette vedlegget skal unndras offentlig eller ikke overlatt til oppdragsgiver (SD og FIN).

2. Prosjektets vurdering av investeringskostnadene

I kapittelet vises basiskostnader med tilhørende usikkerhetsvurdering som er lagt til grunn i mottatt underlag.

2.1 Prosjektets oppdatert basiskalkyle

Prosjektets kalkyler og kostnader er gitt i Stad skipstunnel – Videreutvikling og optimalisering, samt i oversendt grunnkalkyle (excel-dokument).

Prosjektet har tatt utgangspunkt i kvalitetssikret basiskalkyle fra KS2 2018. Denne kalkylen var estimert i 2016-kroner og deretter indeksert frem til Q1 2018 som var prisnivå ved kvalitetssikrings sluttrapport. Prosjektet har gjort estimatendringen, basert på videreutvikling og optimalisering, i 2016-kroner og indeksert kostnaden frem til prosjektets prisnivå som er Q1 2019.

Prosjektets oppdatert basiskalkyle er vist i Tabell 2-1 under, sammenlignet med basiskalkyle fra KS2 i 2018.

Tabell 2-1: Basiskalkyle etter videreutvikling og optimalisering, mill. kroner

Post	KS2 2018	Videreutvikling	Prosjektets basiskalkyle
A Veg i dagen	●		●
B Konstruksjoner	●	●	●
C Fjelltunnel	●	●	●
D Tekniske installasjoner	●		●
E Andre tiltak	●		●
P Byggherrekostnader	●		●
Q Grunnerverv	●		●
SUM basis, 2016-kroner ekskl. mva.	2 430	-511	1 919
Indeksring frem til Q1 2019			181
Sum basis, Q1 2019-kroner ekskl. mva.			2 099
Sum basis, Q1 2019-kroner inkl. mva.			2 599

Kilde: Kystverket, Atkins Norge og Oslo Economics

2.2 Prosjektets usikkerhetsanalyse

I Rapport Stad skipstunnel – Videreutvikling og optimalisering har prosjektet gjennomført en oppdatert kostnads- og usikkerhetsanalyse basert på anslagsrapporten som ble utgitt i 2017 og KS2 2018. Tabell 2-2 viser et sammendrag av prosjektets resultater fra usikkerhetsanalysen. Vi har indeksert resultatene med 1,2 prosent for å synliggjøre dagens prisnivå.

Tabell 2-2: Resultater fra prosjektet usikkerhetsanalyse, mill. kroner inkl. mva.

Parameter	Prisnivå Q1-2019	Prisnivå Q2-2020
P50	2 880	2 910
P85	3 290	3 330
Standardavvik	13,5 %	13,5 %

Kilde: Kystverket, Atkins Norge og Oslo Economics

3. Vår vurdering av mottatt underlag

Vi har gjennom studie av mottatt dokumentasjon og arbeidsmøter med prosjektet vurdert kvaliteten i basiskostnadene og vurdert om nødvendige arbeider er medtatt for at prosjektet skal kunne realiseres. Vi har i prosessen med kvalitetssikring av basiskalkylen fått bistand fra Sweco. Vurderinger som Sweco har gjort er oppsummert i et notat som er vedlagt denne rapport, se bilag B.

Vår samlede vurdering er at kostnadsgrunnlaget er tilstrekkelig dokumentert og er på et nivå som representerer et prosjekt i forprosjektfase.

I foregående kapittel ble prosjektets basiskalkyle og usikkerhetsvurdering presentert. I dette kapittelet presenteres våre vurderinger av mottatt underlag.

3.1 Utvalgte tekniske forhold

I arbeidet med kvalitetssikring av basiskalkylen er det noen tekniske forhold vi ønsker å trekke frem. Forholdene er i det følgende kort beskrevet.

Geologi og grunnforhold

Som en del av videreutviklingen har prosjektet gjennomført supplerende prøvetaking av bergkvaliteten. Kjerneborhullene viser at bergkvaliteten er vesentlig bedre enn tidligere forutsatt. I forprosjektrapporten hadde 39 % av tunnelen en Q-verdi under 10, mens dette nå er redusert til ca. 2 %. Prøvetakingen representerer for øvrig bare 45 % av tunnelens lengde. Vurderingen av Q-verdi har dermed stor grad av usikkerhet.

Stabilitetssikring

Prosjektet har vesentlig redusert omfanget av sprøytebetong (stabilitetssikring) i skipstunnelen med bakgrunn i at det ikke forutsettes sikring med sprøytebetong på veggene i samme grad som tidligere mtp. nye grunnundersøkelser. Vi er i utgangspunktet enig i dette resonnementet, men vår oppfatning er at sprøytebetong normalt ikke blir benyttet i høye bergvegger i dagen, som er tilfellet her. Derimot benyttes sikringsnett for å sikre mot mindre utfall i oppsprukket berg som erstatning for sprøytebetong i bergvegger.

Vi er også enige i at sikring av bergvegger i all hovedsak ivaretas av bergbolter og stag. Bergarten er massiv, og mulige utglidninger i veggene vil hovedsakelig være i form av større bergblokker. For å ivareta stabilitet under nedspregning («palling») i tunnelen, mener vi at også til en viss grad må legges til grunn systematisk bolting i vegger og stagforankring må utføres før neste pall tas ut.

Tunneldriving

Kostnadene for fjelltunnel er vesentlig redusert igjennom videreutviklingen. Så vidt vi kan se, er prinsippet for driving av skipstunnelen den samme som ble lagt til grunn for forprosjektrapporten fra 2016.

Det er i tillegg foreslått å drive en atkomsttunnel parallelt med skipstunnelen med hensikt å oppnå en mer rasjonell uttransport av masser. I forprosjektrapporten var også parallell atkomsttunnel nevnt som en mulighet. Den gangen ble denne løsningen vurdert til å ha for høy kostnad i forhold til spart tid. I et veg- og jernbaneprosjekt ble det nylig vurdert at en meterspris for rømnings- og atkomsttunneler med 40 m² tverrsnitt vil minimum koste kr 300 pr. m. Vi støtter derfor konklusjonen i forprosjektrapporten om at kostnaden er for høy i forhold til tidsbesparelsen.

Vann- og frostsikring

I forprosjektet fra 2017 var det forutsatt vann- og frostsikring med PE-skum/sprøytebetong. Det er nå endret til vannsikring med Giertsen-duk. Vår erfaring er at Giertsen-duken er ømfintlig for vindkrefter. Prosjektet har antatt at vindkrefter i tunnelen ikke vil bli problematisk.

Prosjektet har videre forutsatt at Giertsen-duken monteres i normal høyde for vegtunneler. Vi er i av den oppfatning at montering av Giertsen-duk i normal høyde før tunnelen er ferdig sprengt har stor risiko for skader på duken pga. mye toppsprut ved sprengning av salver videre nedover i profilet. Vi mener derfor at det i tillegg må gjøres tilstrekkelig dekning/beskyttelse av duk.

3.2 Prosjektets kostnadskalkyle

Basiskalkylene som er lagt til grunn for vår usikkerhetsanalyse er basert på KVV-ens estimater. Vi har vurdert mengder og enhetspriser på et overordnet nivå og gjort enkelte mindre endringer på disse. Vi har særlig rettet oppmerksomhet mot prosjektets endringer fra KS2 2018.

Rigg og drift

Påslagene for entreprenørens rigg og drift har vært stigende de siste årene. Erfaringstall fra kontrakter på tunnelarbeider i Statens vegvesen, viser et gjennomsnitt på ca. 10 %. Vi mener at påslaget derfor bør økes fra 10 prosent til 15 prosent.

Vår endring vil påvirke kostnadspostene i hovedkapitlene Veg i dagen, Konstruksjoner, Fjelltunnel, Tekniske installasjoner og Andre tiltak.

Fjelltunnel - Sprengning/masseflytting

I anslaget fra 2017 ble sprengningsprisen vurdert til 1000 kroner per m³ av prisgiverne. Under KS2 ble enhetsprisen foreslått økt til 1200 kroner. Enhetsprisen er nå redusert til 800 kroner pr. m³, basert på et riggpåslag på 10 %.

Basert på enhetspriser fra et nylig gjennomført anslag for et større veg- og jernbaneprosjekt, og basert på fordeling av drivemetoder fra rapporten, blir gjennomsnittlig sprengningspris 800 kroner per m³ (2016-nivå). Enhetsprisene ble vurdert av meget erfarne byggeledere fra Statens vegvesen og Bane NOR, samt entreprenør.

Vi er enig i at det kan oppnås stordriftsfordeler og setter sannsynlig sprengningspris til 800 kroner per m³. Det gir sannsynlig verdi for element C1 Sprengning/masseflytting på 1000000000 kroner.

Fjelltunnel - Sikring

Prosjektet har i løpet av videreutviklingen redusert antall berganker fra 12 000 stk. til 2 000 stk. Vi har valgt å legge et boltemønster på 3x3 m til grunn i vegger, og i snitt 2 stag pr. meter tunnel. Dette gir i alt ca. 36.000 stk. bolt og 3400 stag. Som nevnt under kapittel 3.1 har vi også valgt å øke mengden sprøytebetong med et tillegg på 10% for å ivareta sikring av bergveggene.

Det er forutsatt samme antall sikringsbuer som tidligere, 30 stk. Mengden armering i sikringsbuene er imidlertid vesentlig redusert fra 70 tonn til 26 tonn. Reduksjonen skyldes at lengden på sikringsbuene er endret fra ca. 95 m til ca. 35 m. Vi mener at sikringsbuene bør gå fra vederlag til vederlag og at lengden derfor blir ca. 60 m. Det tilsvarer en armeringsmengde på 45 tonn som vi mener bør legges til grunn som sannsynlig mengde.

Basert på ovenfor nevnte sikringsmengder er vår sannsynlige verdi for element C2 Sikring 1000000000 kroner.

Fjelltunnel - Vann/frostsikring

Giertsen-duken er priset til 1000 kroner per m² ferdig montert. Enhetsprisen skal være basert på montering i normal høyde for vegtunneler uten tillegg for montering i stor høyde. I forprosjektrapporten fra 2017 var enhetsprisen for PE-skum/sprøytebetong økt fra 1000 kroner per m² til 1200 kroner per m² på grunn av montering i stor høyde etter at tunnelen er sprengt. Vår oppfatning er at montering av Giertsen-duk i normal høyde før tunnelen er ferdig sprengt har stor risiko for skader på duken pga. mye toppsprut ved sprengning av salver videre nedover i profilet. Og videre at tilstrekkelig dekning/beskyttelse av duk vil øke kostnadene betydelig. Det er derfor sannsynlig at det også med bruk av Giertsen-duk, vil komme et tillegg for montering i stor høyde fra eget fartøy. Vi mener derfor at en enhetspris på 1000 kroner per m² er en lav verdi og at sannsynlig verdi bør ligge på 1200 kroner per m². Det gir sannsynlig enhetspris for C3 Vann/frostsikring på kr 1000000000 kroner per m². Det er ikke gjort mengdejusteringer.

Fjelltunnel Atkomsttunnel

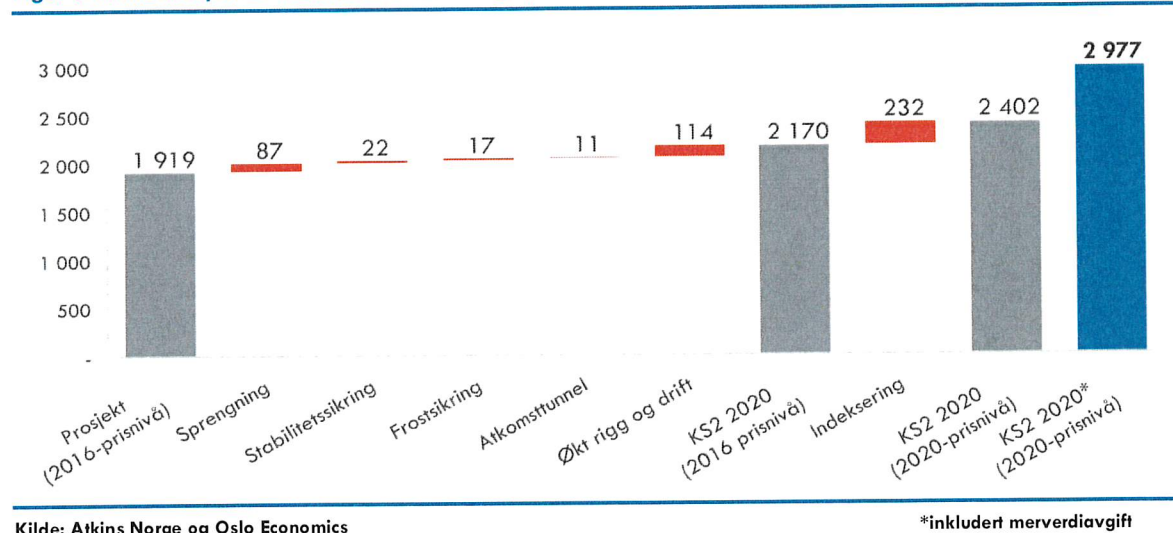
Kostnaden for atkomsttunnelen er vurdert til 1000 kroner per m³. Det gir en meters-pris på ca. 1000000000 kroner for et tverrsnitt på 40 m². I veg- og jernbaneprosjektet nevnt under avsnitt Fjelltunnel – Sprengning/masseflytting vurderte prisgiverne metersprisen for rønnings- og atkomsttunneler med 40 m² tverrsnitt til minimum 1000000000 kroner per meter (2019-nivå). Vår sannsynlige verdi settes derfor til 1000000000 kroner per meter (2016-prisnivå).

Oppsummering av våre justeringer av prosjektets basiskalkyle

Vi har med bistand fra Sweco kvalitetssikring mottatt underlag. Vi har vurdert utvalgte tekniske forhold som prosjektet har endret gjennom sin designutviklingsprosess. Videre har våre vurderinger av basiskalkylen medført en økning. I Figur 3-1 illustrerer vi våre endringer til kostnadsestimatet nevnt ovenfor. Våre endringer har medført en økning på 251 millioner 2016-kroner ekskludert merverdiavgift.

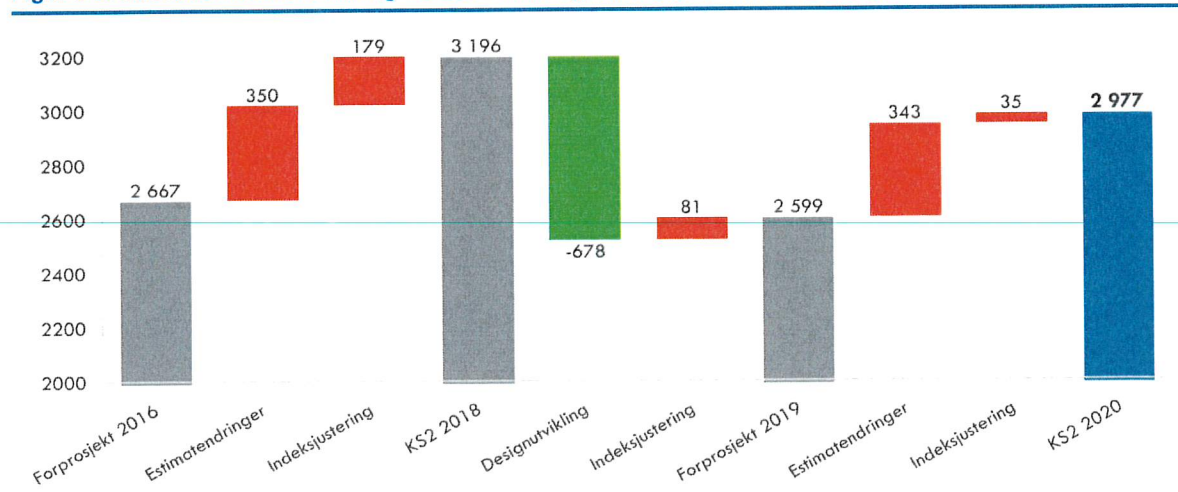
Basiskalkylen underlagt vår usikkerhetsanalyse er vist med blå søyle i både Figur 3-1 og Figur 3-2.

Figur 3-1: Illustrasjon av våre kostnadsendringer, mill. kroner



I Figur 3-2 viser vi basiskostnadens utvikling fra 2016 frem til dagens kalkyle som underlagt vår usikkerhetsanalyse. Figuren viser at fra basiskalkylen har økt med 310 millioner fra 2016 og frem til i dag. I samme perioden har lønns- og prisveksten vært 10,7 prosent. Fra forrige KS2 (2018) og frem til i dag har basiskostnaden blitt redusert med 219 millioner kroner til tross for at lønns- og prisstigning har vært på om lag 4,5 prosent.

Figur 3-2. Basiskostnadens utvikling fra 2016 til i dag, mill. inkludert merverdiavgift



3.3 Prosjektets usikkerhetsanalyse og resultat

Usikkerhetsvurderingene er basert på standard metode som benyttes i kravene til ekstern kvalitetssikring av forprosjekt for store statlige investeringsprosjekter, utarbeidet av Concreto på vegne av Kystverket. Resultatet fra analysen er tilstrekkelig dokumentert og prosjektet har gitt en kvalitativ beskrivelse av usikkerhet.

Vår vurdering er at standardavviket på 13,5 prosent er realistiske, men i det nedre sjiktet for et stort prosjekt i forprosjektfase. Resultatene fra prosjektets usikkerhetsanalyse er i tråd med vurderinger fra forskningsprogrammet Concept om at normalt standardavvik kan være på mellom 10 og 20 prosent for et prosjekt i de tidligste fasene.¹

Vi bemerker at prosjektets analyse er modellert uten samvariasjon. Vår vurdering er at estimeringen av estimatusikkerhet (pris og mengder) er gjennomført med flere felles bakenforliggende årsaker: prosjektbeskrivelse, estimeringsprosess, mengdeberegninger og tilnærming til uspesifisert. Å anta at disse postene er statistisk uavhengige vil derfor innebære en undervurdering av resulterende usikkerhet. Se også Concept Temahefte nr. 6: «Prosess for kostnadsestimering under usikkerhet»².

¹ Concept Temahefte nr. 6 Prosess for kostnadsestimering under usikkerhet, oktober 2015. Hvis usikkerhetsanalysen gjøres på grunnlag av ferdig forprosjekt, bør man forvente standardavvik på mellom 10 og 20 prosent.

² <http://www.ntnu.no/concept/concept-temahefter>

4. Rammer for vår usikkerhetsanalyse

Det er gjennomført en usikkerhetsanalyse etter standard metode som benyttes i kravene til ekstern kvalitetssikring av forprosjekt for store statlige investeringsprosjekter. Kapittelet gir en oversikt over forutsetninger og sentrale forhold for analysen, samt en kortfattet metodebeskrivelse.

4.1 Dokumentasjonsunderlag

Vår usikkerhetsanalyse er primært basert på følgende dokumenter:

- 01 Sentralt styringsdokument for Stad skipstunnel, 15.06.2019
- 02 Rapport Stad skipstunnel – Videreutvikling og prosjektoptimalisering, 15.06.2019
- 02-01 Rapport Stad skipstunnel - Vedlegg 1 Videreutvikling av konsept, 14.05.2019
- 02-03 Rapport Stad skipstunnel – Revidert forslag til tunneldrift 23.05.2019

Det er i tillegg mottatt underlagsdokumenter, Excel ark, som utdyper investeringskostnader. Se komplett oversikt over grunnlagsdokumenter i vedlegg 1 til hovedrapporten.

4.2 Prosess

Vurderingene av investeringskostnader og usikkerhet er basert på mottatt forprosjekt med tilhørende vedlegg, møter med prosjektet og supplerende informasjon mottatt i samtaler per e-post.

Proessen for gjennomføring av oppdraget er grundigere detaljert i vedlegg 2 til hovedrapporten.

4.3 Forutsetninger og sentrale forhold for analysen

Usikkerhetsanalysen skal synliggjøre usikkerhetsbildet og gi grunnlag for å vurdere styrings- og kostnadsrammer for prosjektet. Dette setter grenser for hvor store endringer og hvilke beslutninger som kan inkluderes i usikkerhetsanalysen. I Tabell 4-1 følger en kort beskrivelse av hvilke forutsetninger som er lagt til grunn for analysen.

Tabell 4-1: Sentrale forhold og forutsetninger for kostnadsanalysen

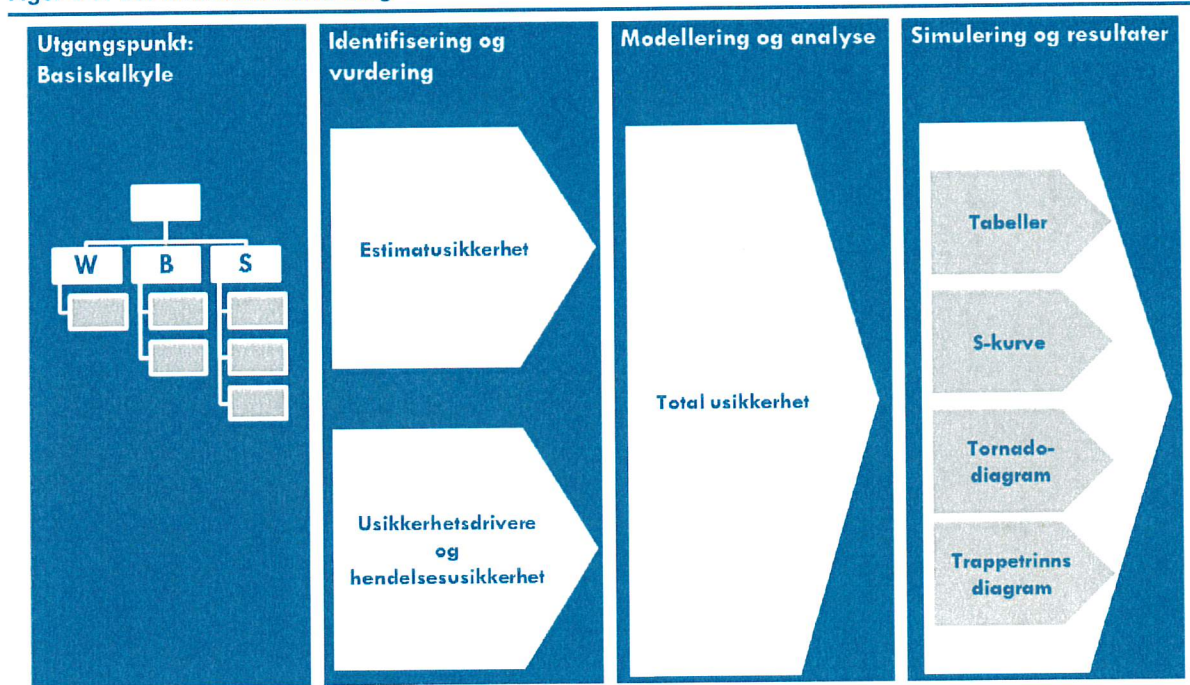
Forutsetning	Beskrivelse
Premissendringer	Vår analyse omfatter dagens prosjektforståelse. Større premissendringer, dvs. endring i prosjektets premisser av en slik art at det med rimelighet kan forventes at endringen finansieres ved særskilt tilleggsbevilgning. Eksempler kan være: • Annet tunneltversnitt • Store endringer i brannkonsept (som krever endringer i konstruksjoner) • Endringer i deponeringsløsning som påvirker tunneldriving
Kontraktstrategi	Analysen reflekterer kontraktstrategi konkurransepreget dialog med totalentreprise
Ekstremhendelser	Hendelser med liten sannsynlighet og store konsekvenser er ikke inkludert
Bevilgningsusikkerhet	Ikke inkludert
Finansieringskostnader	Ikke inkludert
Valutausikkerhet	Ikke inkludert
Kalkyle og resultater	Kalkyler og usikkerhetsanalyse dekker kostnader etter ferdig forprosjekt
Merverdiavgift	Det er medtatt 25 prosent merverdiavgift på alle kostnadsposter, unntatt • Antatt relevant for 2/3 av byggherrekostnader • Grunnerverv
Covid-19	Det er ikke inkludert en egen usikkerhetsdriver for Covid-19. Vi vurderer at Covid-19 ikke vil gi signifikante konsekvenser for kostnads- og usikkerhetsbildet. Dette er begrunnet i at svært lite av prosjektet er realisert før sommeren 2022

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

4.4 Vår metodiske tilnærming

Vår metodiske tilnærming er illustrert i Figur 4-1 under og kort oppsummert i påfølgende delkapitler.

Figur 4-1: Vår metodiske tilnærming



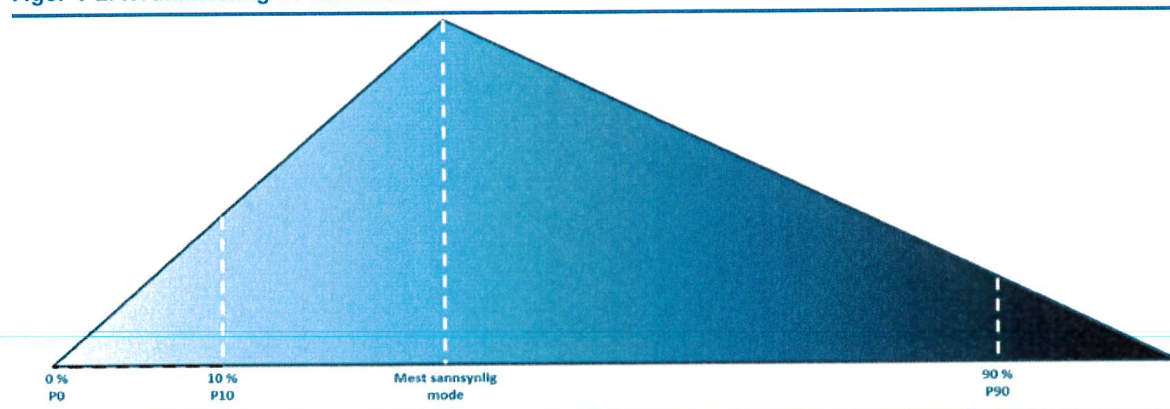
Kilde: Atkins Norge, Oslo Economics og Promis

Basiskalkyle og estimatusikkerhet

Usikkerhetsanalysen tar utgangspunkt i basiskalkylen. Den reflekterer prosjektet slik det er forstått i dag og summerer mest sannsynlige kostnad for alle identifiserte elementer. Estimatusikkerhet er usikkerhet i rater, enhetspriser og mengder i basiskalkylen. Totalt sett uttrykker derfor estimatusikkerheten at prosjektet gjennomføres slik det er forstått i dag uten endringer og ytre påvirkning.

Estimatusikkerhet beskrives ved et usikkerhetsspenn fra en optimistisk nedre kostnad, via den mest sannsynlige (basis) kostnaden, til en pessimistisk øvre kostnad. I analysen er den optimistiske verdien definert ved et 10-prosentnivå³ og den pessimistiske ved et 90-prosentnivå, se Figur 4-2.

Figur 4-2: Kvantifisering av usikkerhet



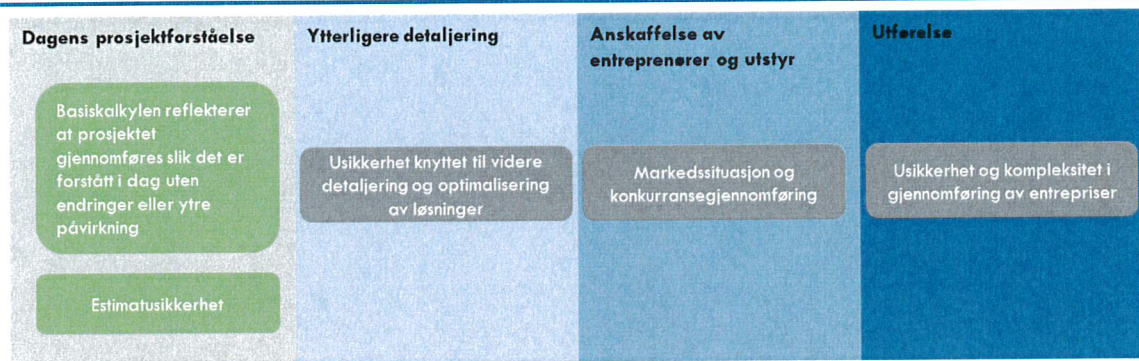
Kilde: Atkins Norge, Oslo Economics og Promis

³ Et 10-prosentnivå innebærer at det er 10 prosent sannsynlighet for at kostnaden er mindre eller lik denne (optimistiske) størrelsen

Usikkerhetsdrivere

Alle prosjekter endrer seg over tid på grunn av detaljering og indre og ytre forhold. Spekteret av scenarier som ikke dekkes av estimatusikkerhet, representerer hendelsesusikkerhet og usikkerhetsdrivere. Hendelsesusikkerhet er scenarier som er styrt av utfallet av en signifikant hendelse. Usikkerhetsdrivere er spekteret av resterende scenarier. Disse usikkerhetene splittes gjerne på ulike prosjektfaser som vist i Figur 4-3.

Figur 4-3: Basiskalkyle og illustrasjon på usikkerhet i ulike faser



Kilde: Atkins Norge, Oslo Economics og Promis

Beregningsmetodikk

I kvantitative usikkerhetsanalyser av prosjekter blir det i Norge benyttet to ulike metoder:

- Analytiske metoder der beregningene skjer via formler, mest kjent er Suksessiv Kalkulasjon.
- Simuleringsbaserte metoder der mulige prosjektutfall simuleres et høyt antall ganger for å avdekke usikkerhetsbildet, benevnes ofte Monte Carlo-simulering.

Vår analyse benytter Monte Carlo-simulering.

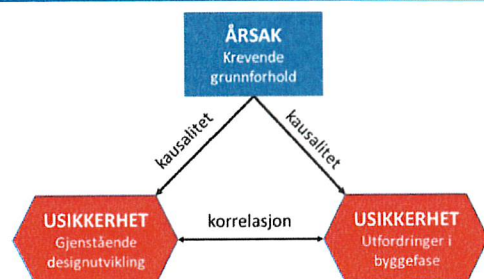
Korrelasjon

De fleste analysemodeller vil inneholde et betydelig antall usikkerhetselementer. Når elementene simuleres, vil de i utgangspunktet opptre statistisk uavhengig av hverandre; lave eller høye utfall i ett element vil opptre helt uavhengig av tilsvarende i alle de andre elementene, se Figur 4-4.

I alle prosjekter vil det være noen viktige bakenforliggende årsaker som kan påvirke flere usikkerhetselementer samtidig. Eksempler på slike årsaker kan være stor kompleksitet, uerfaren prosjektorganisasjon, krevende interessentbilde og kritisk ferdigstillelsesdato.

Figur 4-4: Kausalitet og korrelasjon, eksempel

Etter vår vurdering er det for de fleste prosjekter ikke mulig å beskrive usikkerhetsbildet gjennom å dele opp i usikkerhetselementer som er tilstrekkelig statistisk uavhengige. Dersom en gjør det, vil den totale usikkerheten undervurderes gjennom såkalt 'utslokkingseffekt'.



Kilde: Atkins Norge, Oslo Economics og Promis

I foreliggende analyse har vi etablert en korrelasjonsmatrise for usikkerhetsdriverne. Vi benytter en korrelasjon på 0,7. Vi bruker korrelasjonsfunksjonen i RiskAmp (Monte Carlo add-in til Excel) som korrelerer standard normalfordelinger. Disse har vi transformert til trekantfordelinger, ref. Figur 4-4.

Simulering og resultater

Basert på usikkerhetene beskrevet over, benytter vi Monte Carlo-metoden til å simulere et stort antall mulige utfall (her 5 000) av de totale prosjektkostnadene. Dermed avdekkes det samlede usikkerhetsspennet. Resultatene viser også hvordan de ulike usikkerhetselementene bidrar til den totale usikkerheten.

Resultatene er presentert i kapittel 6.

5. Usikkerhetsbildet

Kapitlet gir en nærmere beskrivelse av de vurderinger som er gjort med hensyn til usikkerhetsdrivere og hendelser som ikke er reflektert i prosjektets basiskalkyle.

5.1 Valgte usikkerhetsdrivere og hendelser

Vi har videreført usikkerhetsbilde som ble beskrevet i KS2 2018, "Statens prosjektmodell, rapport nr. D055b", og prosjektets nåværende usikkerhetsvurdering. Det overordnede bilde sammenfaller i stort med begge analyse, og vi tilslutter oss i stort de kvalitative vurderingene som kommer frem.

Usikkerhetsanalysen er basert på følgende modell som beskriver estimatusikkerhet og valgte usikkerhetsdrivere i ulike faser. Det er ikke identifisert noen signifikante hendelsesusikkerheter.

Figur 5-1: Usikkerhetselementer strukturert for vår usikkerhetsanalyse



Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

5.2 Estimatusikkerhet

Vi har vurdert estimatusikkerhet per kostnadspost. I Tabell 5-1 er usikkerhetsbidragene akkumulert til respektive hovedpost, Fjelltunnel, Veg i dagen, Konstruksjoner, Byggherrekostnader, Andre tiltak, Tekniske installasjoner, Grunnerverv og total estimatusikkerhet. Det vises til bilag A for detaljert kvantifisering.

Tabell 5-1: Kvantifisering av estimatusikkerhet, 2016-MNOK, ekskludert merverdiavgift

Post	ID	Optimistisk (p10)	Basis	Pessimistisk (p90)
A	Veg i dagen	-16 %	●	28 %
B	Konstruksjoner	-9 %	●	18 %
C	Fjelltunnel	-12 %	●	17 %
D	Tekniske installasjoner	-10 %	●	15 %
E	Andre tiltak	-12 %	●	75 %
P	Byggherrekostnader	-8 %	●	28 %
Q	Grunnerverv	-20 %	●	20 %
Sum		-4%	●	12 %

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

5.3 Designutvikling frem til dialogfase

Bakgrunn og årsaker

Basiskalkylen og estimatusikkerhet reflekterer dagens prosjektforståelse uten vesentlige endringer.

Igjennom videreutvikling- og optimaliseringsfasen har prosjektet gjort betydelige kostnadsreducerende tiltak. Samtidig burde dagens prosjektunderlag modnes ytterligere til et nivå som kan være utgangspunkt for en konkurransepreget dialog. Dette gjelder blant annet:

- Sikkerhet
- Ventilasjon
- Brann- og rømningskonsept
- Dimensjoneringsforutsetninger

Usikkerhet

Denne designutviklingen kan gi endringer i prosjektet som kan medføre tilsvarende endringer i kostnadene.

Kvantifisering

Elementet vil ha en oppside knyttet til optimalisering og reduksjoner/forenklinger. All erfaring fra store prosjekter tilsier at mest sannsynlig verdi medfører en kostnadsøkning. Denne er dog begrenset ettersom prosjektet allerede har gjennomført en videreutviklingsfase. Pessimistisk verdi reflekterer blant annet omfattende endringer i brann- og rømningsløsninger, endringer i driftskonsept og endringer i innseiling.

Vår vurdering av kostnadskonsekvensen for designutvikling frem til dialogfase er vist i Tabell 5-2.

Tabell 5-2: Antatte kostnadskonsekvenser for designutvikling frem til dialogfase

Kvantifiseringen uttrykkes som prosent av entreprisekostnad inkludert merverdiavgift		
Optimistisk (p10)	Mest sannsynlig	Pessimistisk (p90)
-5 %	+1 %	+10 %

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

5.4 Endringer i krav til prosjektet

Bakgrunn og årsaker

Basiskalkylen og estimatusikkerhet reflekterer dagens prosjektforståelse uten vesentlige endringer. Dette elementet dekker usikkerhet knyttet til endringer i ytre krav som prosjektet må forholde seg til.

Skipstunnelen er en unik konstruksjon og det eksisterer ikke etablerte standarder og kvalitetskrav for bygging og drift.

Det foreligger en reguleringsplan for skipstunnelen der det blant annet er regulert permanente og midlertidige massedeponier i sjø. Prosjektet medfører håndtering av store mengder steinmasse.

Usikkerhet

I fasen for videre prosjektutvikling kan det komme nye krav til prosjektet som kan ha signifikante kostnadskonsekvenser. Dette gjelder spesielt:

- Miljømessige krav, spesielt knyttet til anleggsgjennomføring og massehåndtering
- Forståelse av regulering
- Sikkerhetsmessige krav
- Internasjonale krav (f.eks. fra EU)

Kvantifisering

Elementet er vurdert til å ha en begrenset oppside knyttet til endringer som gjør prosjektet enklere å gjennomføre. Mest sannsynlig verdi reflekterer forventninger at det uansett vil komme noen nye krav, spesielt innen miljø. Pessimistisk verdi reflekter større endringer som signifikante konstruksjonsmessige konsekvenser.

Vår vurdering av kostnadskonsekvensen for endringer i krav til prosjektet er vist i Tabell 5-3.

Tabell 5-3: Antatte kostnadskonsekvenser for endringer i krav til prosjektet

Kvantifiseringen uttrykkes som prosent av entreprisekostnad inkludert merverdiavgift		
Optimistisk (p10)	Mest sannsynlig	Pessimistisk (p90)
-1 %	1 %	6 %

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

5.5 Prosjektorganisering og styring

Bakgrunn og årsaker

Basiskalkylen og estimatusikkerhet reflekterer dagens prosjektforståelse uten vesentlige endringer. Denne usikkerhetsdriveren dekker fasen til og med kontrahering.

Kystverket har ingen erfaring med å gjennomføre så store (tunnel-)prosjekter. Det må etableres en relativt stor prosjektorganisasjon med betydelig innslag av eksterne ressurser. Denne organisasjonen skal løse prosjektet gjennom videre designutvikling, interessenthåndtering/forventningsavklaring og gjennomføre en prosess med konkurransepreget dialog med totalentreprise. Det er begrenset erfaring med denne kontraheringsformen i markedet og blant rådgivere.

Ved KS2 i 2018 var det identifisert en egen usikkerhetsdriver som omhandlet prosjektgjennomføring, interessenthåndtering og idriftsettelse. I tillegg var det en annen usikkerhetsdriver som omhandlet planlegging, prosjektering, kontrahering og organisering. Det har etter hvert blitt vurdert at disse to er så sterkt knyttet sammen at det er mer hensiktsmessig å slå de sammen og vurdere de som én usikkerhetsdriver – kalt prosjektorganisering og styring.

Usikkerhet

Det er usikkerhet knyttet til:

- Oppbygging av prosjektorganisasjonen med hensyn på kapasitet, kompetanse, effektivitet og kommunikasjon
- Kystverket i rollen som prosjekteier, blant annet beslutningseffektivitet
- Gjennomføringen av konkurransepreget dialog
- Interessenthåndtering og myndighetskontakt
- Lang prosjektperiode med risiko for «utmattning» og diskontinuitet

Kvantifisering

Oppsiden reflekterer at prosjektet presterer bedre enn erfaringsdata og forventninger gjennom gunstig rekruttering, godt samarbeid og effektiv eierstyring. På grunn av prosjektets karakter og kontraheringsform, er det antatt en liten kostnadsøkning i mest sannsynlige verdi. Pessimistisk verdi dekker større utfordringer med rekruttering, samarbeid, eierstyring og spesielt gjennomføring av valgt kontraheringsform.

Vår vurdering av kostnadskonsekvensen for prosjektorganisering og styring er vist i Tabell 5-4.

Tabell 5-4: Antatte kostnadskonsekvenser for prosjektorganisering og styring

Kvantifiseringen uttrykkes som prosent av basiskalkylen		
Optimistisk (p10)	Mest sannsynlig	Pessimistisk (p90)
-2 %	+1 %	+4 %

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

5.6 Markedsusikkerhet

Bakgrunn og årsaker

Basiskalkylen og estimatusikkerhet reflekterer dagens prosjektforståelse uten vesentlige endringer, og reflekterer dagens oppfattelse av markedet.

Det generelle anleggsmarkedet i Norge er preget av relativt høy aktivitet og prognoser for de kommende årene indikerer at dette vil vare ved. Utenlandske entreprenører har vunnet flere større anleggskontrakter de siste årene,

men skipstunnelens store omfang av tunnelsprengning medfører at dette oppdraget mest sannsynlig vil gå til en større norsk entreprenør.

Det er en gjennomgående oppfattelse at skipstunnelen vil være et attraktivt prosjekt i markedet, blant annet grunnet profileringsverdien av at dette er et unikt prosjekt, også globalt.

Anbefalt kontraktstrategi er konkurransepreget dialog med totalentreprise.

Usikkerhet

Fram til kontraktsinngåelse vil det være usikkerhet knyttet til:

- Generell markedsutvikling og andre prosjekter. Dette kan slå ut både negativt og positivt for prosjektet
- Hvordan entreprenørene vurderer usikkerheten i dette unike prosjektet
- Hvordan entreprenørene verdsetter 'profileringsverdien' i dette prosjektet
- Hvordan prosjektets størrelse eventuelt begrenser antall tilbydere
- Hvordan prosjektets beliggenhet og tilhørende logistikk blir vurdert av markedet
- Om internasjonale leverandører blir aktuelle

Kvantifisering

Prosjektet vil bli kompensert etter relevante indekser og historiske data for denne generelle markedsusikkerheten viser om lag lik oppside og nedside. KS2 vurderer det likevel som at dette prosjektet vil ha en svak dreining mot trusselsiden.

Vår vurdering av kostnadskonsekvensen for markedsusikkerhet er vist i Tabell 5-5.

Tabell 5-5: Antatte kostnadskonsekvenser for markedsusikkerhet

Kvantifiseringen uttrykkes som prosent av entreprisekostnad inkludert merverdiavgift		
Optimistisk (p10)	Mest sannsynlig	Pessimistisk (p90)
-5 %	0 %	+7,5%

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

5.7 Videreutvikling i dialogfase

Bakgrunn og årsaker

Basiskalkylen og estimatusikkerhet reflekterer dagens prosjektforståelse uten vesentlige endringer. Basiskalkylen er bygd på referanseprosjekter som i begrenset grad speiler dette prosjektet.

Prosjektets særegenheter, volumet av masser og en omfattende og krevende logistikk har medført at anbefalt kontraktstrategi er konkurransepreget dialog med totalentreprise.

Usikkerhet

Gjennom konkurransepreget dialog forventes det at entreprenører vil kunne utvikle og presentere løsninger som avviker fra det som er antatt i basiskalkylen.

Oppsiden er knyttet til en reell konkurranse, mer effektiv anleggsdrift, god prosessstyring fra prosjektet og at signifikante kostnadsreduksjoner tilfaller byggherre.

Oppsiden vil her være større enn nedsiden, men i et pessimistisk scenario er det mangelfull konkurranse, prosjektet passer dårlig til utstyrspark og kompetanse hos entreprenørene, prosjektet har utfordringer med å styre prosessen og prosjektet er reelt mer krevende enn antatt.

Kvantifisering

Selv om prosjektet allerede har gjort betydelige kostnadsreduksjoner i videreutviklings- og optimaliseringsfasen er vår vurdering at en entreprenør vil kunne gi ytterligere bidrag i en dialogfase. Totalt vurderer KS2 det til at prosjektet vil ha en dreining mot mulighetsiden.

Vår vurdering av kostnadskonsekvensen for videreutvikling i dialogfase er vist i Tabell 5-6.

Tabell 5-6: Antatte kostnadskonsekvenser for videreutvikling i dialogfase

Kvantifisering uttrykkes som prosent av entreprisekostnad inkludert merverdiavgift		
Optimistisk (p10)	Mest sannsynlig	Pessimistisk (p90)
-5 %	0 %	+3 %

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

5.8 Gjennomføring av entreprisen

Bakgrunn og årsaker

Basiskalkylen og estimatusikkerhet reflekterer dagens prosjektforståelse uten vesentlige endringer og en antatt kontraheringspris.

Anbefalt kontraktstrategi er konkurransepreget dialog med totalentreprise. Selv med en totalentreprise vil det i gjennomføringsfasen være forhold som medfører ekstra betaling til entreprenør. Dette elementet dekker endringer i prosjektet som viser seg nødvendige eller ønskelige i gjennomføringsfasen.

Ved KS2 i 2018 var fremdrift identifisert som en separat usikkerhetsdriver. Fremdriftsmessige konsekvenser er etter hvert blitt vurdert til å sterkt knyttet til gjennomføring av entreprisen. Usikkerhetsdriveren fremdrift er derfor fjernet og er nå reflektert i driveren gjennomføring av entreprisen.

Usikkerhet

I gjennomføringsfasen vil det kunne påløpe ekstra kostnader til entreprenøren ved:

- Feil og mangler ved anbudsgrunnlaget
- Manglende byggherrebeslutninger som forsinker framdriften
- Manglende tilkomst og/eller tillatelser
- Geologi og grunnforhold
- Økt omfang rigg og drift (evt. forseringskostnader) pga. forsinkelse

Kvantifisering

Elementet dekker fasen etter inngått kontrakt og vil derfor aldri ha en resulterende oppside. På den annen side vil totalentrepriseformen begrense størrelsen på pessimistiske utfall.

Vår vurdering av kostnadskonsekvensen for gjennomføring av entreprisen ikke har en resulterende oppside og er vist i Tabell 5-7.

Tabell 5-7: Antatte kostnadskonsekvenser for gjennomføring av entreprisen

Kvantifisering uttrykkes som prosent av entreprisekostnad inkludert merverdiavgift		
Optimistisk (p10)	Mest sannsynlig	Pessimistisk (p90)
0 %	+3 %	+7 %

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

5.9 Massehåndtering

Bakgrunn og årsaker

Basiskalkylen og estimatusikkerhet reflekterer dagens prosjektforståelse uten vesentlige endringer.

Prosjektet medfører store masseuttak og omfattende transportering, samt midlertidig og permanent deponering. Basiskalkylen er basert på transport med lektre til permanente sjødeponier. Det er avsatt arealer ved hvert portalområde for eventuell mellomlagring.

Usikkerhet

De store volumene av masse medfører at ulike usikkerheter knyttet til massehåndteringen kan få betydelige kostnadskonsekvenser:

- Deponeringsstedene
- Uavklarte ansvarsforhold

- Værforhold som påvirker transport både i tunneldrift og lekertransport
- Stordriftsfordeler
- Avstander, transportavstander
- Alternativ bruk av massene

Kvantifisering

Elementet vil kunne ha en betydelig oppside knyttet blant annet til stordriftsfordeler og alternativ anvendelse. Trusselsiden vurderes imidlertid til å være noe større da det erfaringsmessig er utfordrende å håndtere masser i et slikt omfang som tunnelen vil generere.

Vår vurdering av kostnadskonsekvensen for massehåndtering er vist i Tabell 5-8.

Tabell 5-8 Antatte kostnadskonsekvenser for massehåndtering

Kvantifiseringen uttrykkes som prosent av basiskalkyle for fjelltunnel inkludert merverdiavgift		
Optimistisk (p10)	Mest sannsynlig	Pessimistisk (p90)
-5 %	0 %	+8 %

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

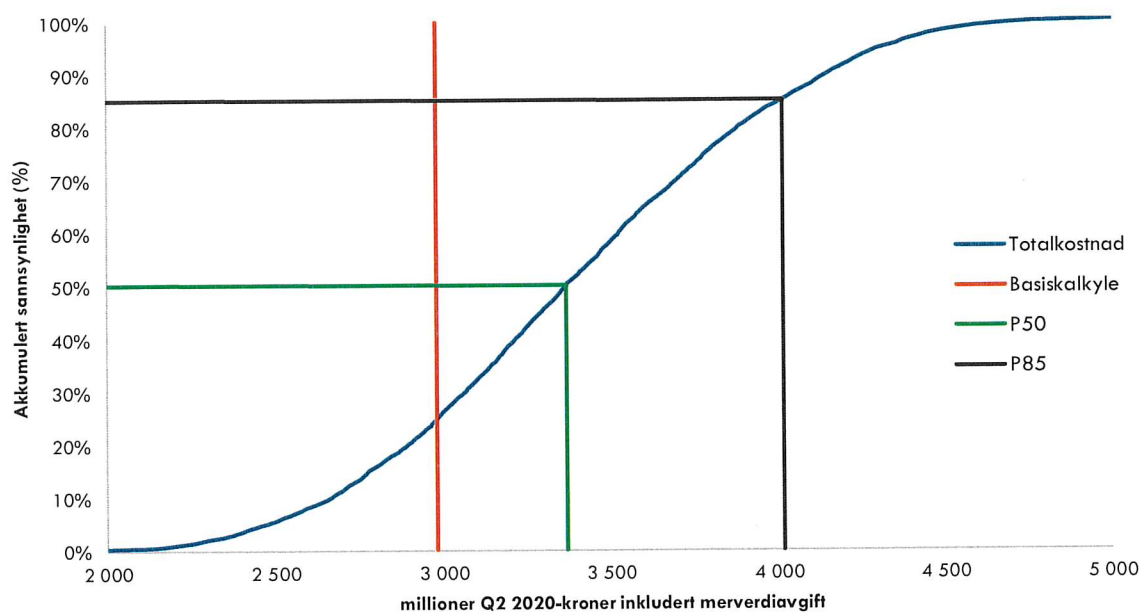
6. Våre resultater

I kapittelet viser vi resultatene fra vår usikkerhetsanalyse. Vi presenterer først usikkerhetsspennet før vi viser bidraget til de ulike usikkerhetsdriverne fra basiskostnadene til forventningsverdien. Deretter sammenligner vi våre resultater med prosjektet.

6.1 Usikkerhetsspenn og hovedresultater

Det totale usikkerhetsspennet, hensyntatt summen av usikkerhet på estimer, usikkerhetsdrivere og hendelser, for prosjektkostnadene er vist i Figur 6-1. Figuren viser kostnadene i form av en S-kurve, som angir akkumulert sannsynlighet i prosent (y-aksen) for at den endelige totalkostnaden er lik eller lavere enn en tilhørende verdi på x-aksen (mill. kroner).

Figur 6-1: S-kurve totalkostnad, mill. Q2-2020-kroner inkludert merverdiavgift



Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

Hovedresultatene, avrundet til nærmeste 10 millioner kroner, er gjengitt i Tabell 6-1.

Tabell 6-1: Hovedresultater fra vår analyse, mill. Q2 2020-kroner, inkludert merverdiavgift

Parameter	Resultat
Basis	2 977
P15	2 770
P50	3 370
Forventningsverdi	3 380
P85	3 990
Standardavvik	16,6 %
Sannsynlighet for basis	25 %

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

- Percentilene viser henholdsvis 15, 50 og 85 prosent sjanse for at kostnaden blir lik eller lavere enn angitte estimater
- Forventningsverdien, ekskludert merverdiavgift, benyttes videre som inngangsdata i den samfunnsøkonomiske vurderingen
- Sannsynlighet for basis uttrykker hvor sannsynlig det er at den endelige kostnaden blir lik basiskostnaden eller lavere for alternativene
- Standardavviket, som er et mål på usikkerhet, viser det relative usikkerhetsspennet

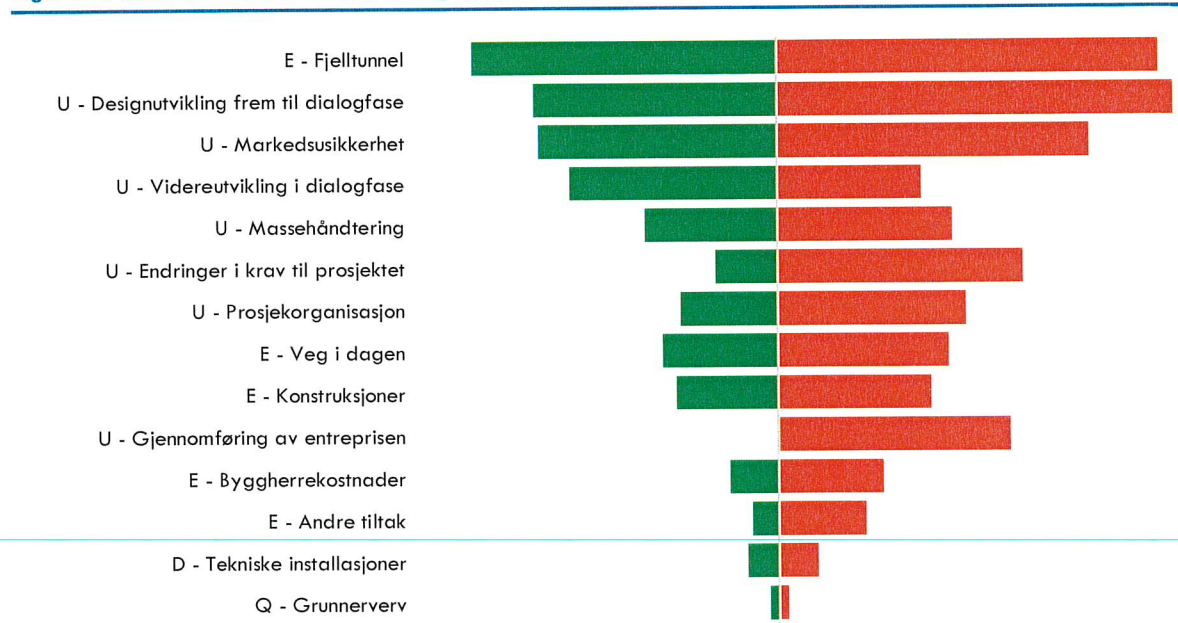
6.2 Bidrag til usikkerhetsbildet

Tornadodiagrammet i Figur 6-2 viser usikkerhetselementer i sortert rekkefølge i henhold til det enkelte element sitt relative bidrag til total usikkerhet, der:

- 0-linjen (vertikal linje) refererer seg til basiskostnaden
- Høyre side, markert med rød farge angir trusler / nedside
- Venstre side, markert med grønn farge, angir muligheter / oppside
- U står for usikkerhetsdriverne
- E står for estimatusikkerhet

Alle usikkerhetselementer med beskrivelser og kvantifisering er vist i kapittel 5.

Figur 6-2: Usikkerhetselementenes bidrag til total usikkerhet



Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

I analysemodellen er estimatusikkerhet vurdert og kvantifisert per kostnadspost. I tornadodiagrammet over er usikkerhetsbidragene akkumulert til respektive hovedpost, Fjelltunnel, Veg i dagen, Konstruksjoner, Byggherrekostnader, Andre tiltak, Tekniske installasjoner og Grunnerverv. Det er ingen enkeltelementer som dominerer usikkerhetsbildet, men de største bidragene til usikkerheten er relatert til usikkerhetsdriverne.

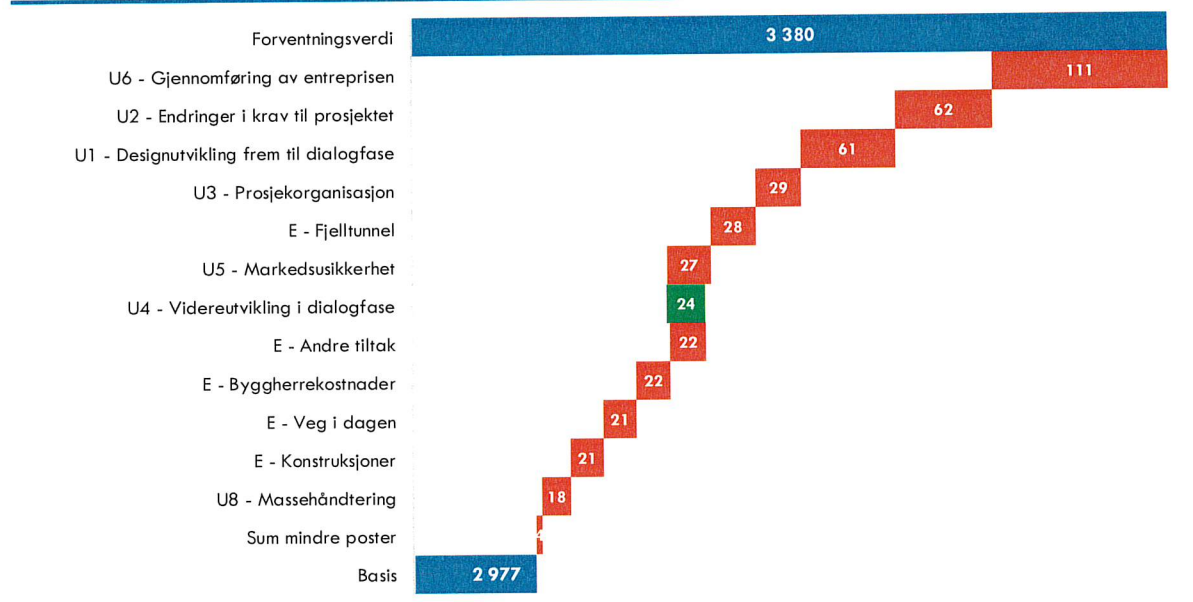
6.3 Usikkerhetselementenes bidrag til P50 og P85-verdi

Tornadodiagrammet i Figur 6-2 viser hvilke elementer som bidrar mest til den totale usikkerheten.

Denne usikkerhetsanalysen skal legges til grunn for tilråding om styrings- og kostnadsrammer for prosjektet, og disse settes gjerne til hhv. P50 (evt. forventningsverdi) og P85. Det er derfor av interesse å synliggjøre hvilke elementer som bidrar fra basiskostnad og opp til hhv. forventningsverdi og P85. Figur 6-3 viser ulike elements bidrag til usikkerheten fra basiskostnad til P50 (forventningsverdi) og Figur 6-4 viser tilsvarende bidrag fra basiskostnad til

P85. Hvert bidrag fra et usikkerhetselement markeres med rødt hvis det er påslag (positivt fortegn) eller grønt hvis det er en reduksjon (negativt fortegn). Påslag har retning fra venstre til høyre, mens reduksjoner har retning fra høyre mot venstre. Hvert bidrag starter der hvor bidraget fra usikkerhetselementet under slutter. Summen av alle bidragene gir påslaget fra basiskostnaden til forventningsverdien eller P85. «Sum mindre poster» angir summen av bidrag fra usikkerhetselementer med mindre størrelse enn usikkerhetselementene høyere opp i diagrammet.

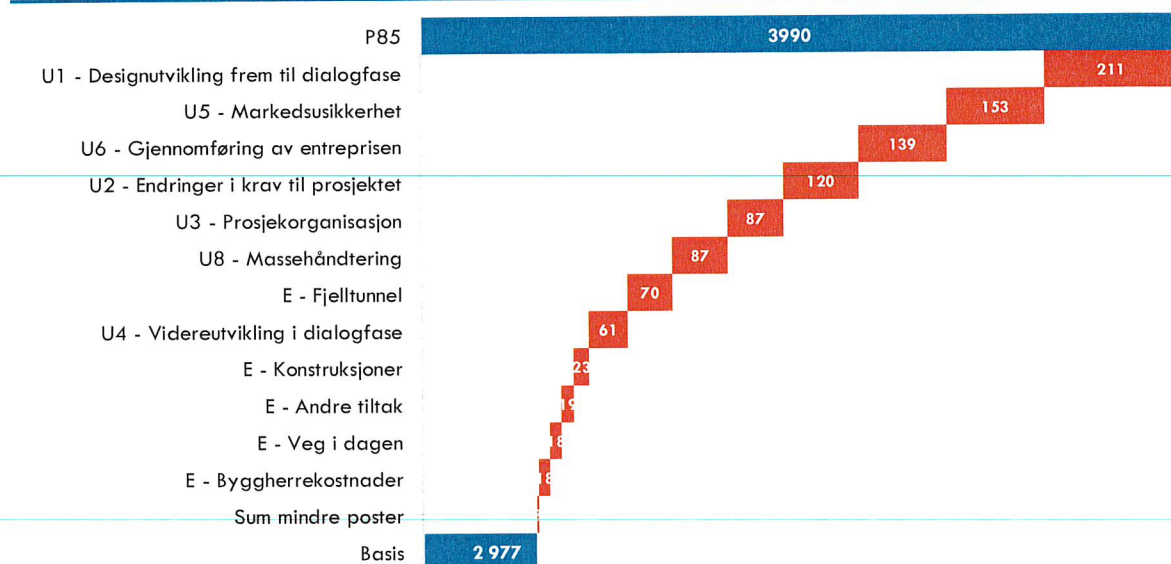
Figur 6-3: Bidrag fra basis til forventningsverdi (~P50), millioner kroner inkludert merverdiavgift



Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

Vi ser her at elementet U4 Videreutvikling i dialogfase gir bidrag til å redusere forventningsverdien. Alle resterende elementer bidrar til en økning i forventningsverdien. U6 Gjennomføring av entreprisen skiller seg ut som den driveren som har det største bidraget til økning i forventningsverdi.

Figur 6-4 Bidrag fra basis til P85, millioner kroner inkludert merverdiavgift



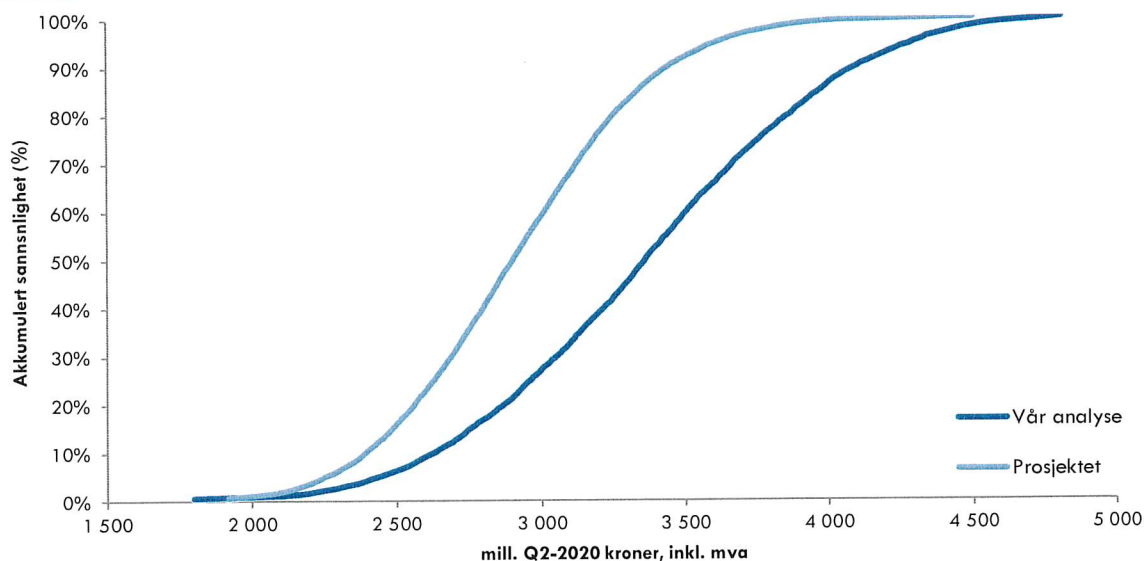
Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

Vi ser at ingen enkeltelementer er dominerende. Det er betraktelig mindre forskjell mellom de største elementenes bidrag til P85 sammenlignet med forventningsverdien. Totalt sett er det usikkerhetsdriverne som gir de største bidragene til P85, mens bidraget fra estimatusikkerhet er mer begrenset.

6.4 Oppsummering av resultater og sammenligning mot prosjektet

I Figur 6-5 har vi gjenskapt resultatene fra prosjektets analyse og sammenlignet med vår usikkerhetsanalyse. Den lyseblå kurven illustrerer prosjekts analyse, hvor vi har indeksert resultatene med 1,2 prosent i henhold til SSB for å kunne sammenligne med vår analyse, mørke blå kurve.

Figur 6-5: S-kurver - sammenligning av resultater, mill. Q2-2020-kroner inkludert merverdiavgift



Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

Hovedresultatene, avrundet til nærmeste 10 millioner kroner, er gjengitt i Tabell 6-2.

Tabell 6-2: Sammenligning av prosjektets og våre resultater, mill. Q2-2020 kroner, inkludert merverdiavgift

Parameter	Basiskostnad	P50	P85	St.avvik
Forprosjekt*	2 630	2 910	3 330	13,5 %
Vår analyse	2 977	3 370	3 990	16,6 %
Differanse	+ 347	+ 460	+ 660	+ 3,1 %

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

Vår analyse viser en P50- og P85-verdi på henholdsvis 3 370 og 3 990 millioner kroner inkludert merverdiavgift. Prosjektets resultat viser tilsvarende 2 910 og 3 330 millioner kroner inkludert merverdiavgift, noen som er 460 og 660 millioner kroner lavere.

Årsaken til at vårt resultat viser høyere kostnader skyldes i første omgang at vår referansesjekk av basiskalkylen har medført en økning på om 347 millioner kroner. Bakgrunnen for økning er beskrevet i kapittel 3. Videre vurderer vi at både mulighetssiden og trusselsiden er mindre for det enkelte usikkerhetselement, men det totale usikkerheten blir større da vi benytter korrelasjon i våre analysemodeller. Dette forholdet er uttrykt ved resultatparameteren standardavvik som i vår analyse er beregnet til 16,6 prosent, noe som er 3,1 prosentpoeng høyere enn prosjektets resultat på 13,5 prosent. Både vårt og prosjektets resultat er på forventet nivå for et større anleggsprosjekt i forprosjektfase⁴.

⁴ Concept Temachefte nr. 6 Prosess for kostnadsestimering under usikkerhet, oktober 2015. Hvis usikkerhetsanalysen gjøres på grunnlag av ferdig forprosjekt, bør man forvente standardavvik på mellom 10 og 20 prosent.

Bilag A

Bilaget gir en oversikt over basiskalkylen som er lagt til grunn for usikkerhetsanalysen med tilhørende estimatusikkerhet. Tabell A-1 viser kostnader i tusen 2016-kroner.

Tabell A-1: Basiskalkyle og kvantifisering av estimatusikkerhet

Post	ID	Navn	Type	Lav	Basis	Høy
A	Veg i dagen					
	A1	Trafikkavvikling	RS			
	A2	Rivning og fjerning	RS			
	A3	Sprengning/masseflytting vegskjæring	RS			
	A4	Sprengning/masseflytting forskjæringer	RS			
	A5	Wiresaging i forskjæringer	Enh.pris Mengde			
	A6	Sikring vegskjæring Moldefjord	RS			
	A7	Sikring forskjæringer	RS			
	A8	Drenering, stikkrenner, kummer	RS			
	A9	Vegkroppen	RS			
	A10	Entreprenørens rigg og drift	% påslag			
B	Konstruksjoner					
	B1	Bru i Moldefjorden	RS			
	B2	Entringskonstruksjoner, begge ender	RS			
	B3	Ledekonstruksjon	RS			
	B4	Gangbane inkl. taljebane	RS			
	B5	Betongmur og portalplate	RS			
	B6	Entreprenørens rigg og drift	% påslag			
C	Fjelltunnel					
	C1	Sprengning/masseflytting	RS			
	C2	Sikring	RS			
	C3	Vann/frostsikring	Enh.pris m2			
	C4	Atkomsttunnel	Enh.pris m2			
	C5	Entreprenørens rigg og drift	% påslag			
D	Tekniske installasjoner					
	D1	Strømtilførsel	RS			
	D2	Teknisk rom	RS			
	D3	Føringsveier	RS			
	D4	Datanettverk	RS			
	D5	Styrings- og overvåkingssystem	RS			
	D6	Instrumentering, radar- og kameraovervåking	RS			
	D7	Radio- og mobildekning	RS			
	D8	Belysning	RS			
	D9	VTS-installasjoner				
	D10	Entreprenørens rigg og drift	% påslag			
E	Andre tiltak					
	E1	Navigasjonsinfrastruktur	RS			
	E2	Mudring/sprengning	RS			
	E3	Entreprenørens rigg og drift	% påslag			
P	Byggherrekostnader					
	P1	Prosjektering og oppfølging	RS			
	P3	Byggeledelse	RS			
	P4	Arkeologisk undersøkelse	RS			
	P5	Ekstern KS 2	RS			
	P6	Diverse grunnleggende arbeid	RS			
	P7	Kompensasjon for dialogfase	RS			
Q	Grunnerverv					
	Q1	Grunnerverv	RS			

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

Bilag B

Bilaget viser mottatt notat fra Sweco med deres vurderinger.



NOTAT

09.10.2020

KS2 Stad skipstunnel

Konstruksjoner

Det foreligger ikke underlagsberegninger for rund summene i rapporten fra Olav Olsen AS. Det er antatt at kostnadselementene i hjelpeberegningen i anslag fra 2017 er benyttet, og at det fortsatt bør legges på 10 % for uspesifiserte kostnader.

Tunneldrift

Så vidt vi kan se, er prinsippet for driving av skipstunnelen det samme som er nevnt i forprosjektrapporten fra 2017. Det er nå foreslått å drive en atkomsttunnel parallelt med skipstunnelen med hensikt å oppnå en mer rasjonell uttransport av masser. I forprosjektrapporten var også parallell atkomsttunnel nevnt som en mulighet. Løsningen ble vurdert å ha for høy kostnad i forhold til spart tid.

I anslaget fra 2017 ble sprengningsprisen vurdert til kr ●●● pr. m³ av prisdokumentene. Under KS2 ble enhetsprisen foreslått økt til kr ●●●. Enhetsprisen er nå redusert til kr ●●● pr. m³, basert på et riggpåslag på ●● %.

Basert på enhetspriser fra et nylig gjennomført anslag for et større veg- og jernbaneprosjekt, og basert på fordeling av drivemetoder fra rapporten, blir gjennomsnittlig sprengningspris kr ●●● pr. m³ (2016-nivå). Enhetsprisene ble vurdert av meget erfarne byggeledere fra Statens vegvesen og Bane NOR samt entreprenør.

Vi er enig i at det kan oppnås stordriftsfordeler og foreslår at lav - sannsynlig - høy sprengningspris settes til kr ●●●●● pr. m³. Det gir lav - sannsynlig - høy pris for element C1 Sprengning/masseflytting på kr ●●●●● - ●●●●●.

Kostnaden for atkomsttunnelen er vurdert til kr ●●● pr. m³. Det gir en m-pris på ca. kr ●●● for et tverrsnitt på 40 m². I det nevnte veg- og jernbaneprosjektet vurderte prisdokumentene m-prisen for rømnings- og atkomsttunneler med 40 m² tverrsnitt til min. kr ●●● pr. m (2019-nivå). Vi støtter derfor konklusjonen i forprosjektrapporten om at kostnaden er for høy i forhold til tidsbesparelsen. Foreslår at lav - sannsynlig - høy m-pris settes til kr ●●●●●.

Stabilitetssikring

På grunnlag av gjennomførte ~~kjerneborhull~~ er vurderingen av bergkvalitet endret vesentlig. I forprosjektrapporten var 39 % av tunnelen en Q-verdi under 10, mens det nå er ca. 2 %. Prøvene representerer bare 45 % av tunnelens lengde. Vurderingen av Q-verdi har stor grad av usikkerhet.

1 (3)

Sweco Norge AS

Omfanget av stabilitetssikring i skipstunnelen er derfor vesentlig redusert i SINTEF sin rapport mht. mengde sprøytebetong. I forprosjektrapporten fra 2017 var det forutsatt ca. 30 000 m³ sprøytebetong som nå er redusert til 13 750 m³. Årsaken er at det nå ikke forutsettes sikring med sprøytebetong på veggene i samme grad som tidligere.

Etter gjennomgang med SINTEF i møte torsdag den 24. september, er vi i utgangspunktet enig i resonnetet. Sprøytebetong blir vanligvis ikke benyttet i høye bergvegger i dagen. Derimot benyttes sikringsnett for å sikre mot mindre utfall i oppsprukket berg som erstatning for sprøytebetong i bergvegger. Vi har derfor valgt å øke mengden sprøytebetong med et tillegg på 10% sikring av bergveggene for å ivareta dette.

Vi er også enige i at sikring av bergvegger i all hovedsak ivaretas av bergbolter og stag. Bergarten er massiv, og mulige utglidninger i veggene vil hovedsakelig være i form av større bergblokker. For å ivareta stabilitet under nedsprenget/palling i tunnelen, må det også til en viss grad legges systematisk bolting til grunn i vegger, og stagforankring må utføres før neste pall tas ut. Bruk av berganker er i SinTEF's rapport redusert fra 12 000 stk. til 2 000 stk. Vi har valgt å legge et boltemønster på 3x3 m til grunn i vegger, og i snitt 2 stag pr. meter tunnel. Dette gir i alt ca. 36.000 stk. bolt og 3400 stag.

Det er forutsatt samme antall sikringsbuer som tidligere, 30 stk. Mengden armering i sikringsbuene er imidlertid vesentlig redusert fra 70 tonn til 26 tonn. Reduksjonen skyldes at lengden på sikringsbuene er endret fra ca. 95 m til ca. 35 m. Vi mener at sikringsbuene bør gå fra vederlag til vederlag og at lengden derfor blir ca. 60 m. Det tilsvarer en armeringsmengde på 45 tonn som vi mener bør legges til grunn som sannsynlig mengde.

Basert på ovenfor nevnte sikringsmengder, blir lav - sannsynlig - høy pris for element C2 Sikring kr [redacted] - [redacted] - [redacted]. Lav verdi er basert på beste fall vurdering fra SINTEF.

Vann- og frostsikring

I forprosjektet fra 2017 var det forutsatt vann- og frostsikring med PE-skum/sprøytebetong. Det er nå endret til vannsikring med Giertsen-duk. Giertsen-duken er ømføndlig for vindkrefter. Det er antatt at vindkrefter i tunnelen ikke vil bli noe problem. Giertsen-duken er priset til kr [redacted] pr. m² ferdig montert. Enhetsprisen skal være basert på montering i normal høyde for vegtunneler uten tillegg for montering i stor høyde. I forprosjektrapporten fra 2017 var enhetsprisen for PE-skum/sprøytebetong økt fra kr [redacted] pr. m² til kr [redacted] pr. m² på grunn av montering i stor høyde etter at tunnelen er sprengt. Montering av Giertsen-duk i normal høyde før tunnelen er ferdig sprengt, har stor risiko for skader på duken pga. mye toppsprut ved sprengning av salver videre nedover i profilet. Tilstrekkelig dekning/beskyttelse av duk, vil øke kostnadene betydelig. Det er derfor sannsynlig at det også med bruk av Giertsen-duk, vil komme et tillegg for montering i stor høyde fra eget fartøy. Vi mener derfor at en enhetspris på kr [redacted] pr. m² er en lav verdi og at sannsynlig og høy verdi bør ligge på kr [redacted] og [redacted] pr. m². Det gir en lav - sannsynlig - høy enhetspris for C3 Vann/frostsikring på kr [redacted] - [redacted] - [redacted] pr. m². Mengdene er basert på SINTEF-rapporten.

Entreprenørens rigg og drift

Påslagene for entreprenørens rigg og drift har vært stigende de siste årene. Erfaringstall fra kontrakter på tunnelarbeider i Statens vegvesen, viser et gjennomsnitt på ca. ● %. Vi mener at påslaget derfor bør økes til lav - sannsynlig - høy verdi på ● % - ● % - ● %.

3 (3)

NOTAT
05.10.2020

ATKINS

oslo**economics**

www.atkinsglobal.no

www.osloeconomics.no