

Ny klassifiseringsmetode for tunnelkonturen

Definisjon, Analyser, Kriterier og Påvirkning

Alexander Korssund Andrianopoulos

Geofag og petroleumsteknologi

Innlevert: Juni 2012

Hovedveileder: Eivind Grøv, IGB

Medveileder: Tore Humstad, Statens Vegvesen

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Institutt for geologi og bergteknikk

Sammendrag

Institutt for ingeniørgeologi og bergteknikk

Forfatter: Alexander Korssund Andrianopoulos

Tittel: Ny klassifiseringsmetode for tunnelkonturen, masteroppgave i TBG 4930

Hovedfokuset i dagens tunneldriving er en rask og effektiv driveprosess, der kvaliteten på gjenstående fjell kommer i andre rekke. Fokuset har ført med seg et økt sikringsbehov under driving, og til gjentatte dyre rehabiliteringer av relativt nye tunneler. Dette har skjedd selv om det finnes en bevissthet om at bedre kontur vil gi en rekke fordeler både i forhold til det økonomiske aspektet, den generelle kvaliteten, og stabiliteten av tunnelen. Mye av grunnen til dette er at det fortsatt ikke foreligger noen klare retningslinjer i kontraktene mellom byggherre og entreprenører på hva som godtas av konturkvalitet, og hvilke kriterier som skal definere konturkvalitet.

Med bakgrunn i dette er det i denne oppgaven definert en ny parameter Tunnel Quality Contour Index Applied (TCI_A) som definerer konturkvaliteten per salve på en objektiv måte. Det vil si at det ikke foreligger noen form tolkning av synlig overflate eller telling av borpipe. Parameteren baseres kun på skannerdata gjort med laser på bart fjell etter sprengning. Utrykket for TCI_A er funnet gjennom testing og fordeling av Tunnel Quality Contour Index (TCI_R) i to referanseprosjekter. Resultat uttrykket for TCI_A bygges opp av to variabler og en konstant for styring av variasjonsbredden. Variablene omfatter gjennomsnitt overmasse per salve \hat{O}_v , og forholdet mellom utført og prosjektert sprengningsareal RBA.

Fordelingen av TCI_A i referansetunnelene har blitt gransket og resultatet viser et gjennomsnitt av TCI_A i Eikremtunnelen på 60,8 og 57,9 i Oppdølstrandatunnelen. I området med kontursprengningsforsøk i Eikremtunnelen ligger gjennomsnittet av TCI_A på 65,0. Disse fordelingene har lagt grunnlaget for en tabell som klassifiserer konturkvaliteten i kategorier fra A til G, der A representerer ”Ekstremt God” konturkvalitet. Formålet med denne tabellen er å gi byggherrer og entreprenører et redskap for å evaluere konturkvaliteten under driving. Fordelinger i kategorier for referanseprosjektene viser at det er et stort forbedringspotensial i å holde konturkvaliteten på et godt og stabilt nivå.

Da TCI_A parameteren ikke tar hensyn til bergtekniske eller drivetekniske forhold ved stuff er påvirkningen av tre faktorer testet opp mot TCI_A . Disse er; 1) Sprekkeorientering/fallvinkel, 2) bergmassekvalitet, 3) boreøyaktighet.

Resultatet av testingen mellom sprekkeorientering/fallvinkel og TCI_A viser at sprekker med strøkvinkel mellom 0-30 grader med en fallvinkel mellom 15-30 grader i snitt gir den beste konturkvaliteten. Likevel viser utregnede prosentandeler av maksimalverdi at forskjellene mellom de ulike orienteringene er relativ liten. Dette kommer av at geologien som ofte er kompleks og sammensatt av mange forskjellige strukturer og sprekkesett.

Analyser av bergmassekvaliteten kontra TCI_A viser at i Eikremtunnelen har forholdet Jr/Ja hatt størst lineær korrelasjon med TCI_A . I Oppdølstrandatunnelen er det forholdet RQD/Jn som har størst korrelasjon med TCI_A .

Bornøyaktigheten i Eikremtunnelen viser store variasjoner for begge utregningsmetoder benyttet i denne oppgaven. Lineær korrelasjonsanalyser mellom ansett avvik og retningsavvik viser at retningsavviket er henholdsvis 25 % og 34 % større enn ansettavviket for metode 1 og 2.

Området med konturspreningsforsøk i Eikremtunnelen har vist at et økt fokus på å drive bedre konturkvalitet har gjort utslag i oppnådde TCI_A verdier. Her ligger snittet at TCI_A høyere en for noen annet lignende intervall og variasjonene innadd i strekningen er mindre enn for den totale lengden. I tillegg er bornøyaktigheten blitt vesentlig bedre samt at kontinuiteten på utført boring har økt.

Abstract

The main focus in today's tunneling is a fast and efficient work process, where the quality of the remaining rock is secondary. This focus has brought with it a higher demand of rock support while tunneling and led to a lot of expensive rehabilitation work in relative new tunnels. This has been the case even though there is awareness that a grater contour quality will have positive effects on the economics, the general quality and the stability of tunnels. The reason is that there has not been any clear directive in the contracts between the builder and entrepreneur as to what accepted contour quality is and how to quantify it.

Hence, this assignment defines a new parameter Tunnel Contour Quality Index Applied (TCI_A) that defines the contour quality per round, exclusively on objective grounds. That is, there is no interpretation of the visible blasted surface, or counting of drill pipes. The parameter is only based on scanned profiles of the rock surface after blasting. The expression of TCI_A is found trough testing and distribution of Tunnel Quality Index (TCI_R) in two drill and blast tunnels. TCI_A is defined by two variables and one constant for range adjustments. The variables consist of average overbreak per round \hat{O}_v , and RBA which represent the ratio between the measured and planned blasted area.

The distribution of TCI_A has been found in the reference projects and the result shows that the average TCI_A in Eikremtunnelen is 60,8, while the average is 57,9 in Oppdølstrandatunnelen. In the area of the contour blasting experiment in Eikremtunnelen the average TCI_A value is found to be 65,0. The total distribution of the TCI_A values found in the reference projects has made the basis of a table that classifies contour quality into seven categories ranging from A to G. A represents "Extremely Good" contour quality, while category G represents "Extremely Poor" contour quality. The objective for this table is to give the builder and entrepreneur a tool to evaluate the contour quality while tunneling.

Because TCI_A does not take into consideration the influence of the rock mass quality and operating conditions at the face, the influence of three factors is tested against TCI_A . These are; 1) the orientation/dip angle of cracks, 2) rock mass quality, and 3) drill accuracy.

The result of the testing of crack orientation/dip angle against TCI_A shows that cracks with an strike angle between 0-30 degrees with a corresponding dip angle between 15-30 degrees produces the best contour quality. Still the calculated percentage of maximal value shows that the differences between different orientations are minor. This is due to often complex geology that consists of a lot of different structures and joint sets.

Analysis of the rock mass quality versus TCI_A shows that in the Eikremtunnel the relationship Jr/Ja has the highest linear correlation with TCI_A . In the Oppdølstrandatunnel the ratio RQD/Jn has the highest linear correlation.

The drill accuracy in Eikremtunnelen shows major variations for both calculation methods included in this thesis. Linear correlation test between the deviation in collaring and direction

indicate that the deviation in direction is respectively 25 % and 34 % than the deviation in collaring for method 1 and 2.

The area of the contour blasting experiment in Eikremtunnelen shows that an increasing focus on high quality tunneling gives positive effects on the TCI_A value. In this area the average TCI_A is higher than any similar interval and the variation in quality is much less than for the rest of the tunnel. In addition the accuracy and the continuity of the drilling have increased.

Forord

Etter ett halvt års intenst arbeid er masteroppgaven endelig vel i havn. Det har vært en langvarig prosess som har både vært krevende og veldig givende.

Først og fremst vil jeg rette en takk til min veileder Eivind Grøv. Han har vært en god sparringspartner under hele prosessen, og har vært behjelplig med faglige spørsmål. I tillegg har jeg fått veldig frie tøyler i utforming og innhold av oppgaven, noe som jeg har satt stor pris på.

Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med Statens Vegvesen, ved Tore Humstad, og bygger videre på et litteraturstudium jeg utførte høsten 2011. Tore har bidratt med bergmasseklassifikasjon og sprekkekartlegginger fra Eikremtunnelen og Oppdølstrandatunnelen, samt satt meg i kontakt med nøkkelpersoner innenfor kontursprengningsområdet. Jeg vil derfor rette en stor takk til han.

Videre vil jeg rette en takk til Audun Andersen som har bidratt med alle skannerdata fra Oppdølstrandatunnelen.

Sist men ikke minst vil jeg rette en stor takk til Øyvind Myklebost. Uten tidlig og god hjelp med bearbeida skanner- og boretdata fra Eikremtunnelen, ville ikke denne oppgaven vært det den er i dag. I tillegg har han vært behjelplig med a svare på spørsmål til alle døgnets tider under hele prosessen.

Trondheim Juni 2012

Alexander Korssund Andrianopoulos

Nomenklatur

TCI	=	Tunnel Contour Quality Index	[dimensjonsløs]
TCI _R	=	Tunnel Contour Quality Index Round (per runde)	[dimensjonsløs]
TCI _T	=	Tunnel Contour Quality Index Tunnel (for hele tunnelen)	[dimensjonsløs]
TCI _A	=	Tunnel Contour Quality Index Applied (per salve)	[dimensjonsløs]
RCL	=	Ratio Contour Length (forholdet mellom målt og prosjektert buelengde)	[dimensjonsløs]
RBA	=	Ratio Blast Area (forholdet mellom malt og prosjektert sprengningsareal)	[dimensjonsløs]
Öv	=	Gjennomsnittovermasse per salve	[meter]

Innholdsfortegnelse

<u>Sammendrag</u>	I
<u>Abstract</u>	II
<u>Forord</u>	X
<u>Nomenklatur</u>	V
1 Innledning	4
1.1 Bakgrunn for arbeidet.....	4
1.2 Formål og organisering av oppgaven	5
1.3 Relevant teori	7
2 Oppbygning av analyser og bakgrunnsmaterialet.....	14
2.1 Generelt.....	14
2.2 Kort beskrivelse av geologi og drivemetode for referanseprosjektene	15
2.2.1 Eikremtunnelen.....	15
2.2.2 Oppdølstrandatunnelen	17
2.3 Innsamlet data	18
2.3.1 Eikremtunnelen.....	18
2.3.2 Oppdølstrandatunnelen	20
2.4 Usikkerhet.....	22
2.5 Bruk av EXCEL 2007	22
2.6 Bruk av gjennomsnitt, standardavvik, lineær regresjon og kontroll av data	22
3 Tunnel Quality Contour Index (TCI_R).....	24
3.1 Definisjon av begrepet TCI _R	24
3.2 Metode for beregning av TCI _R	24
3.3 Beregnet Øv, RBA, og TCI _R i Eikremtunnelen	25
3.3.1 Resultat.....	25
3.4 Beregnet Øv, RBA, og TCI _R i kontursprengningsforsøket i Eikremtunnelen	27
3.5 Beregnet Øv, RBA, og TCI _R i Oppdølstrandatunnelen	29
3.5.1 Resultat.....	29
3.6 Lineær korrelasjons test mellom TCI _R , Øv, og RBA	31

3.6.1	Resultat Eikremtunnelen	31
3.6.2	Resultat Oppdølstrandatunnelen.....	31
3.7	Vurderinger av fordeling, og vektning av utgangsparametere i TCI_R	32
4	Tunnel Contour Quality Index Applied (TCI_A).....	33
4.1	Definisjon og metode for beregning av ny parameter TCI_A	33
4.2	Lineær regresjonstester og fordeling av TCI_A i Eikremtunnelen.....	33
4.3	Fordeling av TCI_A i kontursprengningsområdet	34
4.4	Lineær regresjonstester og fordeling av TCI_A i Oppdølstrandatunnelen	35
4.5	Vurdering av TCI_A	36
4.6	Intervaller for TCI_A som definerer konturkvaliteten.	38
4.6.1	Metodebeskrivelse for intervallinndeling	38
4.6.2	Fordeling av konturkvaliteten for alle salver	38
4.6.3	Fordeling av konturkvaliteten i Eikremtunnelen	39
4.6.4	Fordeling av konturkvaliteten i kontursprengningsforsøket i Eikremtunnelen.....	39
4.6.5	Fordeling av konturkvaliteten i Oppdølstrandatunnelen.....	40
5	Påvirking av sprekkeorientering på TCI_A	41
5.1	Metode for å finne påvirkningen av sprekkeorientering på TCI_A	41
5.2	Sammenstilling mellom sprekkeorientering, fallvinkel og TCI_A i Eikremtunnelen ..	42
5.3	Sammenstilling mellom sprekkeorientering, fallvinkel og TCI_A i Oppdølstrandatunnelen.....	43
5.4	Optimal sprekkeorientering basert på konturkvalitet	45
5.4.1	Optimal sprekkeorientering og fallvinkel i Eikremtunnelen.....	45
5.4.2	Optimal sprekkeorientering og fallvinkel i Oppdølstrandatunnelen	46
5.4.3	Sammenslåing av resultater til en resultant matrise	46
6	Påvirkning av bergmassekvalitet på TCI_A.....	47
6.1	Metode for å analysere bergmassens relasjon til TCI_A	47
6.2	Resultater av lineær regresjonsanalyser mellom TCI_A og utvalgte bergmasseparametere i Eikremtunnelen	48
6.3	Resultater av lineær regresjonsanalyser mellom TCI_A og utvalgte bergmasseparametere i Oppdølstrandatunnelen	49
6.4	Vurdering av bergmassekvalitetens påvirkning på TCI_A	50
7	Bornøyaktighet i Eikremtunnelen.....	51
7.1	Metoder for utregning av bornøyaktighet	51

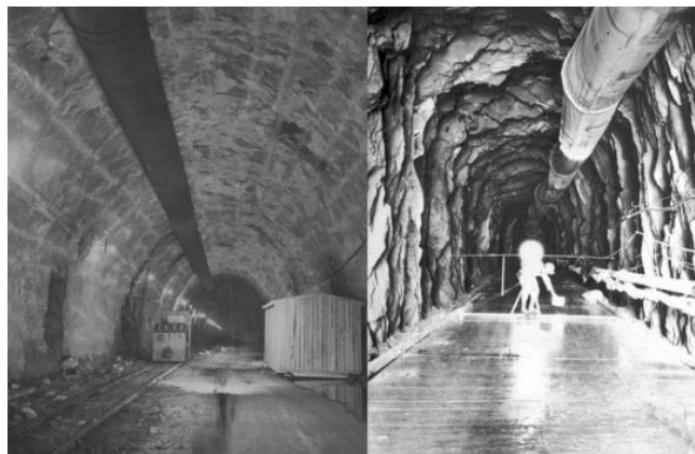
7.2	Resultater av utregna bornøyaktighet og korrelasjonsanalyser i Eikremtunnelen	53
7.3	Resultater og vurdering av utregna bornøyaktighet i kontursprengningsforsøket	56
8	Total analyse av utvalgte salver i Eikremtunnelen.....	58
8.1	Bakgrunn for valg av parametere og salver	58
8.2	Test salver og tilhørende parametere.....	58
8.2.1	Analyse av salvenummer 782-842,2.....	60
8.2.2	Analyse av salvenummer 893,4-940.....	60
8.2.3	Analyse av salvenummer 1375-1408.....	60
8.2.4	Relasjoner.....	61
9	Diskusjon av gyldigheten og anvendbarheten av TCI_A.....	62
10	Konklusjon og anbefalinger	63
Referanser.....		65
Vedlegg.....		67

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for arbeidet

Under et litteraturstudium gjennomført av undertegnede høsten 2011 med temaet ”Kontursprengning i Tunneler”, kom det tydelig frem hvordan ekstra oppmerksomhet ved sprengning av konturen gir positive ringvirkninger både innenfor det bergtekniske, og det økonomiske aspektet av tunneldriving. Studiet viste at det allerede på 1980-tallet forelå analyser av hvilke faktorer som bidrar til bedre konturkvalitet. Her var høyt fokus på nøyaktig boring og riktig plassering av konturhull viktige årsaker til bedre konturkvalitet. Lignende kontursprengningsforsøk er gjort gjentatte ganger i senere tid, med relativt like konklusjoner. Likevel har det fortsatt ikke skjedd store forandringer med tanke på å bevare det gjenstående fjellet etter sprengning. Dette til tross for at utviklingen innenfor bor- og sprengstoffteknologi har vært stor.

I dagens tunneldriving er det fortsatt et stort fokus på en rask og effektiv driveprosess, der driverne blir belønnet for antall meter produsert tunnel. Noe av grunnen til dette er at det fortsatt ikke foreligger klare linjer mellom Byggherre og Entreprenør om hvordan utfordringen med konturen skal løses. Det er fortsatt ingen som har definert hva ”god kontur” er, på en objektiv måte. Vanlig praksis har vært å klassifisere konturkvaliteten etter hvor mange borpiper en kan telle etter sprengning, og en generell beskrivelse i håndbøker om at tunnelen skal ha ”en jevn og fin overflate”. Utfordringen ligger i å utforme kontrakten mellom Entreprenør og Byggherre på en slik måte at begge parter tjener på å øke kvaliteten av konturen.



Figur 1.1-1 Eksempel på forskjellig konturkvalitet (Vegvesen, 2010)

Måten dette kan gjøres på er å stille spesifikke krav til konturen på et objektivt grunnlag. Kim (2009) har definert en verdi TCI (Tunnel Contour Quality Index), som nettopp gjør dette. Denne gir muligheten til å klassifisere konturkvaliteten etter hver enkelt salve. Problemet med denne parameteren er at den blant annet er for kompleks til å bruke på et anlegg. I tillegg definerer den ingen grenser for hva som skal være kriteriene for god eller dårlig konturkvalitet. Parameteren tar heller ikke hensyn til hvilke bergtekniske forhold en har ved stoff. Derfor vil det være viktig å kartlegge virkningen av bergtekniske og drivetekniske faktorer på konturkvaliteten.

1.2 Formål og organisering av oppgaven

Det generelle formålet med denne oppgaven er å utnytte potensialet i TCI parameteren for å definere klare kriterier for hva som skal karakterisere god og dårlig konturkvalitet. Målet er at dette kan brukes som et verktøy for byggmenn til å heve konturkvaliteten i tunneler, samt øke bevisstheten i tunnelbransjen om viktigheten av god kontur. Videre kan de spesifikke formålene oppsummeres som:

1. Analysere oppbygning og distribusjonen av den opprinnelige TCI_R (Tunnel Contour Quality Index Round) for tunnelene.
2. Definere en ny modifisert utgave av TCI parameteren (TCI_A : Tunnel Contour Quality Index Applied) og sammenligne denne med TCI_R .
3. Bruke fordelingen av TCI_A i tunnelene til å definere grenser for god og dårlig konturkvalitet.
4. Analysere effekten av sprekkeorientering, bergmassekvalitet og bornøyaktighet på konturkvaliteten.

Oppgaven er inndelt i 10 kapitler som behandler de spesifikke formålene.

Kapittel 1 tar for seg bakgrunnen for arbeidet og formål og organisering av oppgaven. Det er også gjengitt en del relevant teori som er brukt under studiet.

Kapittel 2 forklarer metodikken som er brukt i oppgaven og går litt mer spesifikk inn på hvilke hoveddeler som er inkludert i hvert kapittel. Her er det også inkludert noe informasjon rundt referanseprosjektene samt hvilke typer data som ble samlet inn fra hver tunnel. Det foreligger også en beskrivelse av usikkerhetene til dataene og hvordan data med lav kvalitet har blitt lukket ut.

Kapittel 3 definerer TCI parameteren utviklet av Kim (2009). Her blir fordelingen av TCI_R og parameterne som utgjør verdien gransket i tunnelene. I tillegg inneholder kapittelet resultater av lineær regresjonsanalyser og vurderinger av TCI_R og tilhørende parametre.

Kapittel 4 definerer den nye parameteren TCI_A . Her blir fordelingen av TCI_A gransket for begge tunnelene. I tillegg foreligger det en vurdering og sammenligning av TCI_A og TCI_R . Til slutt i kapittelet er TCI_A verdiene delt inn i intervaller som definerer konturkvaliteten for hver salve. Distribusjonen av konturkvaliteten i tunnelene er også kartlagt.

Kapittel 5 analyserer påvirkning av sprekkeorientering på TCI_A , og det er gjort et forsøk på å finne mest optimale sprekkeorienteringen for best konturkvalitet.

Kapittel 6 inneholder resultater og analyser av bergmassekvalitetens påvirkning på TCI_A .

Kapittel 7 presenterer resultater av analysert boravvik i Eikremtunnelen og hvordan denne påvirker TCI_A .

Kapittel 8 inneholder en total analyse av utvalgte salver i Eikremtunnelen.

Kapittel 9 og 10 inneholder henholdsvis en overordnet diskusjon av foreslått tunnelkonturparameter og konklusjon og anbefalinger for videre arbeid.

1.3 Relevant teori

Gjennom et litteraturstudium utført av Andrianopoulos (2011) konkluderes det med at en del studier er gjort innenfor sprengning av tunnelkontur i Norge, men at et stort fokus på konturkvalitet ikke er implementert i dagens tunneldriving. Her er det en rask og effektiv driveprosess som står sentralt, selv om en nå begynner å se at en bedre kontur gir lavere langtidskostnader, og bedre stabilitet i tunnelene.

Kriteriene som kjennetegner en god kontur er listet opp av Kirkeby (2011)

- Jevnest mulig tunnelprofil etter sprengning, dvs. parallele og synlige borpiper, minst mulig utfall av berg, og ingen gjenstående knøler.
- Oppnådd tunnelprofil skal ligge nærmest mulig prosjektert kontur, med tilstrekkelig plass til nødvendig sikring. Minst mulig overmasser/overberg.
- Ikke bare jevnhet innen hver salve, men også mellom salvene, dvs. helst minimale og avrundete hakk i salveskjøtene.
- Minst mulig sprekkedannelser i gjenstående berg etter sprengning (lite sprengningsindusert oppsprekking).

En god kontur vil gi en rekke økonomiske og bergtekniske fordeler (Andrianopoulos, 2011). Disse kan oppsummeres som:

- Mindre sikringsbehov på grunn av bedre kvalitet på gjenstående fjell, og redusert buelengde.
- Økt holdbarhet på tunneler, mindre vedlikehold.
- Mindre rensk og overmasser som må lastes ut, som også fører til en økt sikkerhet på stuff.
- Kortere bolter til vann og frost sikring. Generelt lettere å installere.
- Mindre falltap i vanntunneler.
- Bedre fordeling av spenninger i tunnelprofilet.
- Generelt øke kvaliteten på tunneldriving. Sikre en pålitelig inndrift som bidrar til en mer kontinuerlig drift.

Det er utviklet en rekke modeller som har til hensikt å estimere kvaliteten av et sprengningsarbeid, og hvordan en kan tilpasse de ulike prosessene som utgjør sprengningsarbeidene med de stedlige geologiske forholdene. Innaurato et al. (1998) verifiserer kvaliteten av sprengningsarbeidet ved hjelp av fire faktorer. 1) forholdet mellom den faktiske og den planlagte fremdriften av en salve, 2) geometrien av konturen, 3) mengde sprengstoff per kubikk sprengmasse (Powder factor), 4) fragmenteringsgraden og røysprofilen av en salve. Resultatet fra forsøkene viser at riktig salveutforming minsker forholdet mellom prosjektert og faktisk fremdrift. I tillegg minskes andel overmasser. Bruken av datastyrtte borriger øker kvaliteten på sprengningsarbeidet, men har mindre betydning når en er inne i områder med dårlig bergmasse.

I teorien vil alle parametre som påvirker sprengningsresultatet, også i forskjellig grad, påvirke konturkvaliteten. Chakraborty et al. (2004) deler disse parametrene inn i tre hovedgrupper; 1) inndrift, 2) spesifikk ladning (kilo sprengstoff/m³) eller spesifikk boring(meter av boring/m³), 3) overmasse og undermasse. Disse hovedgruppene danner grunnlaget for en parameter kalt TBI (Tunnel Blast Index), Formel 1.3-1. TBI verdien gir en mer helhetlig vurdering av sprengningsresultatet enn tidligere modeller.

$$TBI = \frac{\text{Rock Mass factor (RF)}}{\text{Tunnel Configuration Factor (TF)} * \text{Blast Design Factor (BF)}} \quad \text{Formel 1.3-1}$$

Der,

$$RF = c_p + n + (RQD/10) \quad c_p = p\text{-bølge hastighet (1000-8000m/s)},$$

n = antall kontaktflater i geologiske struktur på stuff.

$$TF = A \cdot r, \text{ og}$$

A = areal (m²),

r = vinkel i radianer

$$BF = C_\alpha + R_c$$

C_α = vinkelen hullene i kutten utgjør i forhold til stuffflaten

R_c = koblingsgraden mellom sprengstoff og borehulls diameter

TBI er basert på de parametrene som påvirker sprengningsarbeidet i størst grad. Vektingen av parametrene er bestemt gjennom litteraturstudie og liner regresjons analyser av felt data fra fire tunneler. På toppen av listen kan nevnes tettheten til bergmassen, bergmasse styrken, p-bølge hastighet, Q-verdi og sprekke orientering.

Kim (2009) foreslår en metode for å klassifisere konturen direkte ut i fra tre utgangsparametre. Disse er; 1) overmasse (\hat{O}_v), 2) forholdet mellom målt og prosjektert buelengde (RCL), og 3) overmasse variasjon i lengderetningen av tunnelen (Vo). Utgangsparametrene danner grunnlaget for TCI (Tunnel Contour Quality Index) som kan estimeres for en salve (TCI_R), og for fem salver eller hele tunnelen (TCI_T), Formel 1.3-2.

$$TCI_T = \frac{Cr}{W_1 E_A + W_2 E_L + W_3 E_v} \quad \text{Formel 1.3-2}$$

der, C_r = konstant for variasjonsbredde av TCI

$E_A = C_1 * \hat{O}_v$ (overmasse område element)

$$TCI_R = \frac{Cr}{W_1 E_A + W_2 E_L} \quad E_L = C_2 * RCL \text{ (konturlengde element)}$$

$E_v = C_3 * V_o$ (langsgående overmasse)

W_1, W_2, W_3 = vektning av de forskjellige element

Hvert element består av en korreksjonsfaktor (C_1, C_2, C_3) og en parameter. Korreksjonsfaktorene finnes ved hjelp av Formel 1.3-3.

$$C_{1,2,3} = \frac{1}{(\bar{O}_v, \overline{RCL}, \bar{V}_o) + (5 * Std)} \quad \text{Formel 1.3-3}$$

Der,

\bar{O}_v = gjennomsnittsovermasser for tunnelen i centimeter

\bar{V}_o = langsgående overmasser i centimeter

\overline{RCL} = gjennomsnitts forhold mellom plantlagt og utført konturlengde

Std = Standardavvik for den parameteren det skal regnes korreksjonsfaktor for

Verdiene av standard korreksjonsfaktorer er $Cr = 300$, $C_1 = 0,006$, $C_2 = 0,8$, og $C_3 = 0,02$. Vektene som brukes i Formel 1.3-2 er ikke basert på et vitenskapelig grunnlag. De skal settes av ingeniør på bakgrunn av forholdende på anlegget. Likevel er det satt opp som standard verdier for lettere å kunne sammenligne TCI verdier fra forskjellige prosjekter. Verdien av vektene er; $W_1 = W_2 = 4,5$ og $W_3 = 1$. Ved å sette inn verdiene for de utregna korreksjonsfaktorene og parametrene kan uttrykkene i formel 1.3-2 skrives om til formel 1.3-4.

$$TCI_T = \frac{300}{W_1 * 0,006 * \hat{O}_v + W_2 * 0,8 * (0,001 * \hat{O}_v + 0,001 * \overline{S_d} + 1) + W_3 * 0,02 * V_0} \quad \text{Formel 1.3-4}$$

$$TCI_R = \frac{300}{W_1 * 0,006 * \hat{O}_v + W_2 * 0,8 * (0,001 * \hat{O}_v + 0,001 * \overline{S_d} + 1)}$$

Der,

\hat{O}_v = gjennomsnitt av total overmasse

$\overline{S_d}$ = gjennomsnitt av standard avviket

V_0 = langsgående overmasse variasjon

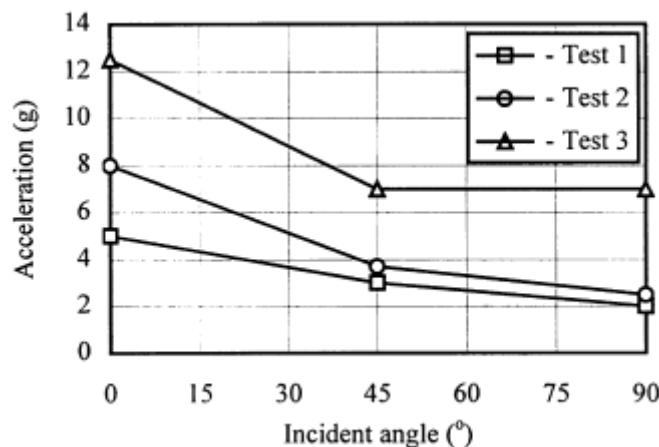
I beregningen av konturkvalitet per salve med TCI_R , tilegnes overmassen og buelengden i profilet stor oppmerksomhet. Overmassen gis som avstanden i centimeter fra prosjektert profil til målt profil. Positive verdier angir overmasse mens negative verdier angir undermasse.

Årsakene til overmasse og undermasse er diskutert av Ibarra et al. (1996). Her deles faktorene inn i to hovedgrupper, geologiske faktorer og metodene som er knyttet til sprengningsarbeidet. Av geologiske faktorer nevnes; sprekkeorientering, sprekkeavstand, fyllmaterialet i sprekker, bergmassestyrke, og spenningseffekter. Her utgjør sprekkeretning og avstand de viktigste grunnene til overmasse/undermasse. Faktorer som er knyttet til sprengningsarbeider er; sprengstofftype, ladningskonsentrasjon, forsinkertid, hullavstand i de

ytterste rastene, boravvik og lengde og diameter på borhull. Av disse er det boravviket som er den mest vanlige faktoren for over- og undermasser.

Sprekkeorientering i et sprengningsarbeid har en dokumentert innvirkning på andelen overmasser. Felt studier og modellering viste en klar sammenheng mellom sprengningsresultat, bergmassestyrken og sprekkeorienteringen (Chakraborty et al. 1994). I felt ble det registrert en moderat inndrift og lite overmasser i taket men en høy andel overmasse i veggene, når strøkretningen til sprekkeplanene var orientert normalt på tunnelaksen. Dette kom av at ved relativt små fallvinkler stod sprekkeplanene tilnærmet parallelt med tunnelaksen slik at sjokkbølgen fra sprengingen ble dempet mot tunnelhengen, men ikke mot sidene. Fenomenet er også diskutert av Heltzen (1974) der det tydelig kommer frem hvordan en trykkbølge fra en sprengning reflekteres mot en fri flate.

Wu et al. (1998) har studert hvordan sjokkbølgen fra sprengingen blir dempet i forhold til innfallsvinkelen på sprekkeflaten. Studiet viser at akslerasjonen til bølgen synker med 60 % når innfallsvinkelen varierer fra 0° til 90° , Figur 1.3-1



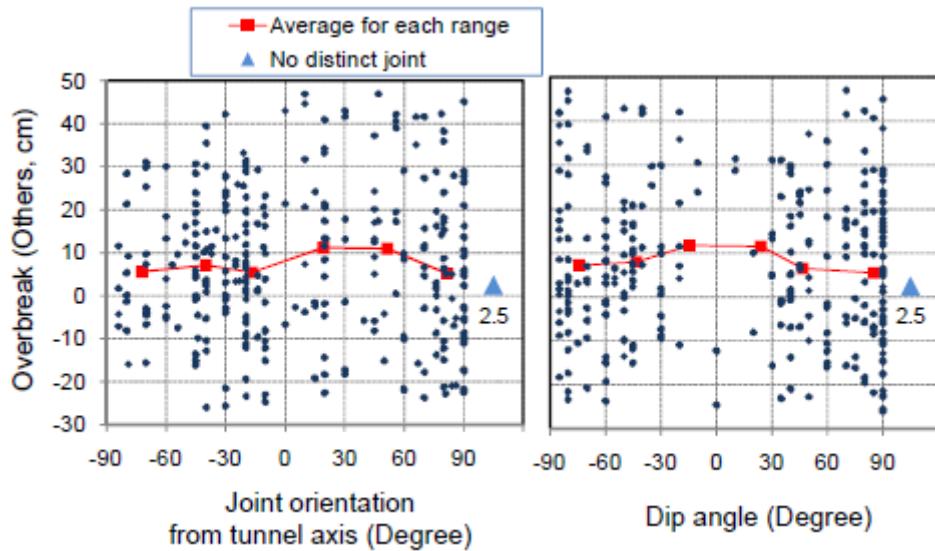
Figur 1.3-1 Viser endringen i akslerasjon i sjokkbølgen med variasjon i innfallsvinkel (Wu et al. 1998).

De samme resultatene ble også registrert av frekvensmålingene gjort på stedet. Disse viste av frekvensen sank med 70 % etter som innfallsvinkelen varierte fra 0° til 90° .

Singh (2005) argumenterer også for at tilstedeværelsen av sprekker vil påvirke dempningen av sjokkbølgen. Måten sjokkbølgen blir dempet mot sprekkeflaten avgjøres av innfallsvinkelen mellom dem. Dempningen er minimal når innfallsvinkelen til sjokkbølgen står parallelt eller vinkelrett på stoffflaten, og øker til maksimaldemping når vinkelen er mellom $15-45^\circ$. Den største andelen overmasser ble registrert når sprekkeorienteringen var 45° .

Kim (2009) har analysert sammenhengen mellom kontur kvalitet, sprekkeorientering og fall vinkel. Dette er sammenlignet med overmasse forskjellen mellom to runder (D_d), og overmasser på grunn av andre faktorer (O_o), Figur 1.3-2.

Resultatet viste at den laveste andelen O_o og D_d ble funnet når sprekke orienteringen var mellom -30° og 0° , og mellom 60° og 90° . Negative verdier mot null er definert som grader til venstre fra driveretningen, og positive er grader mot høyre. Den største andelen overmasse ble funnet mellom 0° og 30° , til høyre for driveretningen.



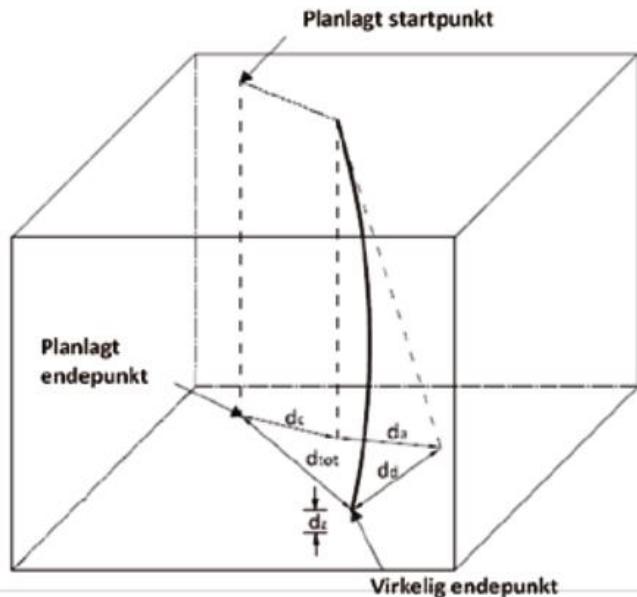
Figur 1.3-2 Overmasser plottet mot sprekkeorientering og fallvinkel (Kim, 2009)

Andelen overmasser er også avhengig av antallet sprekkesett i bergmassen, og om disse skjærer hverandre. Ved tilstede værelse av tre eller flere kryssende sprekkesett som står tilnærmet rettvinklet på hverandre, vil andelene overmasse øke betraktelig. Ibarra et. al (1996) poengterer at den viktigste karakteristikken til sprekker som påvirker overmassene, er sprekkeavstanden eller blokkstørrelsen. En bergmasse som er sterkt oppsprukket der blokkstørrelsen er liten, vil være vanskelig å spreng ut uten å få en del overmasser. En massiv bergmasse derimot vil være mye lettere å spreng etter prosjekterte linjer.

Ibarra et al. 1996 understreker viktigheten av nøyaktig boring for å få et godt sprengningsresultat. Boreavvik er en av de mest vanlige grunnene til overmasse og undermasse. Borehullsavvikene kan deles inn i fire deler (Olsen, 2011). Disse er :

- Ansettavvik
- Innrettingsavvik
- Avbøyingsavvik
- Dybde avvik

Summen av disse vil utgjøre det totale borhullsavviket, Figur 1.3-3.

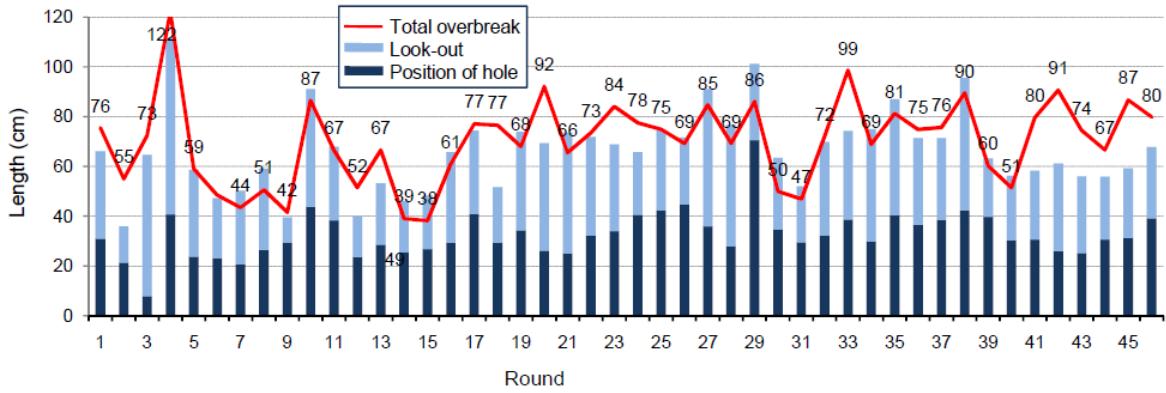


Figur 1.3-3 Totalt boreavvik fremstilt 3 dimensjonalt (Olsen, 2011)

Ansettavviket er differansen mellom planlagt borhullsplassering og den faktiske plasseringen. Avviket kan skyldes erfaring og nøyaktighet av boreren, feilt utmåling, eller lokale ujevnheter i bergmasseoverflaten (Ibarra et al. 1996). Innretningsavviket er gitt som avviket i vinkel på borhullet i forhold til planlagt vinkel (Olsen, 2011). Avbøyingsavviket kan skyldes en rekke forhold men er delt inn i fire hovedkategorier, A) Boreparametre, B) Hullutforming, C) Borutstyr, D) Geologi og anlegg.

Minimering av avvik knyttet til salveboring er ett viktig ledd i å bedre konturkvaliteten. Metoder for nøyaktig koordinatfesting av borhull i forhold til tunnelen ved for eksempel bruk av MWD målinger vil redusere feilboring (Schunnesson, 2009). Boring av tunneler kan skje med forskjellige automasjons nivåer. Fra manuell styring der operatøren styrer bommene og matekraft, til en fullstendig automatisering der riggen selv styrer bommene etter en bestemt borplan. Boring i fullauto vil være fordelaktig med tanke på at kvaliteten på boringen ikke blir påvirket av erfaringer og ferdigheten til operatøren, men gir et mer kontinuerlig resultat runde etter runde. I tillegg vil en rigg i automodus bore salven forttere enn en operatør (Kirkeby, 2011). Erfaringer fra Eikremtunnelen tilsier likevel at problemer kan oppstå ved at bommene på borriggen kan komme borti bergveggen ved tidligere salver når konturhullene skal bores, slik at en operatør manuelt må sette an borhullet og styre vinklingen av det.

Analyse utført ved to tunneler av Kim (2009), viser at overmasser grunnet stikning og ansettavvik utgjorde henholdsvis 50 % og 40 % av den totale overmasse, Figur 1.3-4. De resterende 10 % skyldtes andre faktorer som avbøyning og geologiske faktorer.

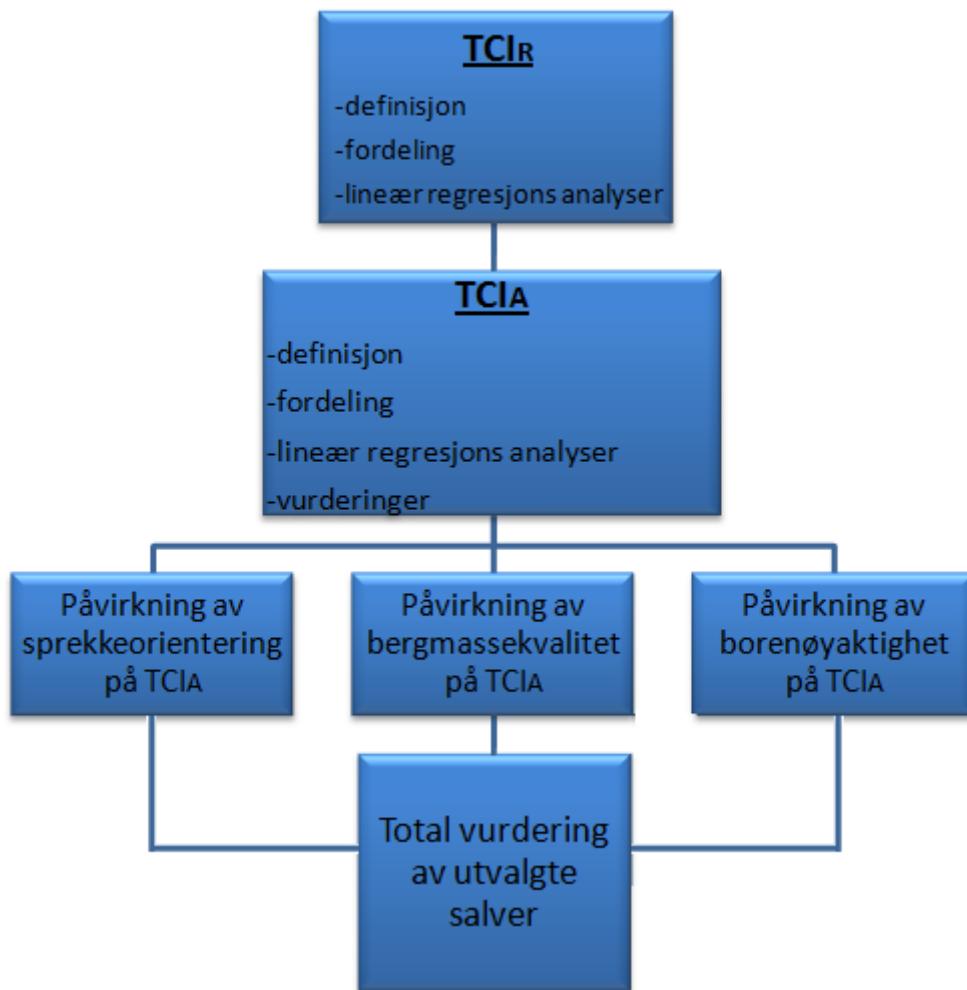


Figur 1.3-4 Fordeling av total overmasse (rød) på stikning (lys blå) og startposisjon av borhullet (mørk blå) (Kim, 2009)

2 Oppbygning av analyser og bakgrunnsmaterialet

2.1 Generelt

Generelt kan analysene gjort i den oppgaven deles inn i 6 deler, Figur 2.1-1. Definisjon fordelinger og analyser av TCI_R og tilhørende parametre danner grunnlaget for å tilpasse en mer anvendbar parameter TCI_A . TCI_A parameteren blir så testet og vurdert opp mot TCI_R . Deretter analyseres påvirkningen av sprekkeorientering, bergmassekvalitet og borenøyaktighet på TCI_A . Til slutt følger en total vurdering av de nevnte parametre for et utvalg av salver fra Eikremtunnelen.



Figur 2.1-1 Generell oppbygning av analysen.

Oppbygningen av denne oppgaven baseres på mange forskjellige utregnings- og analytiske metoder. Det er derfor ikke hensiktsmessig med en samlet metodebeskrivelse av alle disse da dette har lett for å bli rotete. Oppbygning av kapitlene som inneholder utregninger og analyser (Kapittel 3-8) blir da følgende. 1) Generell beskrivelse av hvilke parametere og sammenhenger som testes i kapitlet. 2) Metode som er brukt for utregning og analyse, og antagelser som er gjort. 3) Presentasjon av resultater. 4) Vurdering og diskusjon av resultat. Disse analysene omfatter Eikremtunnelen, Oppdølstrandatunnelen og

kontursprengningsområdet i Eikremtunnelen separat. Dette er gjort for å undersøke hvilke innvirkninger et slikt forsøk har på konturkvaliteten. Til slutt i oppgaven kommer det en diskusjon vedrørende foreslått parameter TCI_A før det konkluderes og gis anbefalinger til videre arbeid.

2.2 Kort beskrivelse av geologi og drivemetode for referanseprosjektene

2.2.1 Eikremtunnelen

Eikremtunnelen er en 971 meter lang T 8,5 vegg tunnel i Tingvoll kommune. I tunnelen er det drevet to havarinisjer der profilet økes til T11,5. Sprengningsarealet for de to profiltypene er henholdsvis 59,576 kvadratmeter og 82.302 kvadratmeter. Tunnelen inngår som en del i StorKriFast-prosjektet, Figur 2.2.1-1. Tunnelen åpnet for trafikk 27.02.2012.

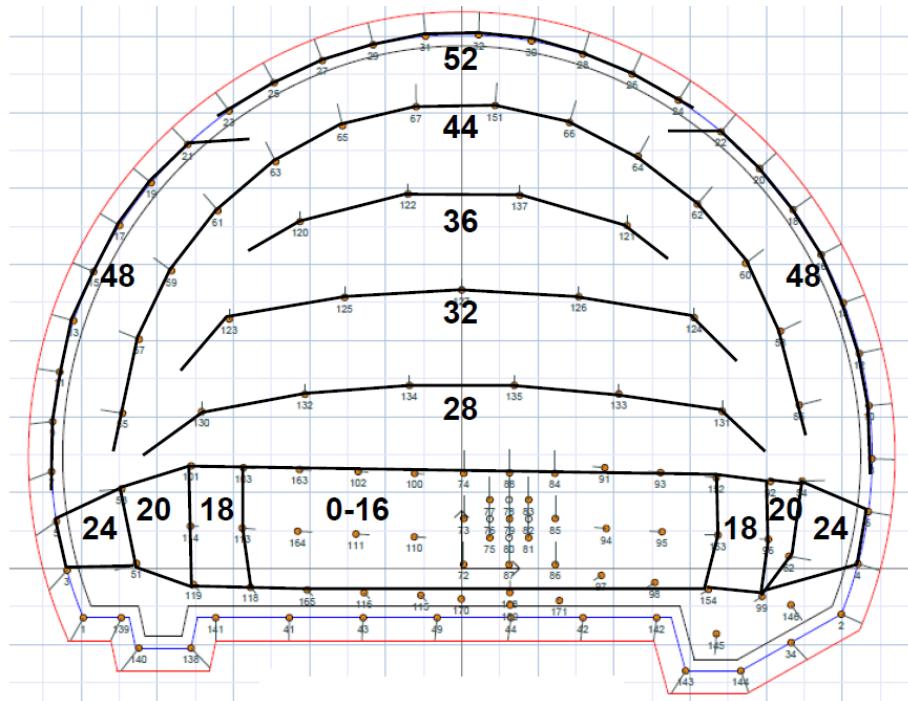


Figur 2.2.1-1 Kartoversikt av StorKriFast prosjektet (venstre) og Eikremtunnelen (høyre) (Dalsegg et. al 2010)

Geologien i området er delt i to hovedtyper langs traseen. Fra Øydegard siden i nordvest domineres geologien av en granittisk til diorittisk gneis. Denne er av god kvalitet med relativt lite sprekker (Dalsegg et. al 2010). I sørøst er geologien mer vekslende og har innslag av glimmerskifer, amfibolitt, kalksilikatskifer, metasandstein, kalkspatmarmor og paragneis. Dette området har betydelig lavere bergmassekvalitet med en del gjennomgående sprekker, og er tydelig preget av foliasjon. Strøket til foliasjonen ligger i NØ-SV retning med fall mellom 20-40 grader mot NV (Kirkeby, 2011). Det vil si at foliasjonen faller mot tunnelen som går i en NV-SØ retning. Sprekkerretningen i området varierer, men har to dominerende sprekkesett. Disse har strøkretningene NØ-SV og VNV-ØSØ, der halvpartene av målingene utført av NGU har steile fallvinkler på mellom 80-90 grader.

I løpet av drivingen av Eikremtunnelen var det et stort fokus på dokumentering. Eksempelvis var det krav til laserskanning av alle salver før sikringssprut, og overmasse rapporter (med overmassen målt i distanse mellom prosjektert og faktisk sprengningsprofil målt i centimeter). I tillegg skulle ansettøyaktighet og retningsavvik for hvert borhull dokumenteres. Innsamling og prosessering av disse dataene danner grunnlaget for undersøkelsene gjort i denne masteroppgaven.

I Eikremtunnelen ble det også utført et kontursprengingsforsøk mellom pel 847-945. Her ble tre ulike tilnærninger for å spreng bedre konturkvalitet prøvd ut. En skjematisk fremstilling av tennplanen i forsøkssalvene er vist i Figur 2.2.1-2.



Figur 2.2.1-2 Tennplan for forsøkssalvene (Kirkeby, 2011).

Bunnsalva strosses helt ut til vegg før resten av strossehulla går av etterfulgt av en todelt sprengning av konturen. Til slutt blir såle og grøfter sprengt. For en mer detaljert beskrivelse av forsøkene vises det til Kirkeby (2011). Området for kontursprengning i Eikremtunnelen er viet ekstra oppmerksomhet i analysen av TCI_R og TCI_A for å dokumentere effekten på disse parametrene av et økt fokus på konturkvalitet.

Borriggen som ble brukt under driving av tunnelen var en Sandvik DT1100i, med tre bommer, Figur 2.2.1-3. Lengden av borhullene var normalt rundt 5,3 meter ved normale salver, men ble redusert til 3,3 meter ved driving under dårlige bergmasseforhold.



Figur 2.2.1-3 DTi serien fra Sandvik (Kirkeby, 2011)

2.2.2 Oppdølstrandatunnelen

Oppdølstrandatunnelen inngår i den nye Riksveg 70 mellom Sunndalsøra og Ålvundeid. Tunnelen er en T9,5 vegg tunnel på 7,5 kilometer, Figur 2.2.2-1. Den har et prosjektert sprengningsareal på 73,975 m², og prosjektert buelengde er 21,736 meter. Tunnelen skal ferdigstilles i løpet av våren 2014.



Figur 2.2.2-1 Oversiktskart over Oppdølstrandatunnelen (blå stiplet linje) (Karlsen, 2010)

Geologien i området er preget av gneis bergarter med prekambrisisk opprinnelse (Karlsen, 2010). Teksturen varierer fra båndgneis til øyegneis. Det er indikasjoner på at bergmassen har gått igjennom metamorfose på store dyp noe som har ført til en gjennomsettende tektonisk foliasjon. Dette er også den mest fremtredende strukturen i landskapet. Foliasjonen har en strøkretning i en tilnærmet N-S retning med svakt fall 20-40 grader mot øst.

I tillegg til foliasjonen er det kartlagt to hovedsprekkesett med retning NØ-SV og Ø-V, disse har fallvinkler på henholdsvis 80° mot SØ og 80° mot S.

Den generelle borplanen for tunnelen består av 110 hull, 106 ladde hull i tillegg til 4 grovhull for utslag. Konturen utgjør 25 hull. Sprengstoffet som brukes er slurry, der en har t-patroner i bunn av borhullet. Til hver salve går det med cirka 600 kilo sprengstoff. Tanningssystemet er basert på Nonel LP. Nonel slangene buntes sammen og initieres av en detonerende lunte.

Til drivingen av Oppdølstrandatunnelen brukes tre typer Atlas Copco borriger, WE3, XE3 og XL3. Felles for disse er at alle er tre-boms borriger som er datastyrt, Figur 2.2.2-2.



Figur 2.2.2-2 Tre-boms fulldata borrigg Boomer XL3 D (Copco, 2012)

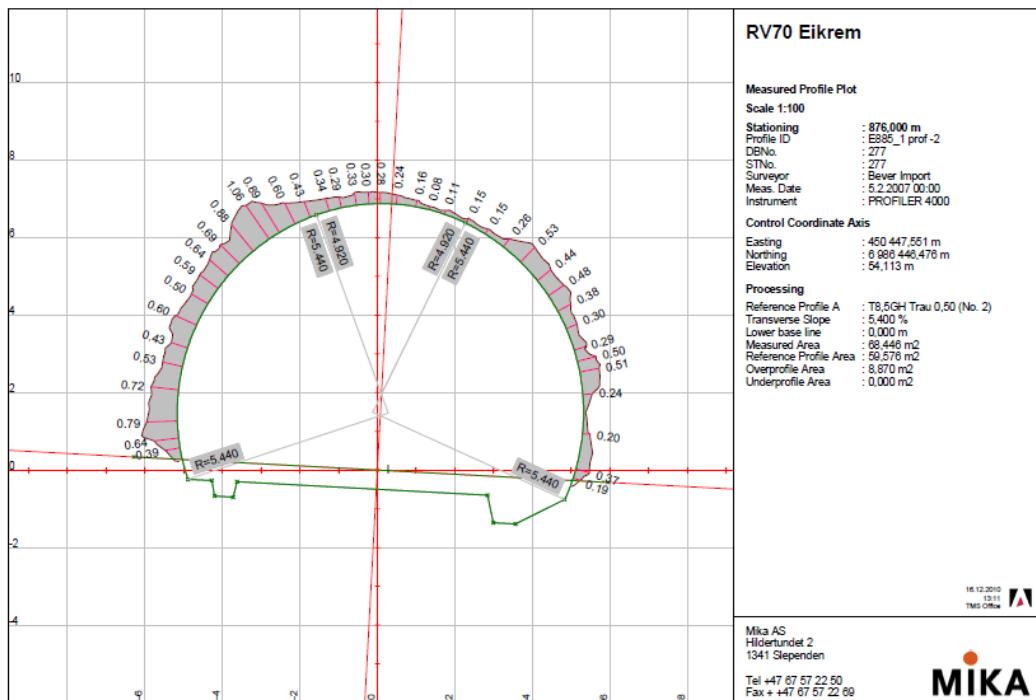
2.3 Innsamlet data

I utgangspunktet er det hentet inn data fra 158 salver i Eikremtunnelen og 346 salver fra Oppdølstrandatunnelen. På grunn av varierende grad av nøyaktighet og tilgang på inngangsparametere er ikke alle analyser gjort med samme antall salver. Spesifikt hvor mange salver som er brukt i en analyse er definert i metodedelen til hvert kapittel. Data for borenøyaktighet foreligger kun for Eikremtunnelen.

2.3.1 Eikremtunnelen

Data hentet fra Eikremtunnelen omfatter skannede profiler, kartlagte strøk og fallvinkler til sprekker og foliasjon, klassifisering av bergmassen for hver salve, og dokumentasjon av borhull. Myklebost (2012) har sørget for alle skannerdata og dokumentasjon av borhull, mens Humstad (2012) har bidratt med sprekkeorientering og bergmasseklassifikasjon. Analysene fra Eikremtunnelen baseres på data fra pelnummer 764, til pelnummer 1446.

De skannede profilene danner grunnlaget for estimering av overmasser og oversprengt areal, Fig 2.3.1-1. Dette er kun skannede profiler av bart fjell per meter tunnel. De angitte avstandene på profilet tilsier avstanden mellom de prosjekterte og utsprengte profilet. Alle verdiene er angitt i meter, noe som blir videreført i all analyse. Siden laserinnmålingene skjer hver hele meter tunnel og salvene ikke er konsistente på meteren, har det vært nødvendig med en justering av salvene. Dette er gjort på den måten at hvert salvenummer er rundet av til hel meter. Alle verdier mellom 0-0,49 rundes ned, og resten rundes opp.

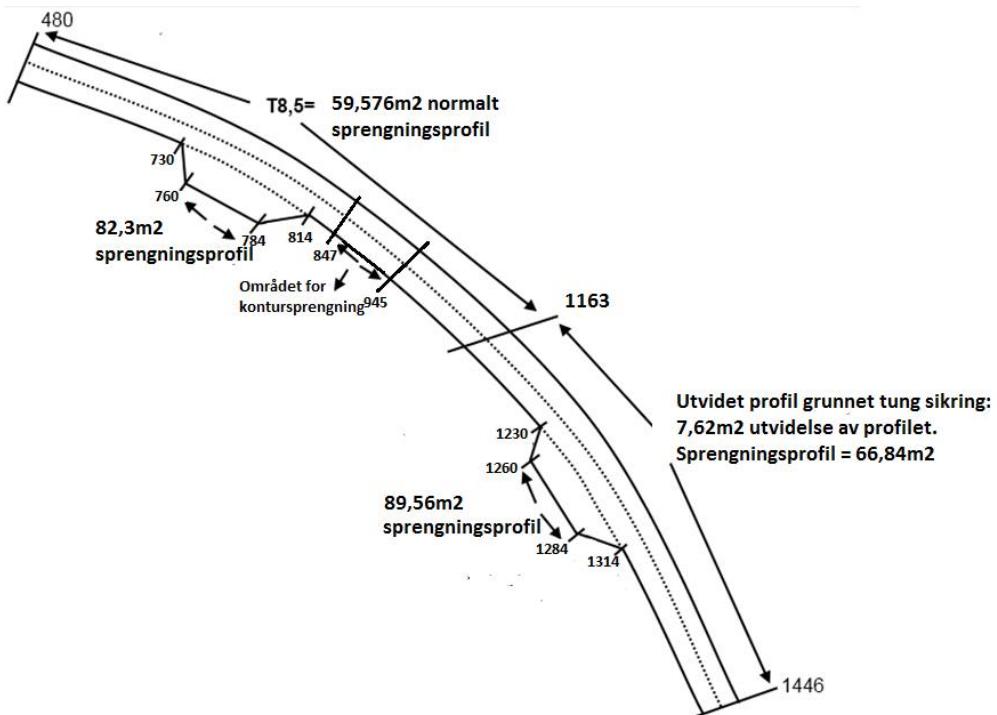


Figur 2.3.1-1 Eksempel på skannet profil fra Eikremtunnelen (Myklebost 2012).

Overmassen i Eikremtunnelen er regnet mot teoretisk sprengningsprofil for hele tunnellengden, det vil si at utvidelser som nisjer er med. Ved gitte pelnummer er det gjort en

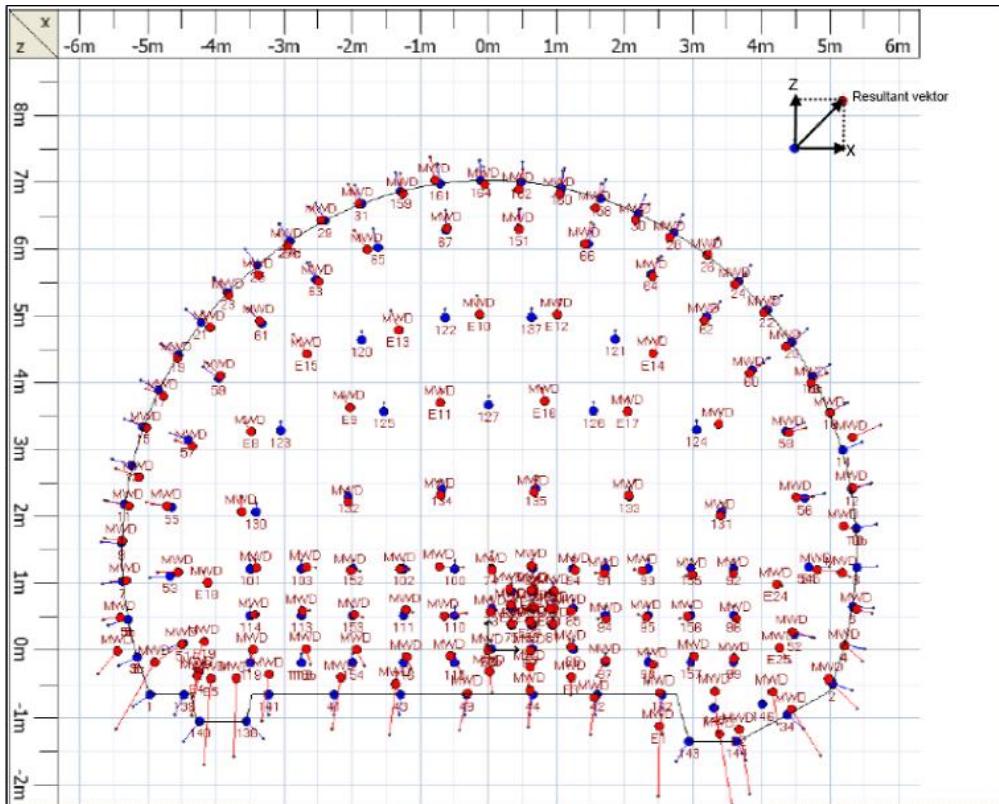
korreksjon for utvidelse grunnet tung sikring som ikke er tatt i betrakting av skanneren. Siden ansettet ble flyttet ut 35 centimeter ved tung sikring, trekkes det 35 centimeter på hver innmålte distanse, for de gitte pelnummerne, Figur 2.3.1-2.

Eikremtunnelen er en T8,5 der buelengden for det teoretiske sprengningsprofilet er 20,733 meter. Prosjektert sprengningsareal for normalsalve er $59,576\text{m}^2$. I nisjene derimot går en over i en T11,5, med en prosjektert buelengde på 23,948 meter, og et sprengningsareal på $82,302\text{m}^2$. Nisjene har også overganger i begge ender slik spreningsprofilet endret fra $59,576\text{m}^2$ til $82,302\text{m}^2$ gjennom overgangen. Disse overgangene er 30 meter. Endringen i prosjektert sprengningsareal per meter i overgangene er dokumentert av skanneren. I områdene der en har utvidet profil for å få plass til tung sikring vil sprengningsarealet øke med $7,26\text{m}^2$. Her vil prosjektert sprengningsareal for normal salve bli $(59,576+7,26)=66,84\text{m}^2$.



Figur 2.3.1-2 Oversikt over Eikremtunnelen med markerte profilendringer.

Under hele drivingen av Eikremtunnelen ble hvert enkelt borhull dokumentert ved hjelp av borriggens fulldata og MWD utstyr, Figur 2.3-3. Borhullene ble koordinatfestet for prosjektert ansett og sluttspunkt i x,y,z retning, og for faktisk plassering av ansett og sluttspunkt i x,y,z retning. Bornøyaktigheten er beregnet ut i fra disse parametrene.



Figur 2.3.1-3 Navigesjonsplan for normalsalve Eikremtunnelen med hull ID, blå felt markerer planlagt hullplassering mens rødt felt markerer utført plassering (Myklebost 2012).

Informasjon vedrørende sprekker, foliasjon og bergmassekvalitet er eksporterte data fra kartlegging i Novapoint. Disse dataene er sortert og presentert i vedlegg A. Salveoppdelingen i Eikremtunnelen er også hentet fra Novapoint kartleggingen.

2.3.2 Oppdølstrandatunnelen

Data fra Oppdølstrandatunnelen inkluderer kalkulerte overmasser, buelengder (prosjektert og utført), og sprengningsareal (prosjektert og utført), for hver halv meter. I tillegg foreligger det også her dikontinuitets- og foliasjonskartlegging. Denne kartleggingen er gjort per salve. Andersen (2012) har sørget for alle skannerdata, mens Humstad (2012) har sørget for dokumentasjon av sprekker og bergmassekvalitet.

I Oppdølstrandatunnelen er alle data vedrørende overmasser, buelengder og sprengningsareal tilsendt som profil logger for hver 0,5 meter, Figur 2.3.2-1.

Profil logg	
Pel	1125,500
Bredde	0,500
Prosjekt informasjon	
Firma	AF_Anlegg
Anlegg	RV70 Oppdølstranda
Tunnel	10500_Tunnel
Kommentar	Utført spreningsprofil
Rapport	
	Default
Kontur areal (m ²)	73,975
Kontur lengde (m)	21,736
Kontur såle lengde (m)	13,423
Kontur radius tillegg (m)	0,000
Areal utenfor (m ²)	10,117
Lengde utenfor (m)	20,300
Gj. Snitt utenfor (m)	0,498
Std. awik utenfor	0,160
Estimaert areal utenfor (m ²)	
Estimert lengde utenfor (m)	
Estimering målingsprosent (%)	
Areal innefor (m ²)	0,000
Lengde innefor (m)	0,000
Gj. Snitt innenfor (m)	0,000

Figur 2.3.2-1 Eksempel på profillogg Oppdølstrandatunnelen (Andersen 2012).

Prosjektert sprengningsareal for Oppdølstrandatunnelen er 70,93m². Dataene medregnet i denne oppgaven inneholder tre forskjellige intervaller. Pel 1020-1438 er drevet på stigende pelnummer fra Sunndalsøra. Pel 3410-4024,5 er drevet på stigende pelnummer fra tverrlag. Pel 3410-2664 er drevet på synkende pelnummer fra tverrlag. Disse tre intervallene er behandlet som ett sammenhengende stykke, det vil si at det ikke er forsøkt å finne interne forskjeller i konturkvalitet mellom dem. I intervallene er det nisjer mellom 1205-1285, 2555-2660, 3050-3145, 3340-3450 og 3915-4005. I tillegg er profilet utvidet i forbindelse med tverrlaget fra ca. 3370 -3440. Nisjene og utvidelsene er alle medregnet at skanneren slik at det i dette tilfellet ikke har vært nødvendig med en korreksjon av dataene.

Informasjon vedrørende sprekker, foliasjon og bergmassekvalitet er eksporterte data fra kartlegging i Novapoint. Disse dataene er sortert og presentert i vedlegg B. Oppdelingen av salvene i Oppdølstrandatunnelen er gjort etter samme inndeling som bergmasseklassifikasjonen. Salvene blir også her som i Eikremtunnelen avrundet til hel meter.

2.4 Usikkerhet

På grunn av at parameterene som utgjør TCI_A avhenger av skanner data, er det usikkerheten i skanningen som utgjør den totale usikkerheten. Ulike feilkilder i skanningen kan være at boriggens bommer kommer i veien og gjør at buelengden av det utsprengte profilet blir for liten. Skanningen skjer på en slik måte at om en skanner en flate nær skanneren, oppnås høyere oppløsning enn om en skanner en flate langt unna. I tillegg reduseres oppløsningen hvis skanningen skjer skrått på flaten eller hvis bergoverflaten er våt. Det er viktig å stille inn skanneren slik at det skannes med ønsket oppløsning på det området som er lengst fra skanneren.

2.5 Bruk av EXCEL 2007

Alle innsamlede data har kommet i Excel filer, etter ønske fra undertegnede. Ved hjelp av Excel har alle dataene blitt renset og sortert med forskjellige funksjoner. Alle utregninger, diagrammer og testing som er presentert i denne oppgaven er gjort med denne programvaren. Det ses ikke på som noen hensikt og liste opp alle funksjoner som er brukt underveis. Derimot anbefales det på det sterkeste at en bruker EXCEL eller lignende programvarer (som tåler å bearbeide store mengder data), hvis en skal gjøre slike beregninger ved en senere anledning.

2.6 Bruk av gjennomsnitt, standardavvik, lineær regresjon og kontroll av data

Gjennomsnitt brukes gjentagende i denne oppgaven, Formel 2.6-1.

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad \text{Formel 2.6-1.}$$

De fleste beregningsmetoder som det vises til i metodedelene inneholder en gjennomsnittsberegning. Dette er gjort for å få et lettere sammenligningsgrunnlag mellom hver analyserte salve eller tunnel strekning. Mye av de innsamlede dataene er delt opp, enten for hver meter, hver halv meter, eller for hvert borhull. Dette gjør gjennomsnittet meget godt egnet til å beskrive den aktuelle parameteren for en hel salve, som gjerne er 5 meter. I tillegg vil et gjennomsnitt ikke bli så påvirket av antall inngangsparametere en analyse består av i motsetning til for eksempel en sum. Likevel har alle estimerte parametere som har vist seg å mangle en tilstrekkelig mengde data eller har gitt ulogisk store utslag, blitt filtrert ut av analysen. Måten dette er blitt gjort på er å opprette tellefunksjoner i Excel som estimerer hvor mange parametere et snitt består av. Dette gjøres for hver salve og for hver eneste parameter som blir analysert. Hvis antallet verdier i en analyse viser seg å være mindre en snittet i andre salver, forkastes salven da den høyst sannsynlig gir upresise verdier. I tillegg vil enkelt verdier fra skanner data som tydelig viser at innmålingen har blitt hindret underveis, for eksempel at skanneren har blitt hindret av en bom fra boriggen, også forkastes.

Standardavvik benyttes også en del i denne oppgaven, Formel 2.6-2.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \quad \text{Formel 2.6-2}$$

Dette brukes for å analysere spredningen av verdier fra det kalkulerte gjennomsnittet av en parameter. I kontursprengnings-sammenheng er ikke spredning av parametere ønskelig. Dette fordi at spredningen av utgangsparametre skaper spredning i oppnådd konturkvalitet. Ved å sjekke variasjonen til parametere kan en finne ut hvor forholdene har vært konstante. Dette sammen med andre parametere gir grunnlaget for å finne ut hvilke kriterier som må være til stede for å oppnå en god konturkvalitet.

For å sjekke korrelasjonen mellom parametre er det inkludert en del lineær regresjonsanalyser i denne oppgaven. Resultatet av regresjonsanalysen er en R^2 verdi som er determinanskoeffisienten for datasettet. R^2 tilsvarer sannsynligheten for at estimert formel for den lineære linjen forutsier fremtidige resultat (Draper & Smith, 1998). R^2 verdiene i denne oppgaven varierer mye. Dette kommer av at det i tunnel sammenheng ofte er snakk om en kompleks geologi, der mange ulike faktorer er med på å påvirke resultatet. Derfor kan en R^2 verdi på 0,1 anses som et resultat som gir en troverdig korrelasjon (Kim 2009).

3 Tunnel Quality Contour Index (TCI_R)

3.1 Definisjon av begrepet TCI_R

TCI er en parameter definert av Kim (2009). Parameteren gir en objektiv beskrivelse av kvaliteten av tunnelkonturen etter sprengning, kapittel 1.3. TCI_R defineres av to utgangsparametere. Disse er gjennomsnittovermasser (Öv), og forholdet mellom prosjektert buelengde og innmålt buelengde etter sprengning (RCL). I dette studiet er fordelingen av TCI i Eikremtunnelen dokumentert gjennom 158 salver, mens den i Oppdølstrandatunnelen er analysert for 343 salver. Det er viktig å merke seg at Kim`s TCI parameter skiller mellom klassifikasjon av konturkvaliteten i en salve (TCI_R), og for fem salver eller hele tunnelen (TCI_T). I analysene medregnet her er alltid konturkvaliteten definert for hver enkelt salve. For hver salve er standard verdier for korreksjonsfaktorer og vektning benyttet, slik som anbefalt av Kim (2009). Disse er henholdsvis C_r = 300, W₁=W₂=4,5, C₁ = 0,006 og C₂ = 0,8. Dette gir et uttrykk for TCI_R som vist i Formel 1.3-3.

I begge tunnelene er det registrert en mengde undermasser som antas å være uten betydning for de videre analyser, og vil derfor ikke medregnes i analysen.

3.2 Metode for beregning av TCI_R

For å finne gjennomsnittovermassen som trengs for estimering av TCI_R er først gjennomsnittet av overmassene for hver meter tunnel funnet. Dette gjøres ved å ta snittet til alle innmålte verdier for hvert skanner plott, Figur 2.3.1-1. Deretter samles snittene som hører sammen i en salve og et nytt gjennomsnitt finnes for disse verdiene, Tabell 3.2-1. For salven fra pel 891 til og med pel 895, regnes da verdier fra og med pel 892 til og med pel 895 da pel 891 er slutten på forrige salve. Verdien av Öv for denne salven blir da 0,308 meter. Den samme fremgangsmåten følger også der skannerinnmålinger har blitt gjort for hver halv meter.

Pelnummer	Gjennomsnitt Overmasse
891	0,34
892	0,374
893	0,312
894	0,239
895	0,306
896	0,37

Gjennomsnitt for salve pelnummer 891-895:

$$\frac{0,374+0,312+0,239+0,306}{4} = 0,308$$

Tabell 3.2-1 Eksempel som viser fremgangsmåten ved kalkulering av overmasser i Eikremtunnelen

På grunn av for store avvik i innsamlede konturlengde data, er det for begge tunnelene gjort en beslutning om å bruke forholdet mellom målt og prosjektert sprengningsareal til estimering av en ny parameter RBA (Ratio Blast Area) som erstattning for den opprinnelige RCL(Ratio Contour Length). RBA knytter seg på samme måte som RCL opp mot den økte overflaten en får av overmasser, og antas derfor å gjenspeile de samme forhold.

Avvikene i mål av buelengde skyldes et par faktorer. En del data er ikke blitt filtrert riktig gjennom programvare. En del avvik kommer av at skanning og boring har skjedd på samme tid slik at bommene fra borriggen ofte har kommet i veien for skanneren. I tillegg har skanneren i noen tilfeller ikke sluttet å måle lengden, slik at punktet på sålen er medregnet i lengden. Dette har ført til at kalkulert RCL i noen tilfeller i Eikremtunnelen har ligget over 1,8. Med en RCL=1,8 vil det for Eikremtunnelen si at målt buelengde med skanner har vært 17 meter lengre enn den prosjekterte, noe som er svært usannsynlig.

Den modifiserte formelen for TCI_R blir da;

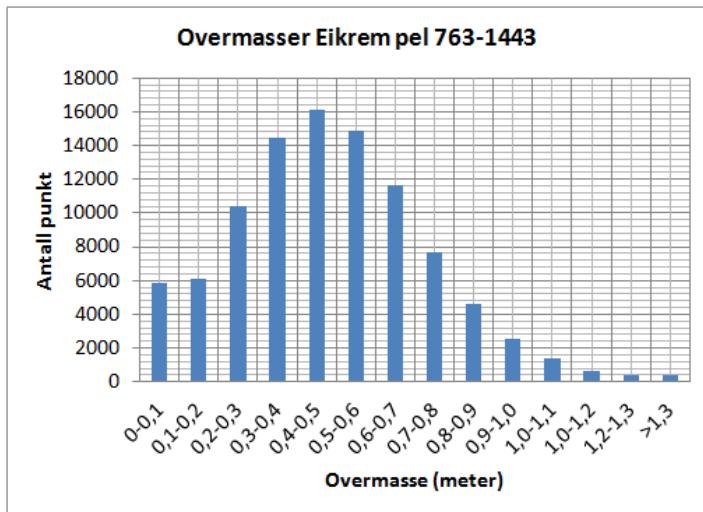
$$TCI_R = \frac{C_r}{(\hat{O}v * W_1 * C_1) + (RBA * W_2 * C_2)} \quad Formel\ 3.2-1$$

For å kunne gjøre TCI_R parameteren anvendbar i den daglige driften på et anlegg er det nødvendig med en forenkling av uttrykket. Dette gjøres ved å granske fordelingen av overmasser og sprengningsareal for begge tunnelene. Deretter må korrelasjonen mellom overmasser, sprengningsareal, og TCI_R studeres. Når disse forholdene er funnet legges dette grunnlaget for å tilpasse en mer anvendt parameter TCI_A (Tunnel Contour Quality Index Applied).

3.3 Beregnet $\hat{O}v$, RBA, og TCI_R i Eikremtunnelen

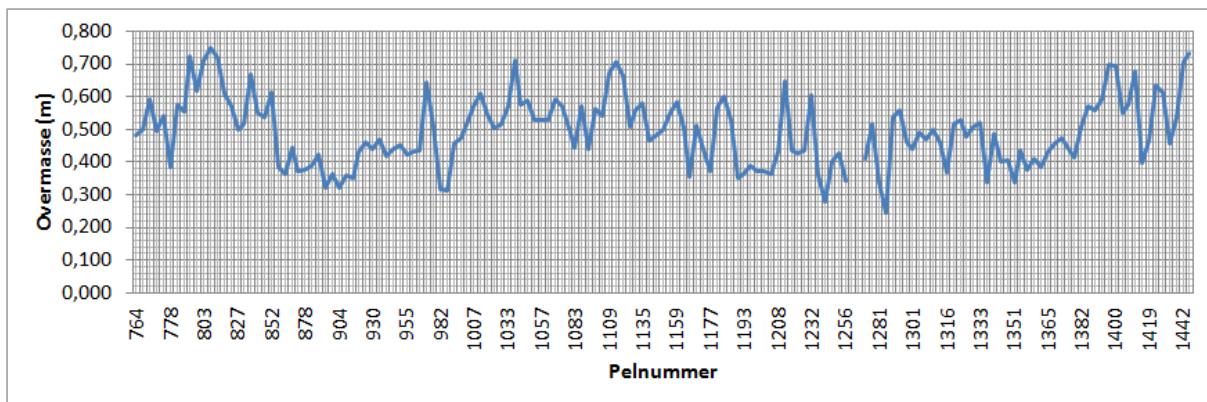
3.3.1 Resultat

Fordelingen av verdier gitt av skanner med tanke på overmasser viser at hoveddelen av punktverdier i Eikremtunnelen ligger mellom 0,2-0,7 meter, Figur 3.3-1. Gjennomsnittet av punktene ligger på 0,5 meter. Dette gjenspeiler også gjennomsnittet av overmassene per salve gjennom tunnelen.



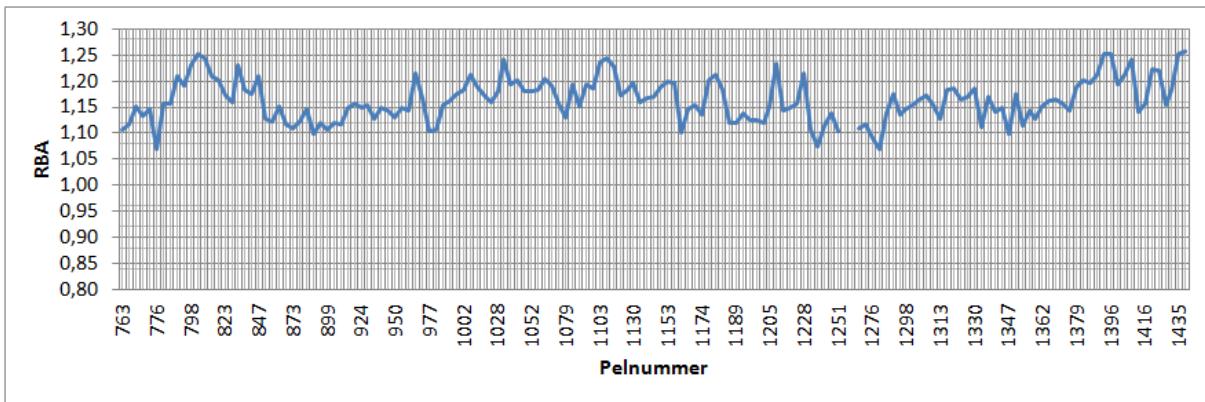
Figur 3.3-1 Antall registrerte punkter av skanner innenfor gitte overmasseintervall i Eikremtunnelen.

Gjennomsnittsovermasser per salve i tunnelen varierer i hovedsak fra 40 til 60cm, Figur 3.3-2 Langs tunneltraseen er variasjonen av overmassene stor. Den lavest registrerte verdien for en salve er 0,25 meter mens den høyeste er 0,75 meter. Standardavviket for overmassene er 0,11 meter.



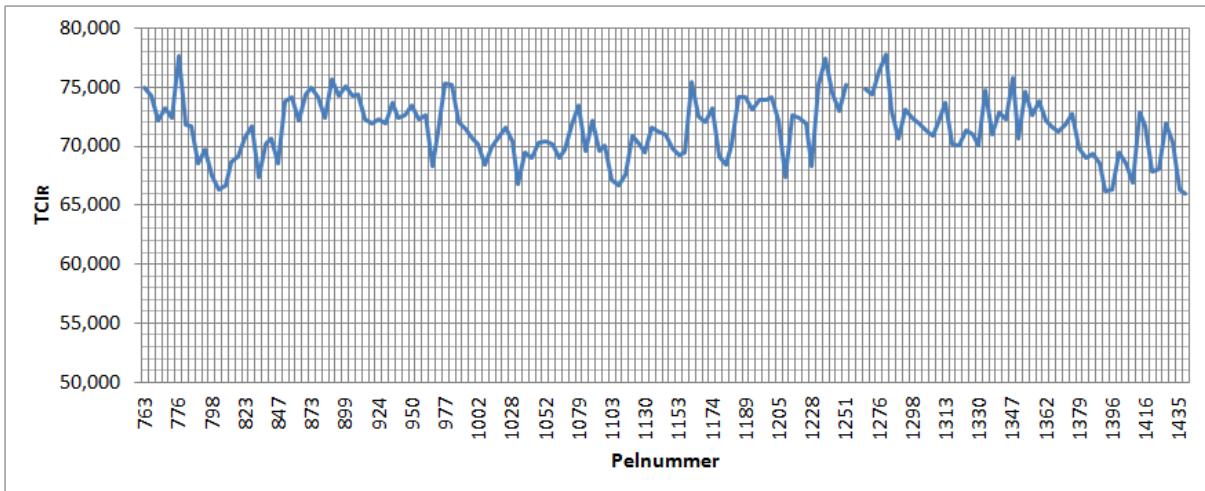
Figur 3.3-2 Diagram som viser gjennomsnittsovermasser (blå) per salve i Eikremtunnelen mellom pel 764-1446.

Fordelingen av RBA varierer i mindre grad enn overmassene, Figur 3.3-3. Dette er naturlig siden denne parameteren representerer et forhold. Gjennomsnittet av RBA i hele tunnelen er 1,164 med standardavvik på 0,041. Den største registrerte verdien er 1,26, mens den minste er 1,07. Dette tilsvarer til et oversprengt areal på henholdsvis $16,7 \text{ m}^2$ og $4,2\text{m}^2$.



Figur 3.3-3 Fordeling av RBA (målt sprengningsareal/prosjeiktert sprengningsareal) per salve i Eikremtunnelen mellom pel 764-1446.

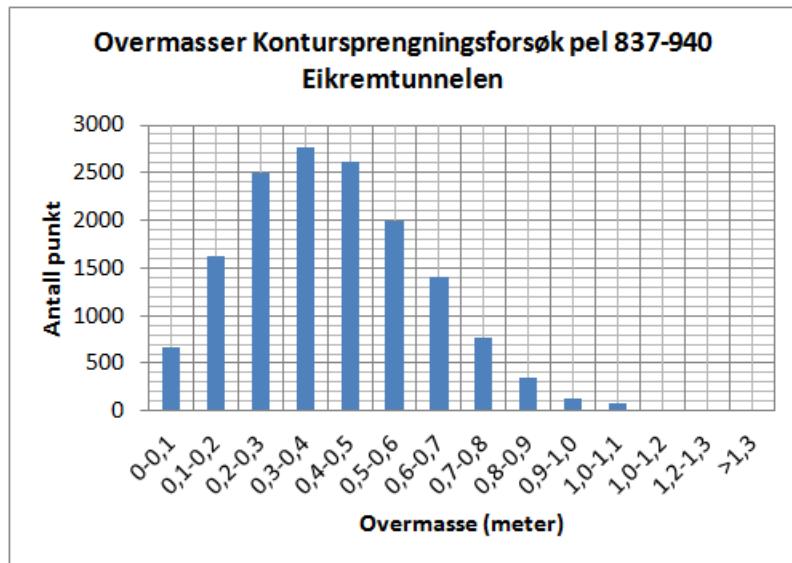
De gitte verdiene for \hat{O}_v og RBA, gir ved hjelp av Formel 3.2.1 et gjennomsnitt av TCI_R på 71,5 med standardavvik på 2,6, 3.3-4. Verdiene varierer over hele tunnel lengden med innslag av små stabile intervaller. TCI_R verdiene strekker seg fra 65,9 til 77,7.



Figur 3.3-4 Fordeling av TCI_R langs tunneltraseen.

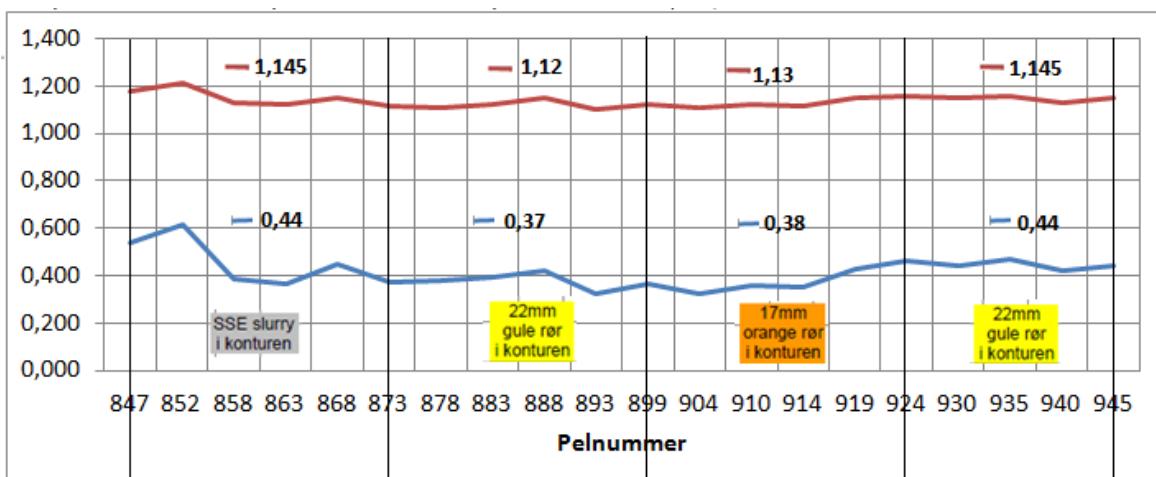
3.4 Beregnet \hat{O}_v , RBA, og TCI_R i kontursprengningsforsøket i Eikremtunnelen

For de gitte skannerverdier av overmasser fra kontursprengingsområdet, ligger hoveddelen av punktene mellom 0,2-0,6 meter, Figur 3.4-1. I forhold til hele tunnelen er denne fordelingen lengre til venstre i diagrammet, noe som tilsier at andelen overmasser er vesentlig mindre. Det er også tydelig at prosent andelen punkter med overmasser over 0,7 meter er vesentlig mindre for kontursprengningsområdet.



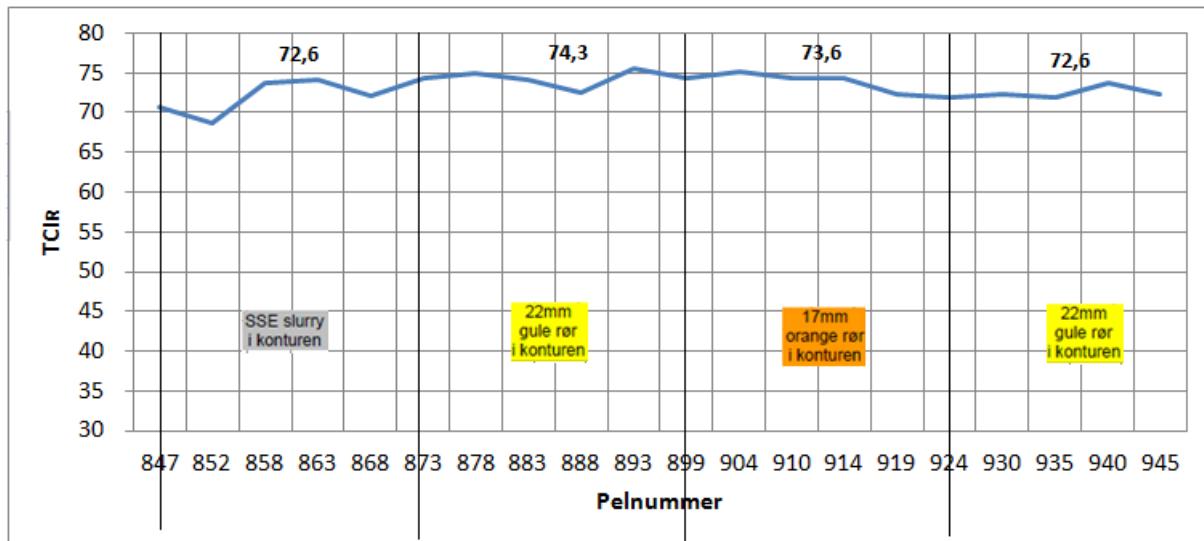
Figur 3.4-1 Antall registrerte punkter av skanner innenfor gitte overmasseintervall i kontursprengningsområdet

For kontursprengningsforsøket er gjennomsnittet av overmasser per salve 0,41 meter, med standardavvik på 0,067 meter, Figur 3.4-2. Dette vil si at både gjennomsnittet og standardavviket er mindre i kontursprengningsområdet enn for resten tunnelen. Best ut kommer områdene med bruk av 22 og 17 millimeter som kontursprengstoff som har en Øv på henholdsvis 0,37 og 0,38 meter. De små variasjonene mellom de to intervallene med bruk av 22 millimeter rørladninger, skyldes mest sannsynlig ikke sprengstoff relaterte faktorer. Gjennomsnitt RBA for området er 1,13, med standardavvik på 0,03.



Figur 3.4-2 Gjennomsnitt Øv (blå) og RBA(rød) i kontursprengningsområdet i Eikremtunnelen oppdelt etter sprengstofftype i konturen.

Gjennomsnittet av TCI_R i kontursprengingsområdet er 73,3 og standardavviket er 1,6, Figur 3.4-3.



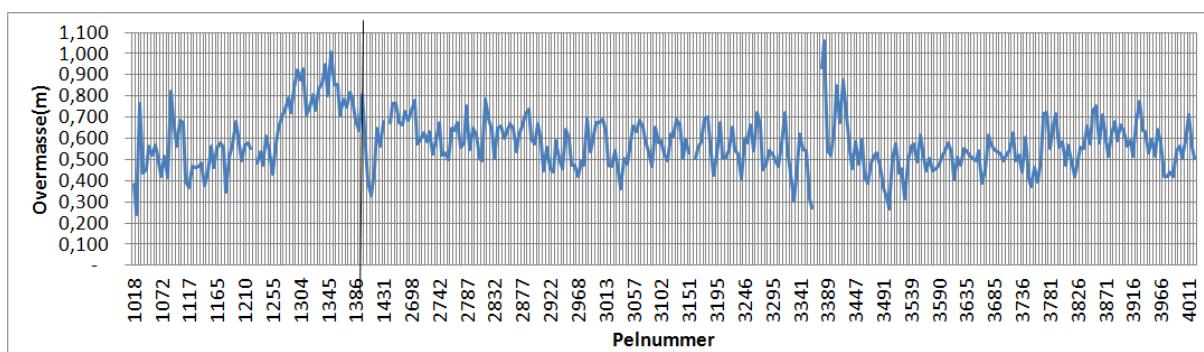
Figur 3.4-3 Gjennomsnitt TCI_R i kontursprengningsområdet i Eikremtunnelen oppdelt etter sprengstofftype i konturen.

Fordelingen av TCI_R i kontursprengningsforsøket er veldig jevnt. Den høyeste verdien 74,3 ligger i området med 22 millimeter gule rør i konturen, mens det laveste snittet på 72,6 ligger i området mellom pel 847-873 og pel 924-945.

3.5 Beregnet \hat{O}_v , RBA, og TCI_R i Oppdølstrandatunnelen

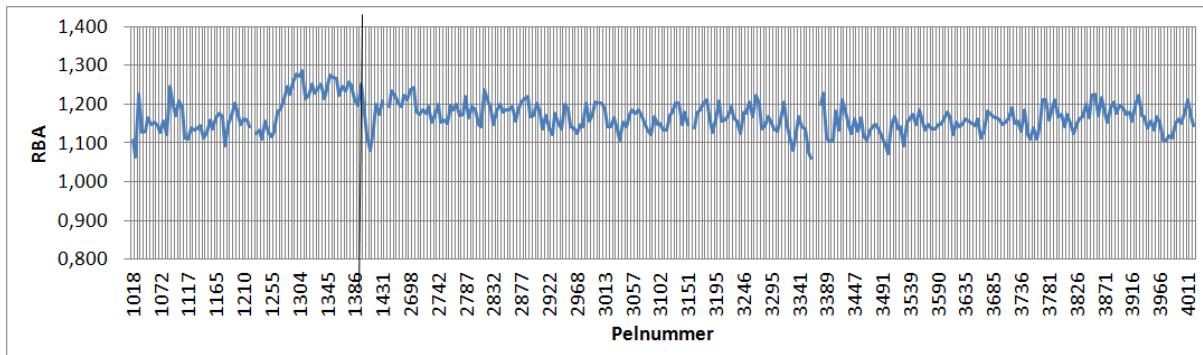
3.5.1 Resultat

\hat{O}_v i Oppdølstrandatunnelen varierer fra 40 til 75 centimeter, Figur 3.5.1-1. Det er lokalt store variasjoner i overmassene langs tunneltraseen. Gjennomsnittet av \hat{O}_v for hele tunnelen er på 0,58 meter med standardavvik på 0,13 meter. Den høyeste målte verdien av \hat{O}_v for en salve er 1,059 meter, mens den minste er 0,24 meter.



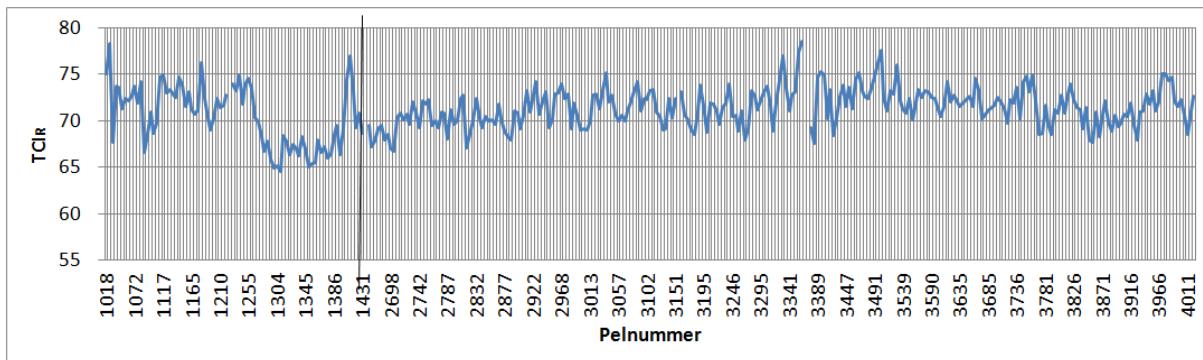
Figur 3.5.1-1 Diagram som viser \hat{O}_v (blå) i Oppdølstrandatunnelen fra pel 1018-1438 (svart strek) og pel 2664-4024.

Gjennomsnitts RBA for tunnellengden er 1,17 med standardavvik på 0,04, Figur 3.5.1-2. Verdien strekker seg fra laveste 1,06 til høyeste 1,28.



Figur 3.5.1-2 Diagram som viser RBA (målt areal/prosjektert areal) i Oppdølstrandatunnelen fra pel 1018-1438 og pel 2664-4024.

I Oppdølstrandatunnelen ligger TCI_R på et gjennomsnitt på 71,2 med standardavvik på 2,42, Figur 3.5.1-2. Verdiene strekker seg fra en minste verdi på 64,5 til en største verdi på 78,5. Her er det tydelige at det første intervalllet fra pel 1018-1438 har de største variasjonene i, mens resten av strekningen holder seg mer stabilt.



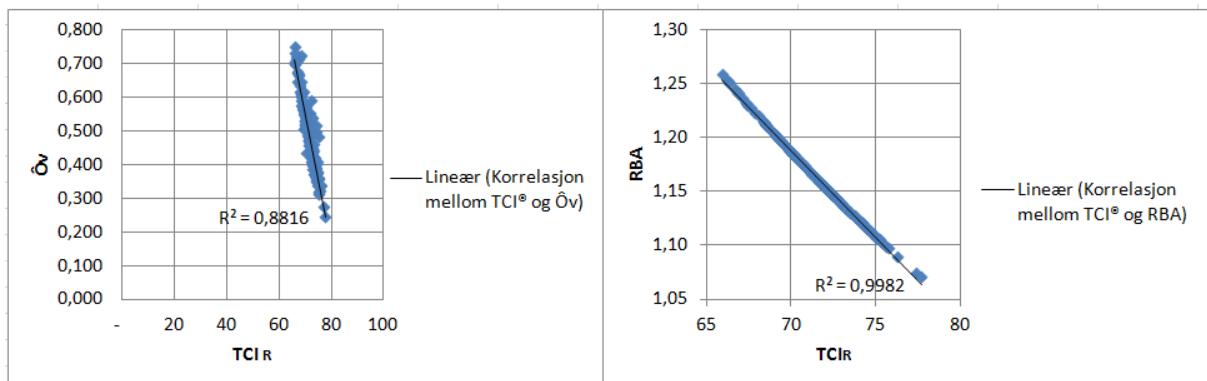
Figur 3.5.1-2 Fordeling av TCI_R per salve i Oppdølstrandatunnelen.

3.6 Lineær korrelasjons test mellom TCI_R , \hat{Ov} , og RBA

For å sjekke relasjonen mellom TCI_R , \hat{Ov} og RBA, er det utført lineær regresjonsanalyser mellom disse for begge tunnelene. Formålet er å kvantifisere i hvilken grad utgangsparametrene \hat{Ov} og RBA, påvirker sluttresultatet TCI_R .

3.6.1 Resultat Eikremtunnelen

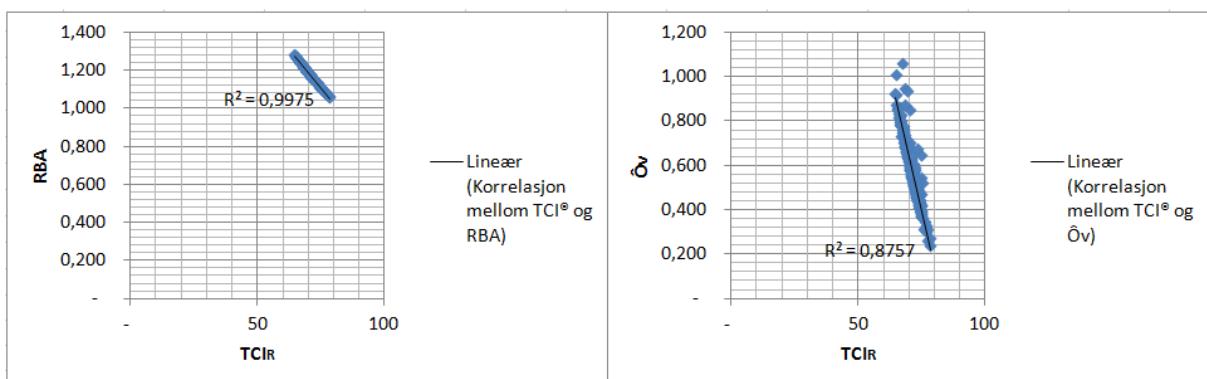
Den lineære regresjonsanalysen i Eikremtunnelen viser en meget god korrelasjon mellom TCI_R , \hat{Ov} og RBA, Figur 3.6.1-1. Dette er naturlig da det er \hat{Ov} og RBA som er de varierende parameterne som utgjør TCI_R . Likevel er det en tydelig forskjell mellom R^2 verdiene i testene. I testen mellom TCI_R og \hat{Ov} er $R^2=0,882$, mens i testen mellom TCI_R og RBA er $R^2 = 0,998$



Figur 3.6.1-1 Korrelasjonstest mellom \hat{Ov} og TCI_R (venstre), og RBA og TCI_R (høyre) i Eikremtunnelen.

3.6.2 Resultat Oppdølstrandatunnelen

Data fra Oppdølstrandatunnelen viser lignende tendenser som for Eikremtunnelen, Figur 3.6.2-1. Her vises det også stor relasjon mellom parameterne i tillegg til en hvis forskjell i R^2 verdier. $R^2 = 0,9975$ for korrelasjonen mellom RBA og TCI_R , mens $R^2= 0,876$ for forholdet mellom \hat{Ov} og TCI_R .



Figur 3.6.2-1 Korrelasjonstest mellom \hat{Ov} og TCI_R (venstre), og RBA og TCI_R (høyre) i Oppdølstrandatunnelen.

3.7 Vurderinger av fordeling, og vekting av utgangsparametere i TCI_R

Fordelingen av de TCI_R parameteren i de to tunnelene varierer i nokså stor grad.

Gjennomsnittsverdiene for tunnelene ligger tett opp til hverandre med en forskjell i standardavvik på 0,2 i favør Oppdølstrandatunnelen. Likevel viser fordelingene et større antall salver blant lave TCI_R verdier for Oppdølstrandatunnelen enn for Eikremtunnelen. Best ut kommer kontursprengningsområdet i Eikremtunnelen. Her er gjennomsnittet av TCI_R større og standardavviket vesentlig mindre enn for tunnelstrekningene.

Fordelingene av RBA og \hat{Ov} i forhold til TCI_R viser tydelig at de har forskjellig innvirkning på sluttresultatet slik formelen for TCI_R er bygd opp nå. Prosentvis andel som standardavviket utgjør av gjennomsnittet avslører at variasjonene i RBA er veldig like variasjonene i TCI_R . I Oppdølstrandatunnelen utgjør standardavvikene henholdsvis 3,4 %, 3,4 % og 22,4 % av TCI_R , RBA og \hat{Ov} . Tendensen er lignende for Eikremtunnelen der standardavvikene utgjør 3,6 %, 3,5 % og 22 % av henholdsvis TCI_R , RBA og \hat{Ov} . Dette tyder på at selv om vektingen av parameterne RBA og \hat{Ov} skal være lik, blir det likevel en skeivfordeling. Dette er også tydelig i de lineære korrelasjonstestene inkludert i kapittel 3.6. Her ses større R^2 verdier for korrelasjon mellom TCI_R og RBA, enn TCI_R og \hat{Ov} , noe som gjelder for begge tunnelene.

Grunnen til denne skeivfordelingen i vektingen av utgangsparametre ligger i korreksjonsfaktorene som er med i beregningen av TCI_R . Siden den samme fremgangsmåten for å regne korreksjonsfaktorer blir brukt for både \hat{Ov} og RBA (RCL) vil korreksjonsfaktoren for \hat{Ov} automatisk bli mye lavere. Dette kommer av at \hat{Ov} er en målt avstand og har mye større variasjoner i verdier enn RBA som representerer ett forhold. I tillegg er \hat{Ov} gitt som ett tosifret tall som vil ha en negativ innvirkning på korreksjonsfaktoren. Resultatet er at korreksjonsfaktoren som representerer \hat{Ov} er 0,006, mens korreksjonsfaktoren som representerer RBA er 0,8.

Siden overmassene og oversprengt areal varierer i så stor grad i tunnelene, burde det vært regnet ut egne korreksjonsfaktorer for hver av tunnelene. På denne måten ville korreksjonsfaktorene være tilpasset de gitte forholdene på anleggene. Problemet med dette er at det da er vanskelig å sammenligne TCI_R verdiene fra ulike prosjekter.

4 Tunnel Contour Quality Index Applied (TCI_A)

Verdien TCI_R utarbeidet av Kim (2009) blir for kompleks å anvende i den daglige driften av et tunnelanlegg. I tillegg viser casestudiene i denne oppgaven at både RBA og $\hat{O}v$ varierer i så stor grad at en blir nødt til å regne ut nye korreksjonsfaktorer for hvert anlegg. Det vil si at nøyaktigheten går vesentlig ned når en bruker en standard korreksjonsfaktorer. I tillegg vil det med nye korreksjonsfaktorer bli vanskelig å sammenligne TCI verdier mellom ulike prosjekter. Et annet problem med TCI_R parameteren er at den tar i større grad hensyn til RBA verdien i forhold til $\hat{O}v$. Dette skjer selv om de to parameterne i utgangspunktet er vektet likt.

4.1 Definisjon og metode for beregning av ny parameter TCI_A

For at kvaliteten på konturen skal bestemmes fortløpende på anlegget er det nødvendig med en forenkling av uttrykket for TCI_R.

Det nye uttrykket skrives som:

$$TCI_A = \frac{100}{\hat{O}v * RBA} \quad Formel\ 4.1-1$$

Der; TCI_A = Applied Tunnel Contour Quality Index

$RBA = (\text{målt gjennomsnittssprengningsareal for salven/prosjektert sprengningsareal for salven})$

$\hat{O}v = \text{gjennomsnittovermasse for salven gitt i meter}$

100 = konstant for styring av variasjonsbredde i TCI_A verdier.

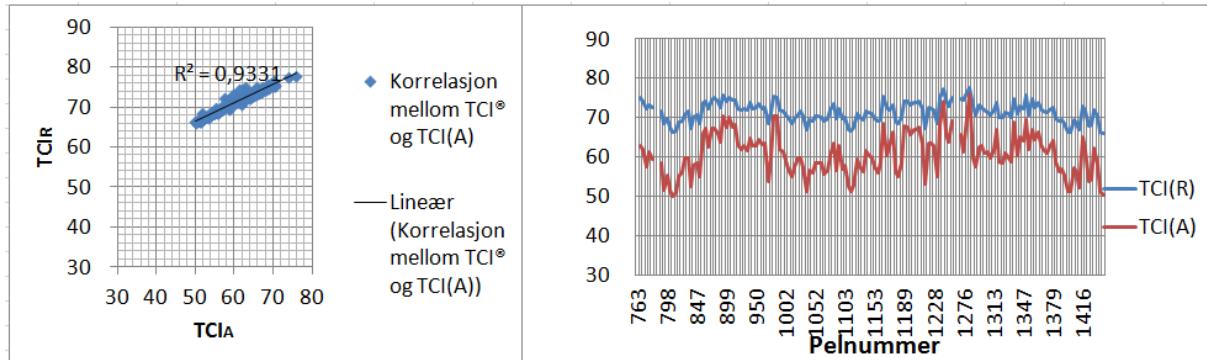
Dette gir verdier for TCI_A mellom 0 og 100, der 100 representerer det beste mulige utfallet, det vil si at $\hat{O}v$ er null og RBA er 1. Verdiene for RBA og $\hat{O}v$ medregnet i denne analysen fås fra skanner data med ulike intervaller. Disse intervallene varierer, for referanse prosjektene har skanningen skjedd hver halve (Oppdølstranda) eller hele (Eikremtunnelen) meter. Det er derfor viktig at en finner gjennomsnittet av overmasser og sprengningsareal over salvelengden for å få et mest mulig riktig bilde av forholdene for salven. Her brukes samme fremgangsmåte som beskrevet for utregning av utgangsparametrene for TCI_R.

For å kunne verifisere at TCI_A gjenspeiler parameteren TCI_R er det essensielt å sammenligne de to. Dette er gjort med å analysere den lineære relasjonen mellom dem, i tillegg til en visuell sammenligning av fordelingen. Relasjonen mellom TCI_A, $\hat{O}v$, og RBA er også inkludert for å sjekke hvordan det nye uttrykket påvirker vektingen mellom $\hat{O}v$ og RBA.

4.2 Lineær regresjonstester og fordeling av TCI_A i Eikremtunnelen

I Eikremtunnelen ligger de fleste TCI_A verdiene mellom 50 og 70 med et gjennomsnitt på 60,8. Den høyeste TCI_A verdien registrert langs tunneltraseen er 76,0 da er $\hat{O}v = 0,246$ meter og RBA = 1,07. Dette svarer til et oversprengt areal på 5,8 m² per meter. Den laveste verdien

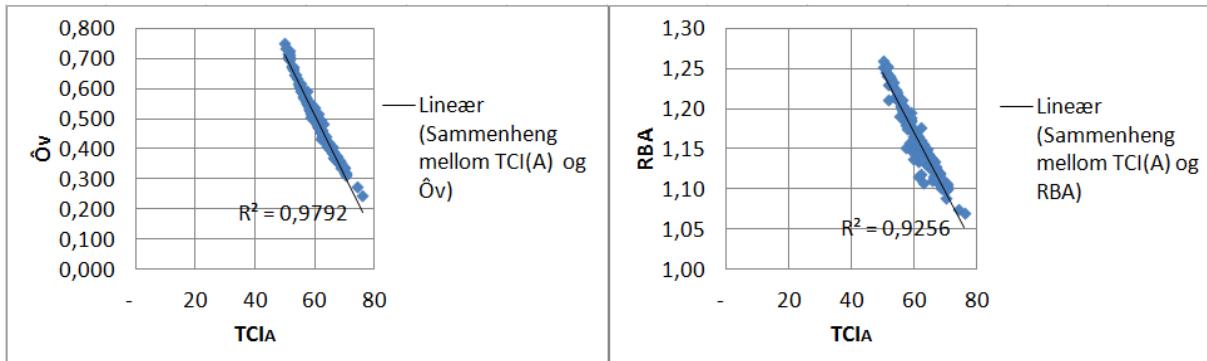
av TCI_A er 50,0 med en $\hat{O}v = 0,749$ meter, og en $RBA = 1,25$. Dette svarer til et oversprengt areal på $16,4 \text{ m}^2$. Standardavviket for TCI_A gjennom tunnelen er 5,3.



Figur 4.2-1 Lineær regresjonsanalyse mellom TCI_R og TCI_A i Eikremtunnelen.

Resultatet av regresjonsanalysen mellom TCI_A og TCI_R for Eikremtunnelen gir $R^2 = 0,93$, Figur 4.2-1. Regresjonen viser altså en meget god korrelasjon mellom TCI_A og TCI_R .

Lineær analyse mellom TCI_A , RBA og $\hat{O}v$ viser også gode korrelasjoner mellom parameterne, Figur 4.2-2. Her er $R^2 = 0,980$ for korrelasjonen mellom TCI_A og $\hat{O}v$, og $R^2 = 0,926$ for forholdet mellom TCI_A og RBA .

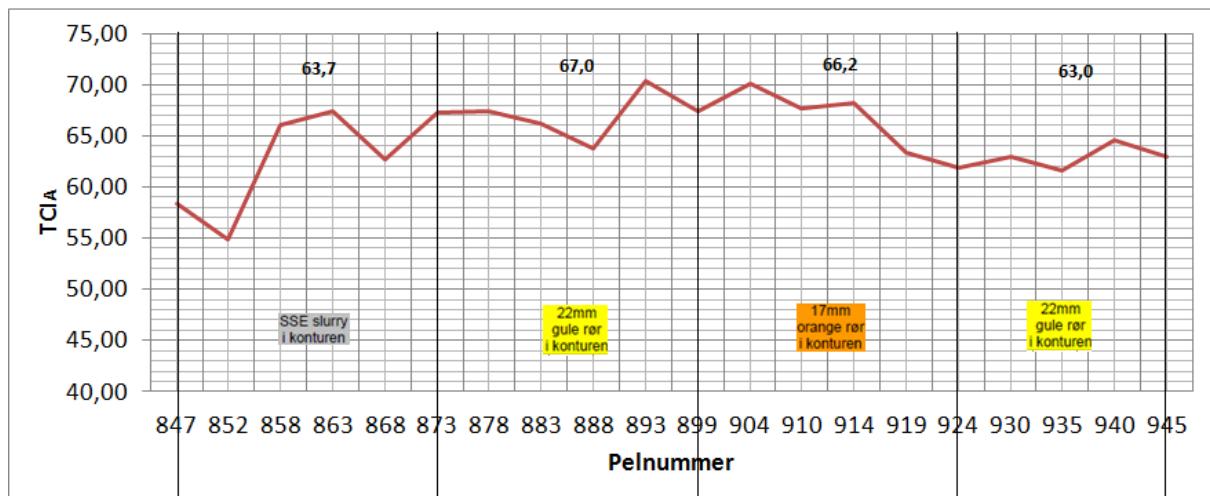


Figur 4.2-2 Lineær regresjon mellom $\hat{O}v$ og TCI_A (venstre) og RBA og TCI_A (høyre) i Eikremtunnelen.

4.3 Fordeling av TCI_A i kontursprengningsområdet

I kapittel 1.1 Eikremtunnelen kommer det frem at både $\hat{O}v$ og RBA holder seg stabilt gjennom kontursprengningsforsøket selv om det er store variasjoner over hele tunnellengden.

Fordelingen av TCI_A i kontursprengningsområdet tilsier at konturkvaliteten i intervallene varierer i noen grad selv om gjennomsnittet for hvert delintervall holder seg over gjennomsnittet for hele strekningen som er 60,8, Figur 4.3-1. I gjennomsnitt kommer området med SSE slurry i konturen dårligst ut med et TCI_A på 63,7. Her er og de indre variasjonene i intervallet størst med standardavvik på 5,3. I de to områdene med 22 millimeter gule rør er TCI_A snittet på henholdsvis 67,0 og 63,0. 17 millimeter rør i konturen gir et TCI_A snitt på 66,2. Minst variasjon finnes i områdene der det er brukt 22 millimeter gule rør. Her er standardavvikene for første og andre intervall henholdsvis 2,4 og 1,2. Standardavviket for området med 17 mm oransje rør er 3,5.

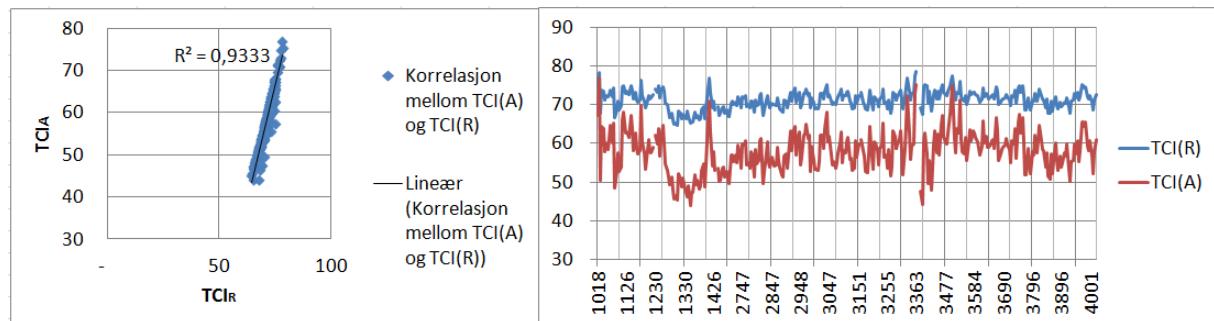


Figur 4.3-2 TCI_A i kontursprengningsområdet i Eikremtunnelen oppdelt etter sprengstofftype i konturen. Verdiene representerer gjennomsnitts TCI_A for intervallet.

4.4 Lineær regresjonstester og fordeling av TCI_A i Oppdølstrandatunnelen

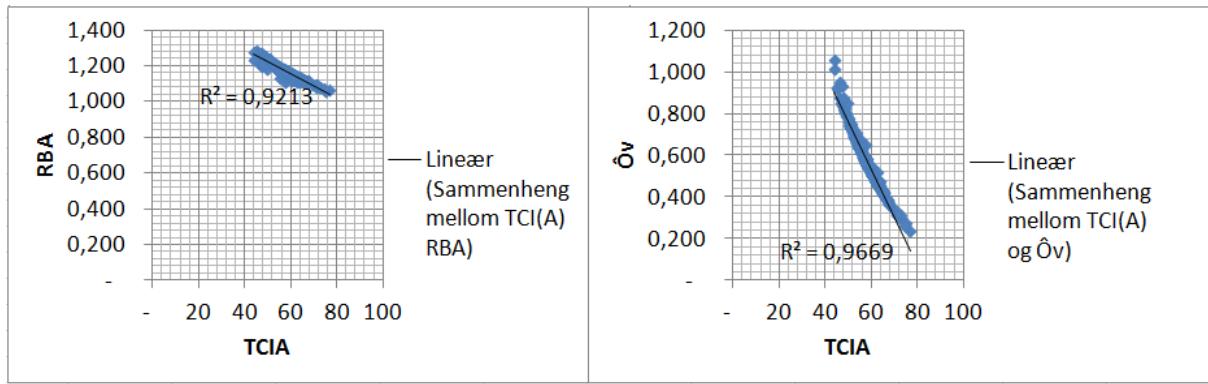
I Oppdølstrandatunnelen ligger flesteparten av TCI_A verdiene mellom 50 og 70 med et gjennomsnitt på 57,9. Standardavviket er 5,41. Den høyeste TCI_A verdien registrert er 76,8, da er $\hat{O} = 0,24$ meter og RBA=1,06. Dette svarer til et oversprengt areal på omtrent 5m² per meter. Den laveste verdien registrert er 43,9, da er $\hat{O}_v = 1,06$ meter, og RBA = 1,23. Dette svarer til et oversprengt areal på 27 m² per meter.

Oppdølstrandatunnelen viser også god relasjon mellom TCI_R og TCI_A. Her er $R^2 = 0,93$, Figur 4.4-1.



Figur 4.4-1 Lineær regresjonsanalyse mellom TCI_R og TCI_A i Oppdølstrandatunnelen.

Lineær analyse mellom TCI_A, RBA og \hat{O}_v viser også her gode relasjoner mellom parametrerne. Her er $R^2 = 0,921$ for korrelasjonen mellom RBA og TCI_A, og $R^2 = 0,967$ for korrelasjonen mellom RBA og TCI_A, Figur 4.4-2.



Figur 4.4-2 Lineær regresjon av overmasser og TCI_A (høyre) og RBA og TCI_A (venstre) i Oppdølstrandatunnelen.

4.5 Vurdering av TCI_A

Ut fra regresjonsanalysene inkludert i del kapitler 4.2 og 4.4 vises en klar lineær relasjon mellom TCI_A og TCI_R . Dette tyder på at det nye utrykket for TCI_A gjenspeiler mye de samme forhold som TCI_R , men med færre parametre. Det at resultatet av regresjonen er tilnærmet lik for begge tunnelene tyder på at datagrunnlaget fra de to gir samsvar mellom endringer i $\hat{O}v$ og RBA.

Av diagrammene ser en også at fordelingen av de ulike parameterne TCI_A og TCI_R følger tilnærmet samme kurveforløp. TCI_A ligger noe lavere i verdier, noe som kommer av at korreksjonsfaktoren for variasjon i datasettet er satt til 300 for TCI_R , mens den for TCI_A er 100. Det er tydelig at variasjonene innenfor TCI_A parameteren er større enn TCI_R . Et eksempel på dette er salvene 1102 og 1122 fra Oppdølstrandatunnelen, og salvene 847 og 863 fra Eikremtunnelen, Tabell 4.5-1.

Oppdølstrandatunnelen

Salvenummer	$\hat{O}v$	RBA	TCIA	TCI_R
1102	0,566	1,171	57,6	70,9
1122	0,366	1,109	67,9	75

Eikremtunnelen

Salvenummer	$\hat{O}v$	RBA	TCIA	TCI_R
847	0,535	1,176	58,4	70,6
863	0,362	1,122	67,4	74,1

Tabell 4.5-1 Eksempel på endring i $\hat{O}v$ og RBA mellom to salver i Eikremtunnelen og Oppdølstrandatunnelen med de påfølgende endringene i TCI_A og TCI_R

For de to salvene i Oppdølstrandatunnelen vil en nedgang i $\hat{O}v$ og RBA på henholdsvis 35 % og 5,3 % fra salvenummer 1102 til salvenummer 1122, gi en økning i TCI_R på 5,8 % og på 17,9 % for TCI_A . For salvene i Eikremtunnelen vil en nedgang i $\hat{O}v$ og RBA på henholdsvis 32 % og 4,6 % fra salvenummer 847 til salvenummer 863, gi en økning i TCI_R på 5 % og på 15,4 % for TCI_A . Det at TCI_A er mer følsom for endringer i utgangsparametrene gjør at spredningen av verdier blir større. Dette vises og tydelig i standardavvikene til TCI_A . For begge tunnelene er standardavviket av TCI_A i snitt dobbelt så stort som standardavviket til

TCI_R . Denne spredningen av TCI_A vil gjøre nyansene i utgangsparametrene \hat{Ov} og RBA mer synlige i sluttverdien.

Grunnen til at TCI_A parameteren gir en større spredning av verdier i forhold til TCI_R kan forklares ved å analysere korrelasjonen mellom TCI_A , \hat{Ov} og RBA, Tabell 4.5-2.

Eikremtunnelen	\hat{Ov}	RBA	Oppdølstrandatunnelen	\hat{Ov}	RBA
TCI_R	0,88	0,998		TCI_R	0,876
TCI_A	0,97	0,93		TCI_A	0,97

Tabell 4.5-2 Resultater fra lineær regresjonsanalyse.

I Eikremtunnelen har forskjellen i R^2 verdier blitt redusert fra en opprinnelig forskjell på 11,8 % for TCI_R , til 4 % for TCI_A . Det vil si forskjellen i vektning mellom parameterne \hat{Ov} og RBA har blitt vesentlig mindre.. Dette gjelder også for Oppdølstrandatunnelen. Her reduseres forskjellen i R^2 fra 12,1 % ved bruk av TCI_R til 5 % ved bruk av TCI_A . Grunnen til at vektningen nå går i liten grad mot \hat{Ov} er at dette tallet ligger som regel et godt stykke under 1, mens RCL som regel ligger rett over 1. Da begge parameterne er plassert under brøkstrekken og blir addert vil automatisk den parameteren som avviker mest fra 1 bli vektet mest.

4.6 Intervaller for TCI_A som definerer konturkvaliteten.

Av analysene i Eikremtunnelen og Oppdølstrandatunnelen ser en at TCI_A verdiene ligger i hovedsak mellom 50 og 70. Selv om TCI_A parameteren teoretisk har et spenn fra 0 til 100, er det ikke hensiktsmessig å dele inn i intervaller med utgangspunkt i ytterpunktene fordi dette ikke gjenspeiler realiteten. For å definere hva kriteriene for god konturkvalitet er vil det i stedet bli tatt utgangspunkt i fordelingen av TCI_A i begge tunnelene.

4.6.1 Metodebeskrivelse for intervallinndeling

Inndelingen av konturkvaliteten gjøres i kategorier fra A til G, Tabell 4.6.1-1. Der kategori A representerer den beste konturkvaliteten. Kategorien baseres på beste oppnåde TCI_A resultatene i referanseprosjektene. Kategori tillegges derfor tittelen ”Ekstremt god”. Kategori G representerer den dårligste konturkvaliteten oppnådd i tunnelene, og tillegges tittelen ”Ekstremt dårlig”.

Tittel	Kategori	TCI_A
Ekstremt god	A	>74
Meget god	B	68-74
God	C	62-68
Middels	D	56-62
Dårlig	E	50-56
Meget dårlig	F	44-50
Ekstremt dårlig	G	<44

Tabell 4.6.1-1 Inndeling av TCI_A i intervaller som representerer konturkvaliteten, med tilhørende kategorier og titler.

Utgangspunktet for inndelingen i intervaller gjøres med tanke på gjennomsnittet ($TCI_A=59$) av alle utregna TCI_A verdier. Gjennomsnittet legger grunnlaget for midten av kategori D. Deretter brukes standard avviket for datasettet for å finne intervallet for kategori D. I dette tilfellet er denne verdien 6. Intervallet for kategori D blir da gjennomsnittet av $TCI_A \pm 0,5$ standard avvik. Intervallet for kategori D vil da bli mellom ((59-3)-(59+3)) 56-62. Siden kategori D bestemmes av gjennomsnittverdien av oppnådd konturkvalitet, tillegges kategorien tittelen ”middels” konturkvalitet. Intervallene for de resterende kategoriene bestemmes ved å gå ett standardavvik opp eller ned avhengig om en går opp eller ned i konturkvalitet. Alle estimerte TCI_A verdier rundes av til nærmeste tidel, med vanlige avrundningsregler. I tilfeller hvor en tunnel får nøyaktig en verdi som tilsvarer en intervallgrenseverdi, for eksempel 62. Tilhører denne TCI_A verdien nedre kategori C og ikke øvre kategori D.

4.6.2 Fordeling av konturkvaliteten for alle salver

Med et utgangspunkt i gjennomsnittet og standardavviket av TCI_A i alle testområder er det naturlig at den største prosentandelen av verdier havner i kategori D ”Middels”, Tabell 4.6.2-1. Kategori A ”Ekstremt god” har en prosentandel på 0,8 % noe som tyder på at denne kategorien er vanskelig å oppnå. Dette skal den også være. Kategori A tilslir en kvalitet som baserer seg på en Øv på under 0,3 meter og en RBA under 1,1. Videre viser fordelingen at cirka 30 % av salvene i referanseprosjektene ble drevet med konturkvalitet dårligere en

kategori D ”middels”. Kategori D tilsier en konturkvalitet hvor Øv ligger cirka mellom 0,5-0,6 meter, og RBA ligger cirka mellom 1,14-1,18. 27,2 % av salvene ble drevet med konturkvalitet over middels, som betyr en Øv på under 0,5 meter og en RBA på under 1,14.

Tittel	Kategori	TCI _A	Antall salver	Prosentandel
Ekstremt god	A	>74	4	0,8 %
Meget god	B	68-74	19	3,9 %
God	C	62-68	111	22,5 %
Middels	D	56-62	210	42,6 %
Dårlig	E	50-56	124	25,2 %
Meget dårlig	F	44-50	24	4,9 %
Ekstremt dårlig	G	<44	1	0,2 %

Tabell 4.6.2-1 Fordelingen av konturkvalitet for alle analyserte test salver.

4.6.3 Fordeling av konturkvaliteten i Eikremtunnelen

I Eikremtunnelen ligger gjennomsnittet for TCI_A litt høyere enn for alle analyserte salver. Her ligger snittet på 60,8, som fortsatt tilsvarer kategori D ”middels”, Tabell 4.6.2-2. Likevel ser en at fordelingen av salvene viser at en større andel av salvene ligger over middels, enn de som er realiteten for hele testen. 41,2 % av salvene ligger over kategori D. Av disse 41,2 % ligger 7,8 % i kategori B ”meget god”. I tunnelen ligger 18,3 % av salvene under kategori D. I tillegg er det ikke registrert noen salver med konturkvalitet tilsvarende den dårligste konturkvaliteten.

Tittel	Kategori	TCI _A	Antall salver	Prosentandel
Ekstremt god	A	>74	1	0,7 %
Meget god	B	68-74	12	7,8 %
God	C	62-68	50	32,7 %
Middels	D	56-62	62	40,5 %
Dårlig	E	50-56	27	17,6 %
Meget dårlig	F	44-50	1	0,7 %
Ekstremt dårlig	G	<44	0	0,0 %

Tabell 4.6.3-1 Fordelingen av konturkvalitet for Eikremtunnelen

4.6.4 Fordeling av konturkvaliteten i kontursprengningsforsøket i Eikremtunnelen

I kontursprengningsområdet er det en begrenset mengde salver, men tendensen er likevel meget klar. Her ligger gjennomsnittet av TCI_A verdiene en hel kategori ovenfor snittet for alle analyserte salver. I Kontursprengningsområdet ligger gjennomsnittet av TCI_A i kategori C, ”god”, Tabell 4.6.2-2. I tillegg er alle salvene i test området fordelt på bare fire kategorier. Dette gjør at kontinuiteten gjennom området er veldig god. Best ut kommer 22 millimeter gule rørladninger og 17 millimeter orange rør. For disse sprengstoff typene ligger TCI_A verdiene i tre kategorier, med største andelen verdier i kategori C og oppover. Området med slurry i konturen viser en større spredning av verdier men ligger godt over snittet for resten av tunnelen som også er drevet med slurry. Her ligger 84 % av salvene i kategori C og høyere.

Tittel	Kategori	TCIA	Hele området	Slurry SSE i konturen	22mm gule rør i konturen	17mm orange rør i konturen
Ekstremt god	A	>74	0 %	0 %	0 %	0 %
Meget god	B	68-74	16 %	0 %	11 %	40 %
God	C	62-68	68 %	80 %	78 %	40 %
Middels	D	56-62	11 %	0 %	11 %	20 %
Dårlig	E	50-56	5 %	20 %	0 %	0 %
Meget dårlig	F	44-50	0 %	0 %	0 %	0 %
Ekstremt dårlig	G	<44	0 %	0 %	0 %	0 %

Tabell 4.6.4-1 Fordelingen av konturkvalitet for konturforsøket i Eikremtunnelen

4.6.5 Fordeling av konturkvaliteten i Oppdølstrandatunnelen

I Oppdølstrandatunnelen ligger snittet av TCI_A verdiene litt under det totale snittet. Her er gjennomsnittet av TCI_A verdier 57,9 som tilsvarer kategori D ”middels”, Tabell 4.6.2-4. I denne kategorien ligger 43,5 prosent av alle salvene. 35,6 prosent av salvene ligger under kategori D, noe som er en høyere andel enn for de resterende testene. Her er det også en av salvene som havner i kategori G ”Ekstremt dårlig”. Denne salven har en $\hat{O}v = 1,01$ meter og en RBA = 1,27. Selv om salvene i Oppdølstrandatunnelen har høyeste prosentandelen i kategori A ”ekstremt god”, er det bare 20,9 prosent av salvene som er over kategori D ”middels” mot Eikremtunnelen’s 41,2 prosent.

Tittel	Kategori	TCIA	Antall salver	Prosentandel
Ekstremt god	A	>74	3	0,9 %
Meget god	B	68-74	7	2,1 %
God	C	62-68	61	17,9 %
Middels	D	56-62	148	43,5 %
Dårlig	E	50-56	97	28,5 %
Meget dårlig	F	44-50	23	6,8 %
Ekstremt dårlig	G	<44	1	0,3 %

Tabell 4.6.2-4 Fordelingen av konturkvalitet for Oppdølstrandatunnelen

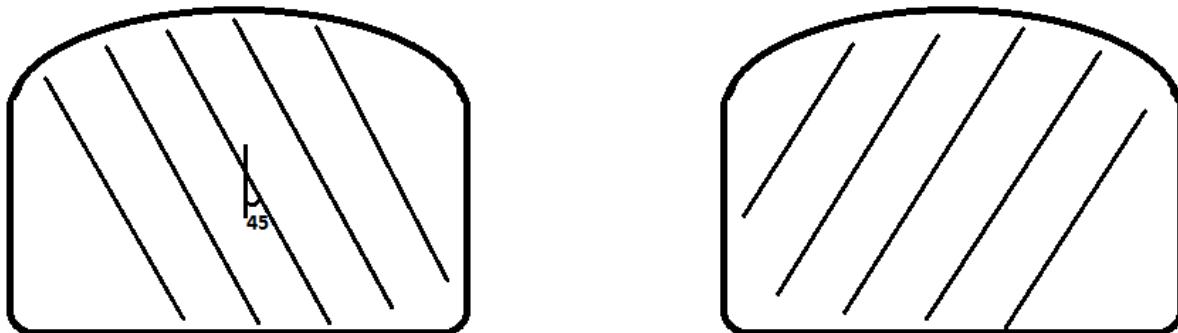
5 Påvirking av sprekkeorientering på TCI_A

Sprekkeorienteringen kan ha en stor effekt på konturkvaliteten. I litteraturen ser en tydelig at det er vanskelig å gi et entydig svar i forhold til hvilke sprekkeretning som er mest gunstig i forhold til kvaliteten på sprengningsarbeidet. Veldig sjeldent vil en møte ideelle tilfeller slik en kan skape i laboratoriet. Som oftest vil bergmassen være gjennomsatt av ulike sprekkesett som sammen skaper helt andre forhold. Derfor vil det være vanskelig å komme med nøyaktige tall på når sprekkeretningen er gunstig med tanke på overmasser. Den beste konturkvaliteten får en når en ikke har noen klare sprekkesett (Kim, 2009). I tillegg vil karakteristikken til sprekken spille en vesentlig rolle i forhold til hvordan sjokkbølgen fra sprengingen blir dempet og ledet langs sprekkeflaten. Når sprekkeavstanden er liten og sprekken er sementert sammen har de ikke merkbar effekt på andelen overmasser (Singh & Xavier, 2005).

5.1 Metode for å finne påvirkningen av sprekkeorientering på TCI_A

I et forsøk på å beskrive hvilke sprekkeorienteringer som gir den beste og dårligste konturkvaliteten har det i denne oppgaven blitt tatt utgangspunkt i innrapporterte sprekkeorienteringer på stuff. Strøkvinkelen i rapportene gis som ”strøk relativt til tunnellinje med stigende profilnummer”, og går fra 0 til 360 grader. Fallvinkelen er fall til høyre fra tunnellinjen og gis fra 0 til 90 grader.

Utgangspunktet for analysen er at hver sprekkeorientering og fallvinkel i et gitt pelnummer tilegnes TCI_A verdien for akkurat dette pelnummeret. Dette gjelder for alle sprekkesett og foliasjonen langs test traseene. For å sammenligne forskjellige sprekkeorienteringer deles strøkvinkelen inn i intervaller på 30 grader fra 0 til 180. Fallvinklene deles inn i intervaller på 15 grader fra 0 til 90. De relativt korte intervallene gir muligheten til å analysere større variasjoner i datasettet. Orientering av sprekker som tilsvarer at sprekken er orientert speilvendt med samme fallvinkel regnes under samme kategori, Figur 5.1-1. Da det antas at disse tilsvarer like bergmekaniske egenskaper.



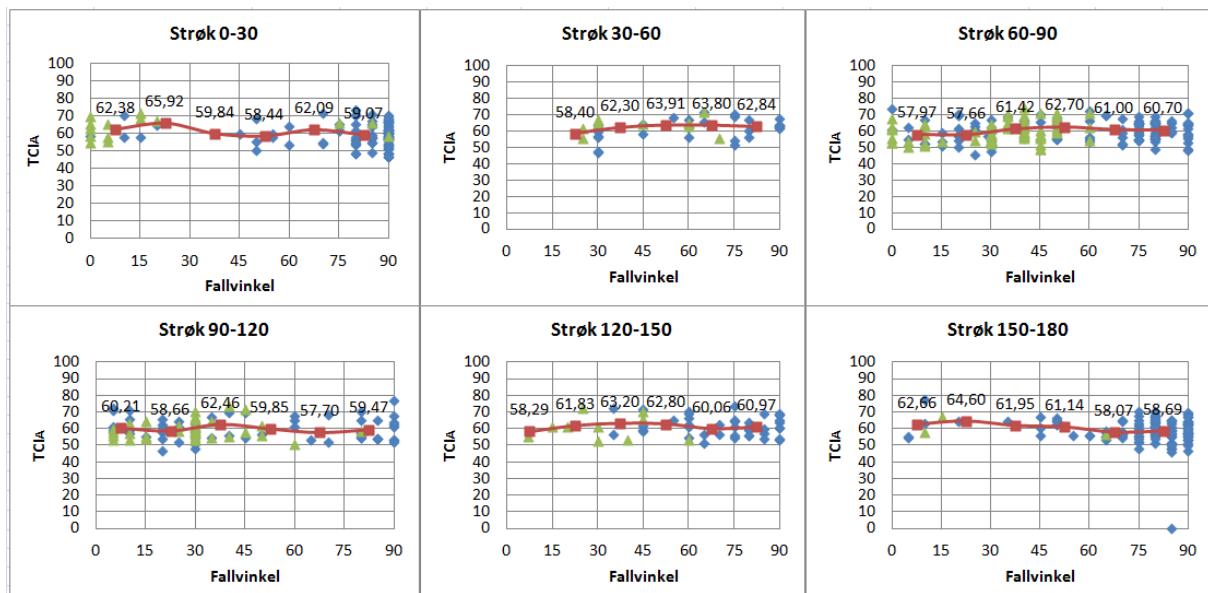
Figur 5.1-1 Støkretning 0 grader relativ til tunnellinje med fall 45 grader mot høyre (venstre), strøkretning 360 relativ til tunnellinje med fall 45 grader mot høyre (høyre).

Kategorien som inneholder den største TCI_A verdien tilegnes rangeringen 1. Deretter rangeres kategoriene etter synkende rekkefølge til rangering 36, Tabell 5.2-2. Dette gjøres for å finne den strøkvinkelen med tilhørende fallvinkel som gir den beste konturkvaliteten.

Analysene er utført i 158 salver i Eikremtunnelen og i 345 salver i Oppdølstrandatunnelen. Det er verdt å merke seg at antall sprekkekartlegginger er langt større enn foliasjonsregistreringer for begge tunnelene. Resultatene fra disse analysene settes til slutt i sammenheng i en endelig rangering av hvilke strøk- og fallvinkler som gir best og verst konturkvalitet.

5.2 Sammenstilling mellom sprekkeorientering, fallvinkel og TCI_A i Eikremtunnelen

En fordeling av gjennomsnitts TCI_A verdier per fallvinkel og strøk intervall er vist i Figur 5.2-1. Fordelingen viser klare forskjeller innenfor samme strøk vinkel intervall, Tabell 5.2-1.



Figur 5.2-1 Fordeling av gjennomsnitts TCI_A (verdier og rød graf) per fallvinkel og strøkintervall. Blå markeringer tilsvarer kartlagte sprekker mens grønne markeringer indikerer registrert foliasjon i Eikremtunnelen.

Fallvinkel/Strøkvinkel	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150	150-180
0-15	62,38		57,97	60,21	58,29	62,66
15-30	65,92	58,40	57,66	58,66	61,83	64,60
30-45	59,84	62,30	61,42	62,46	63,20	61,95
45-60	58,44	63,91	62,70	59,85	62,80	61,14
60-75	62,09	63,80	61,00	57,70	60,06	58,07
75-90	59,07	62,84	60,70	59,47	60,97	58,69

Tabell 5.2-1 Fordelingen av gjennomsnitt TCI_A for gitt fall- og strøkvinkel intervall i Eikremtunnelen.

Best ut kommer strøkintervallet mellom 0-30 grader når fallvinkelen er mellom 15-30 grader. Denne kategorien tilegnes rangeringen 1. For rangering 1 er gjennomsnitts $TCI_A = 65,92$. Rangering 3 og 4 som begge tilsvarer en strøkvinkel mellom 30-60 grader ligger TCI_A verdien på henholdsvis 63,91 og 63,8. Altså ganske tett opp til rangering 1. Selv om rangering 1 ligger i strøkintervallet 0-30 er rangeringen av de andre kategoriene i dette intervallet dårlige. Den mest gunstige sprekkeretningen i Eikremtunnelen med tanke på konturkvaliteten er når strøkvinkelen er mellom 30-60 grader og fallvinkelen er mellom 45-90 grader. Det to

dårligste sprekkeretninger er strøkretning 60-90 og 90-120 med spesielt lave fallvinkler. De tre resterende sprekkeretningene gjenspeiler ganske lik innvirkning på konturkvaliteten men noen lokale variasjoner innad i intervallene.

Fallvinkel/Strøkvinkel	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150	150-180
0-15	11	-	33	21	31	9
15-30	1	30	35	28	15	2
30-45	24	12	16	10	5	14
45-60	29	3	8	23	7	17
60-75	13	4	18	34	22	32
75-90	26	6	20	25	19	27

Tabell 5.2-2 Fordelingen av gjennomsnitt TCI_A for gitt fall- og strøkvinkel intervall i Eikremtunnelen.

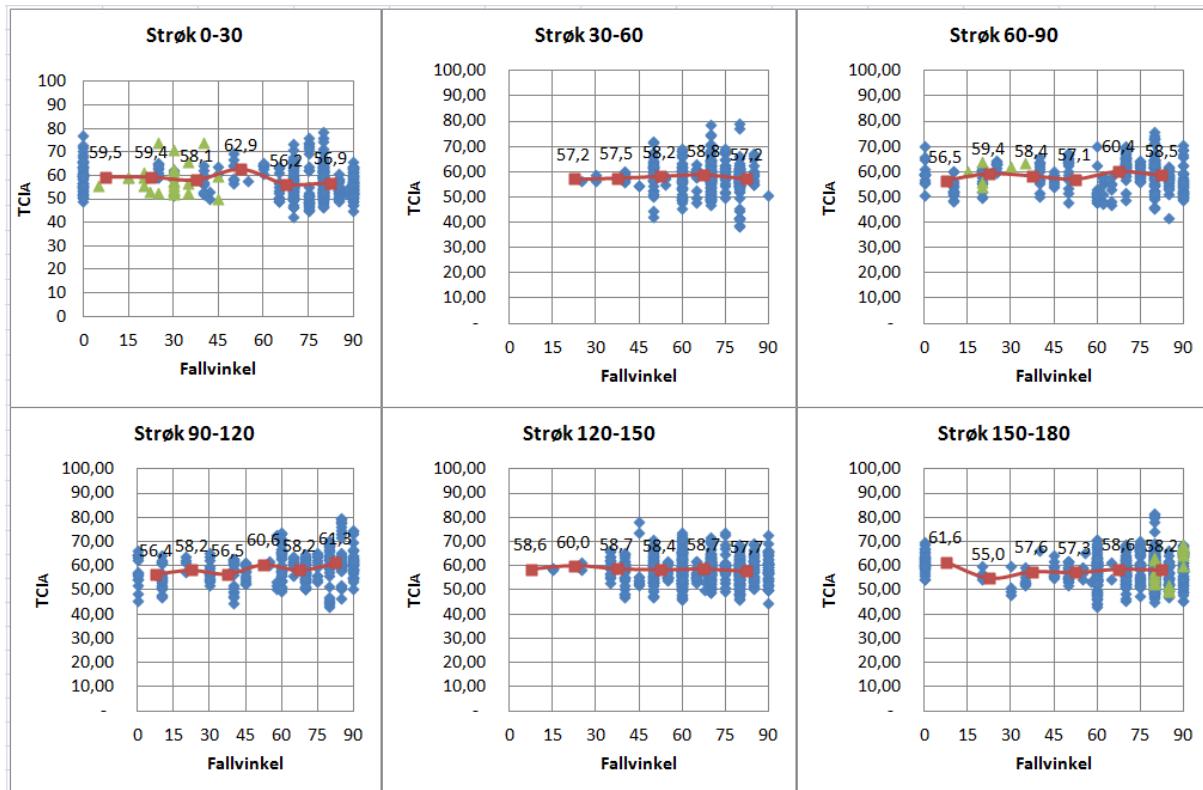
Dette poenget understreses også hvis en kun ser på gjennomsnittet av TCI_A fra vært strøkintervall, som finnes ved utregninger fra Tabell 5.2-1. Gjennomsnittet av TCI_A vil være størst for strøkvinkler mellom 30-60 grader og minst ved strøkvinkler mellom 90-120 grader, Tabell 5.2-3. De tre andre kategoriene har ganske like gjennomsnitt TCI_A verdier.

Strøkvinkel	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150	150-180
TCI _A	61,29	62,25	60,24	59,72	61,19	61,18

Tabell 5.2-3 Gjennomsnitts TCI_A verdi for hver strøkvinkel intervall i Eikremtunnelen.

5.3 Sammenstilling mellom sprekkeorientering, fallvinkel og TCI_A i Oppdølstrandatunnelen

En fordeling av gjennomsnitts TCI_A verdier per fallvinkel og strøk intervall er vist i Figur 5.3-1. I Oppdølstrandatunnelen ligger TCI_A verdiene på et litt lavere nivå enn i Eikremtunnelen. I tillegg er det ikke så store variasjoner innenfor strøkvinkel intervallene. Likevel er det også her klare tendenser til hvilke intervaller som gir den beste konturkvaliteten.



Figur 5.3-1 Fordeling av gjennomsnitts TCI_A (verdier og rød graf) per fallvinkel og strøkintervall. Blå markeringer tilsvarer kartlagte sprekker mens grønne markeringer indikerer registrert foliasjon i Oppdølstrandatunnelen.

Den høyeste gjennomsnittsverdien av TCI_A registrert i datasettet fra Oppdølstranda er 62,92. Denne verdien ligger i området med strøkvinkel mellom 0-30 grader med en fallvinkel på 45-60 grader. Dette området får da rangeringen 1, Tabell 5.3-1.

Fallvinkel/Strøkvinkel	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150	150-180
0-15	59,45		56,53	56,41	58,63	61,56
15-30	59,39	57,20	59,39	58,15	59,95	55,04
30-45	58,07	57,54	58,45	56,46	58,73	57,60
45-60	62,92	58,22	57,08	60,57	58,40	57,30
60-75	56,24	58,79	60,39	58,16	58,67	58,64
75-90	56,89	57,20	58,52	61,30	57,74	58,23

Tabell 5.3-1 som viser fordelingen av gjennomsnitt TCI_A for gitt fall- og strøkvinkel intervall i Oppdølstrandatunnelen

I Oppdølstrandatunnelen er det veldig lik konturkvalitet i de ulike kategoriene. Det beste strøkvinkelintervallet er mellom 0-30 grader. Her er gjennomsnitts $TCI_A = 58,83$, Tabell 5.3-3. De resterende intervallene er veldig jevnt fordelt med strøk intervallet mellom 30-60 grader som skiller seg ut som det dårligste. Dette er også det intervallet som har minst variasjon i intervallet, Tabell 5.3-2. De andre kategoriene viser til store variasjoner innad i intervallet men også her som i Eikremtunnelen kommer små fallvinkler i strøkintervall 30-120 grader dårlig ut.

Fallvinkel/Strøkvinkel	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150	150-180
0-15	7		31	33	14	2
15-30	8	28	9	21	6	35
30-45	22	25	16	32	11	24
45-60	1	19	29	4	17	26
60-75	34	10	5	20	12	13
75-90	30	27	15	3	23	18

Tabell 5.3-2 Fordelingen av gjennomsnitt TCI_A for gitt fall- og strøkvinkel intervall i Oppdølstrandatunnelen.

Strøkvinkel	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150	150-180
TCIA	58,83	57,79	58,39	58,51	58,69	58,06

5.3-3 Gjennomsnitts TCI_A verdi for hver strøkvinkel intervall i Oppdølstrandatunnelen.

5.4 Optimal sprekkeorientering basert på konturkvalitet

For å få et helhetlig bilde av hvordan sprekkeorienteringen og fallvinklene påvirker konturkvaliteten er det naturlig å slå sammen resultatene fra begge tunnelene i en resultant matrise. Som vist i Eikremtunnelen er det ikke en konstant differanse i TCI_A verdier som tillegnes to forskjellige rangeringer. For eksempel kan det i noen tilfeller bare skille 0,1 mellom to kategorier som får ulik rangering. I tillegg ligger gjennomsnittsverdiene av TCI_A tettere i Oppdølstrandatunnelen noe som gjør at ved en sammenslåing vil relativt like verdier rangeres med store forskjeller. Derfor må hvert gjennomsnitt regnes om på en måte som gjør at differansen av TCI_A parameteren tas i betraktning ved rangeringen. Dette gjøres med utgangspunkt i den høyeste gjennomsnittsverdien av TCI_A i datasettet som tillegnes verdien 100 %. Deretter oppgis forholdet mellom den største verdien i matrisa og den aktuelle delen en skal analysere som en prosentvis andel. Dette gjøres først for hver tunnel. Deretter samles verdiene til en total analyse av hvilke sprekkeorienteringer som er gunstige for konturkvaliteten.

5.4.1 Optimal sprekkeorientering og fallvinkel i Eikremtunnelen

I Eikremtunnelen er det største gjennomsnittet for TCI_A i sprekkeanalysen 65,92. Dette er for strøkvinkel mellom 0-30 grader og en fallvinkel mellom 15-30 grader. Denne plasseringen får da rangeringen 100 prosent, Tabell 5.4.1-1.

Fallvinkel/Strøkvinkel	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150	150-180
0-15	94,6 %	0,0 %	87,9 %	91,3 %	88,4 %	95,1 %
15-30	100,0 %	88,6 %	87,5 %	89,0 %	93,8 %	98,0 %
30-45	90,8 %	94,5 %	93,2 %	94,8 %	95,9 %	94,0 %
45-60	88,7 %	97,0 %	95,1 %	90,8 %	95,3 %	92,8 %
60-75	94,2 %	96,8 %	92,5 %	87,5 %	91,1 %	88,1 %
75-90	89,6 %	95,3 %	92,1 %	90,2 %	92,5 %	89,0 %

Tabell 5.4.1-1 Fordeling av forholdet mellom gitt matrise verdi og maks verdi i Eikremtunnelen. 100% tilsvarer beste oppnådde konturkvalitet.

5.4.2 Optimal sprekkeorientering og fallvinkel i Oppdølstrandatunnelen

I Oppdølstrandatunnelen er det største gjennomsnittet for TCI_A for sprekkeanalysen 60,87. Dette er for strøkvinkel mellom 0-30 grader og fallvinkel mellom 0-15 grader. Denne plasseringen får rangeringen 100 prosent, Tabell 5.4.2-1.

Fallvinkel/Strøkvinkel	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150	150-180
0-15	94,5 %	0,0 %	89,8 %	89,7 %	93,2 %	97,8 %
15-30	94,4 %	90,9 %	94,4 %	92,4 %	95,3 %	87,5 %
30-45	92,3 %	91,4 %	92,9 %	89,7 %	93,3 %	91,5 %
45-60	100,0 %	92,5 %	90,7 %	96,3 %	92,8 %	91,1 %
60-75	89,4 %	93,4 %	96,0 %	92,4 %	93,2 %	93,2 %
75-90	90,4 %	90,9 %	93,0 %	97,4 %	91,8 %	92,5 %

Tabell 5.4.2-1 Fordeling av forholdet mellom gitt matrise verdi og maks verdi i Oppdølstrandatunnelen. 100 prosent tilsvarer beste oppnådde konturkvalitet

5.4.3 Sammenslåing av resultater til en resultant matrise

Ved å slå sammen Tabell 5.4.2-1 og 5.4.2-1 og ta gjennomsnittet av hvert del-element får en det totale bildet på sprekkeorienteringens påvirkning på konturkvaliteten, Tabell 5.4.3-1. Det strøkvinkelintervallet som får høyest prosentandel og med det gir best konturkvalitet er når strøkvinkelen er mellom 0-30 grader og fallvinkelen er mellom 15-30 grader. De resterende verdiene i dette strøk intervallet viser en ganske stor spredning av rangeringer. Dette er likevel det strøk intervallet som totalt sett gir best konturkvalitet. Her er gjennomsnitt prosentandel 93,2 %. Dårligst ut kommer strøkintervallene 60-90 og 90-120 som har en gjennomsnitt prosentandel på henholdsvis 92,1 % og 91,7 %.

Fallvinkel/Strøkvinkel	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150	150-180
0-15	[6] 94,6 %	[36] 0,0 %	[35] 88,9 %	[31] 90,5 %	[27] 90,8 %	[2] 96,4 %
15-30	[1] 97,2 %	[34] 89,8 %	[26] 90,9 %	[29] 90,7 %	[7] 94,5 %	[18] 92,7 %
30-45	[25] 91,5 %	[15] 93,0 %	[14] 93,0 %	[20] 92,2 %	[5] 94,6 %	[17] 92,8 %
45-60	[8] 94,3 %	[4] 94,7 %	[26] 92,9 %	[12] 93,5 %	[10] 94,0 %	[23] 91,9 %
60-75	[24] 91,8 %	[3] 95,1 %	[9] 94,3 %	[33] 90,0 %	[21] 92,2 %	[30] 90,6 %
75-90	[32] 90,0 %	[13] 93,1 %	[19] 92,6 %	[11] 93,8 %	[22] 92,1 %	[28] 90,8 %

Tabell 5.4-3 Gjennomsnitt prosentandel og rangering for hvert strøk- og fallvinkel intervall.

Selv om det er forskjell i rangeringen mellom de ulike intervallene er ikke forskjellen i prosentandel markant. Mellom den mest ugunstige og mest gunstige sprekkeretningen skiller det bare 7,8 %. Dette er noe som må tas i betrakting hvis en skal bruke sprekkeretningen som kriteriet for om forholdene ligger til rette eller ikke for god kontursprengning.

6 Påvirkning av bergmassekvalitet på TCI_A

6.1 Metode for å analysere bergmassens relasjon til TCI_A

For å sjekke relasjonen mellom bergmassekvalitet og konturkvalitet tas det utgangspunkt i parametrene som utgjør Q-verdien, Formel 6.1-1. Q-metoden er et anerkjent klassifikasjonssystem for bergmasser med hensyn til stabilitet av tunneler og bergrom. Selv om Q-metoden klassifiserer bergmassen spiller ikke alle parametrene like mye inn på konturkvaliteten.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} * \frac{Jr}{Ja} * \frac{Jw}{SRF} \quad \text{Formel 6.1-1}$$

Der; $\frac{RQD}{Jn}$ tilsvarer et grovt anslag for blokkstørrelsen

$\frac{Jr}{Ja}$ tilsvarer skjærfasthet på sprekkeflatene

$\frac{Jw}{SRF}$ tilsvarer aktive spenninger

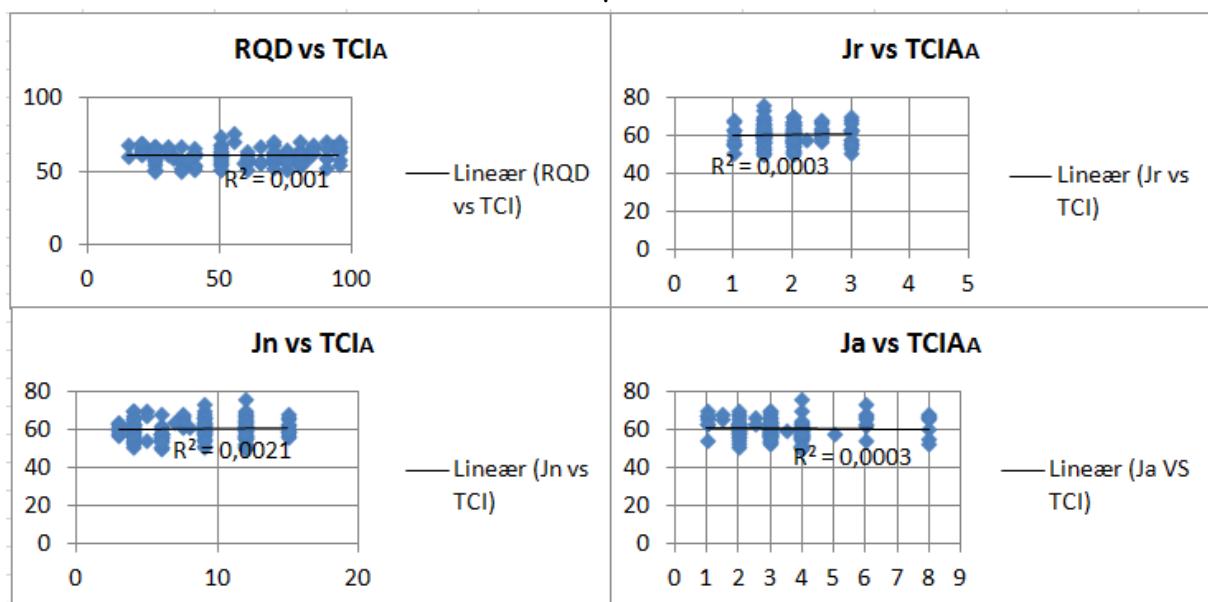
Parameterne som er inkludert i analysen av bergmassekvaliteten er RQD, Jn, Jr, og Ja. Disse er analysert hver for seg og i de gitte forholdene fra Q-systemet. Grunnen til dette valget er basert på tidligere forskningsresultater og analyse av data fra test lokasjonene.

En RQD på mindre en 70 prosent indikerer at bergmassen vil være betraktelig mer følsom ovenfor tung sprengning, som fører til en økt andel overmasse (Singh 2005). Antall sprekkesett vil angi den interne bevegelsesfriheten til blokkene (Barton et. al 1974). Fyllmaterialet i sprekken og ruheten av sprekkeflaten bestemmer friksjonsegenskapene til sprekken. Ved høye sprekkeruhetstall er det observert en bedre kontroll på konturen under sprengning (Singh 2005). Fyllmaterialet vil også endre karakteristikken til bølge forplantningen av sjokkbølgen. Med en økning i sprekkeavstand vil energi tapet i sprekken være betraktelig.

Jw og SRF uteslutes fordi de ikke antas å ha stor innvirkning på andelen overmasser i test områdene. Av fordelingen av Jw og SRF er det også tydelig at variasjonen av disse i tunnelen er minimal. Siden TCI_A parameteren varierer langs begge traseene og Jw og SRF holder seg omtrent uforandret vil en ikke finne noen relasjon mellom disse.

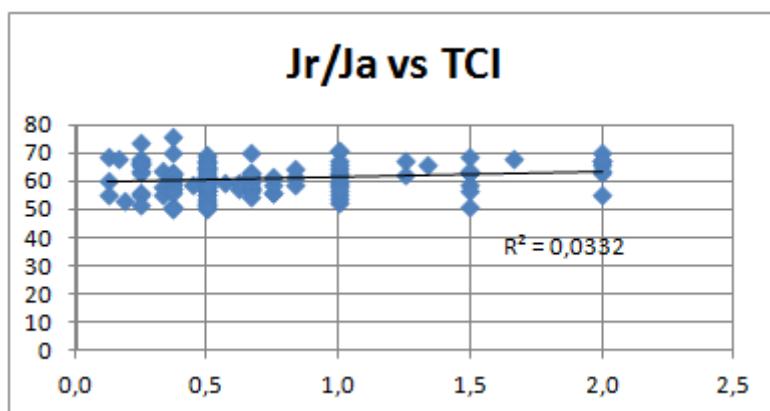
6.2 Resultater av lineær regresjonsanalyser mellom TCI_A og utvalgte bergmasseparametere i Eikremtunnelen

I Eikremtunnelen er det store variasjoner i størrelsesorden på testparameterne. RQD verdiene varierer mellom 15 og 95 som tilsvarer veldig dårlig til veldig god bergmasse (Barton 1974). Den lineære relasjonen mellom RQD og TCI_A gir $R^2 = 0,001$, Figur 6.2-1. J_n varierer mellom 3 og 15 som tilsvarer fra ett sprekkesett pluss tilfeldige sprekker, til fire eller flere sprekkesett. Antall sprekker har størst lineær relasjon med TCI_A med $R^2 = 0,0021$. Sprekkeruheten varierer fra glatte plane sprekker til ru bølgete sprekkeflater. Sprekkfyllingen varierer fra uendrede sprekkeflater til medium overkonsoliderte leirmineraler. Begge de sist nevnte har $R^2 = 0,0003$.



Figur 6.2-1 Lineær relasjon mellom RQD, Jr, J_n og Ja med hensyn på TCI_A i Eikremtunnelen.

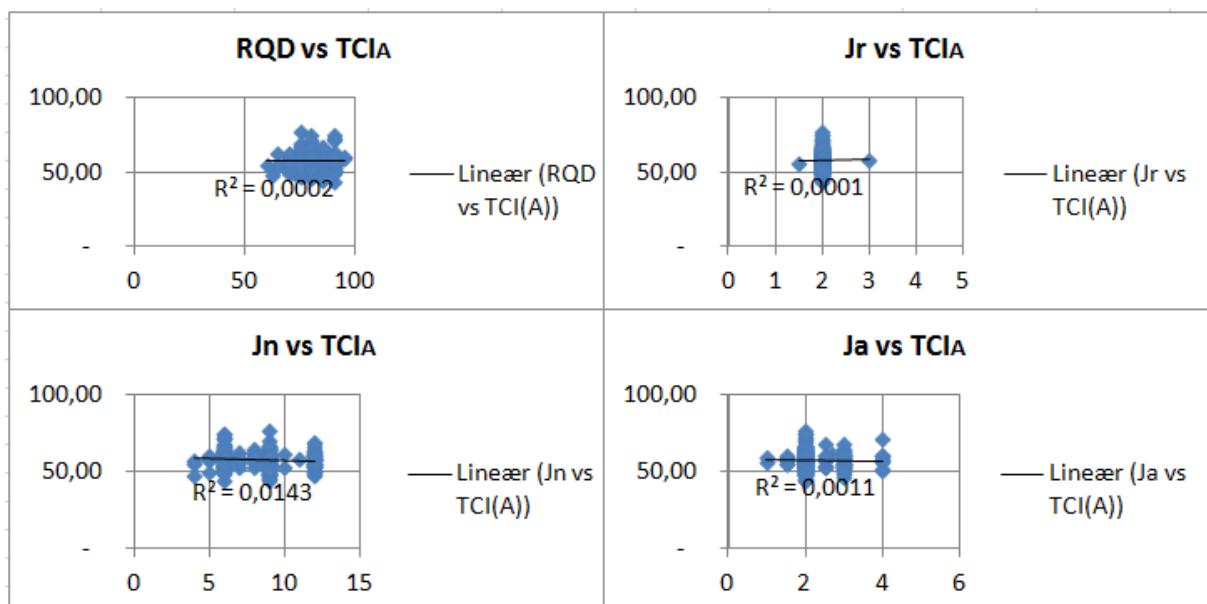
Ved å teste relasjonene til TCI_A for forholdene RQD/J_n , Jr/Ja og $(RQD/J_n * Jr/Ja)$ viste det seg at disse hadde små forskjeller i R^2 verdi. Likevel var det forholdet Jr/Ja som gav størst relasjon med TCI_A men $R^2=0,033$, Figur 6.2-2.



Figur 6.2-2 Lineær relasjon mellom Jr/Ja og TCI_A

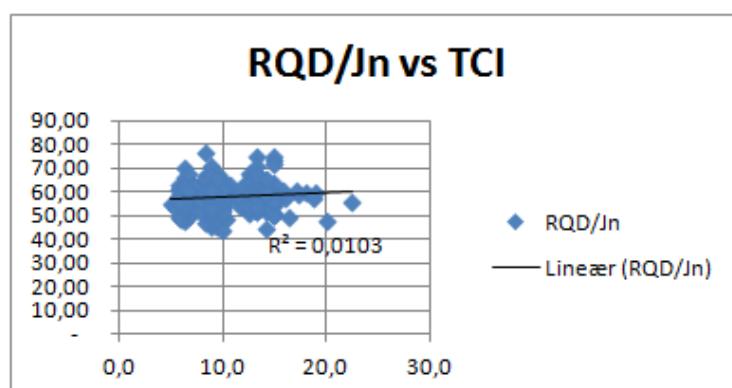
6.3 Resultater av lineær regresjonsanalyser mellom TCI_A og utvalgte bergmasseparametere i Oppdølstrandatunnelen

I Oppdølstrandatunnelen er det en veldig liten spredning av RQD verdier i teststrekningen. Denne variasjonen er mellom 60 og 95 som tilsvarer bergmassekvalitet fra det jevne til veldig god. Den lineære relasjonen mellom RQD og TCI_A er nesten ikke eksisterende med en $R^2 = 0,0002$, Figur 6.3-1. Antall sprekkesett i tunnelen varierer mellom verdier 4 og 12 som svarer henholdsvis til to sprekkesett og tre sprekkesett pluss tilfeldige sprekker. For Jn er $R^2 = 0,0143$. Ruhetsfaktoren på sprekken varierer i veldig liten grad og er for det meste tilegnet verdien 2 som tilsvarer glatte og bølgende sprekker. Her er $R^2 = 0,0001$. Sprekkesettsletten varierer fra lite sprekkesett med uomvandla sprekkesettsflater til små soner med lav friksjons leire. For Ja er korrelasjonen til TCI_A gitt med en $R^2 = 0,0011$.



Figur 6.3-1 Lineær relasjon mellom RQD, Jr, Jn og Ja med hensyn på TCI_A i Oppdølstrandatunnelen.

Av relasjonstestene mellom TCI_A og de ulike forholdene RQD/Jn, Jr/Ja, og (RQD/Jn)*Jr/Ja viser de seg at det er forholdet (RQD/Jn) som har størst realasjon til TCI_A . Her er $R^2 = 0,01$. Dette kommer nok av at Ja og RQD har størst korrelasjon til TCI_A i forhold til de andre parameterne. Likevel er det ikke noen troverdig korrelasjon mellom forholdene med så lave R^2 verdier.



Figur 6.2-2 Lineær relasjon mellom RQD/Jn og TCI_A

6.4 Vurdering av bergmassekvalitetens påvirkning på TCI_A

Det er helt klart at bergmassekvaliteten vil ha innvirkning på kvaliteten av konturen. Jo sterkere bergmassen er, jo større evne har den til å holde seg stabil etter sprengningsarbeidet. Testene viser helt klart at det er store forskjeller i hvor mye bergmassekvaliteten spiller inn. I områder med høy RQD, få sprekker og stor ruhet uten noe særlig sprekkefyll vil alle disse egenskapene bidra til en bedre kontur, og en eventuell dårlig kontur vil ikke kunne begrunnes av disse forholdene. Ved lav RQD i områder med mye oppsprekking med glatte sprekker med sprekkefyll, vil det være en mye større relasjon mellom TCI_A verdi og de nevnte parametere.

Et problem med å sammenligne bergmassekvaliteten med TCI_A etter sprengning, er at konturkvaliteten i stor grad vil påvirke vurderingen av hvilke Q-verdi/verdier salven får. Ved en dårlig sprengt salve vil mest sannsynlig den opprinnelige in-situ bergmassekvaliteten være større enn den verdien salven får til slutt. På denne måten kan det hele bli snudd på hodet slik at det er TCI_A parameteren som styrer bergmassekvaliteten og ikke omvendt. For å få en nøyaktig beskrivelse av hvordan TCI_A påvirkes av bergmassekvaliteten vil en i ideal tilfelle klare å estimere bergmassekvaliteten før salven blir sprengt. Først da kan en analysere hvilke konturkvalitet en klarer å produsere under gitte forhold.

7 Bornøyaktighet i Eikremtunnelen

Bornøyaktigheten betegnes som en av de viktigste årsakene til overmasser og undermasser, og vil derfor ha stor innvirkning på TCI_A. Kim (2009) viser til forsøk der ca 47 % og 50 % av overmassene på stedet skyldes henholdsvis ansettavvik og stikning. I teori og praksis har alt avvik fra boringen innenfor eller utenfor det prosjekterte profilet en negativ effekt på konturkvaliteten. Da vil ladninger bli skeivfordelt i salven, noe som gjør at noen plasser blir hardere sprengt enn andre. Underboring kan føre til gjenstående knøler som må brukes mye tid for å pigges ned, eller skytes på nytt. Boring utenfor profilet vil potensielt være en kilde til store overmasser.

7.1 Metoder for utregning av bornøyaktighet

For å dokumentere effekten av bornøyaktighet er avviket i ansett og retning regnet ut hver for seg for 144 salver i Eikremtunnelen. 14 salver ble strøket grunnet manglende data. Med ansettavvik menes avvik i startposisjon i forhold til prosjektert startposisjon. Retningsavviket er avviket fra planlagt posisjon i enden av borhullet. Boravviket regnes på to forskjellige måter.

1) Alt avvik anses som positivt enten det er avvik utenfor eller innenfor profilet. Dette er gjort for å få det helhetlige bilde av boravviket. Totalt ansettavvik er funnet som gjennomsnittet av resultant vektoren mellom avviket i x- og z-retning ved ansett, Formel 7.1-1. Retningsavviket er gjennomsnittet av resultant vektoren mellom avviket i x- og z- retning i enden av borhullet, Figur 7.1-1. På denne måten blir uttrykkene for utregning av avvik i ansett eller retning like, Formel 7.1-1.

$$\frac{\sum_{i=1}^N \sqrt{(X_{1i}-X_{2i})^2 + (Z_{1i}-Z_{2i})^2}}{N} \quad \text{Formel 7.1-1}$$

Der;

X_{1i} = planlagt X koordinat for ansett eller retning per borhull i salven

X_{2i} = utført X koordinat for ansett eller retning per borhull i salven

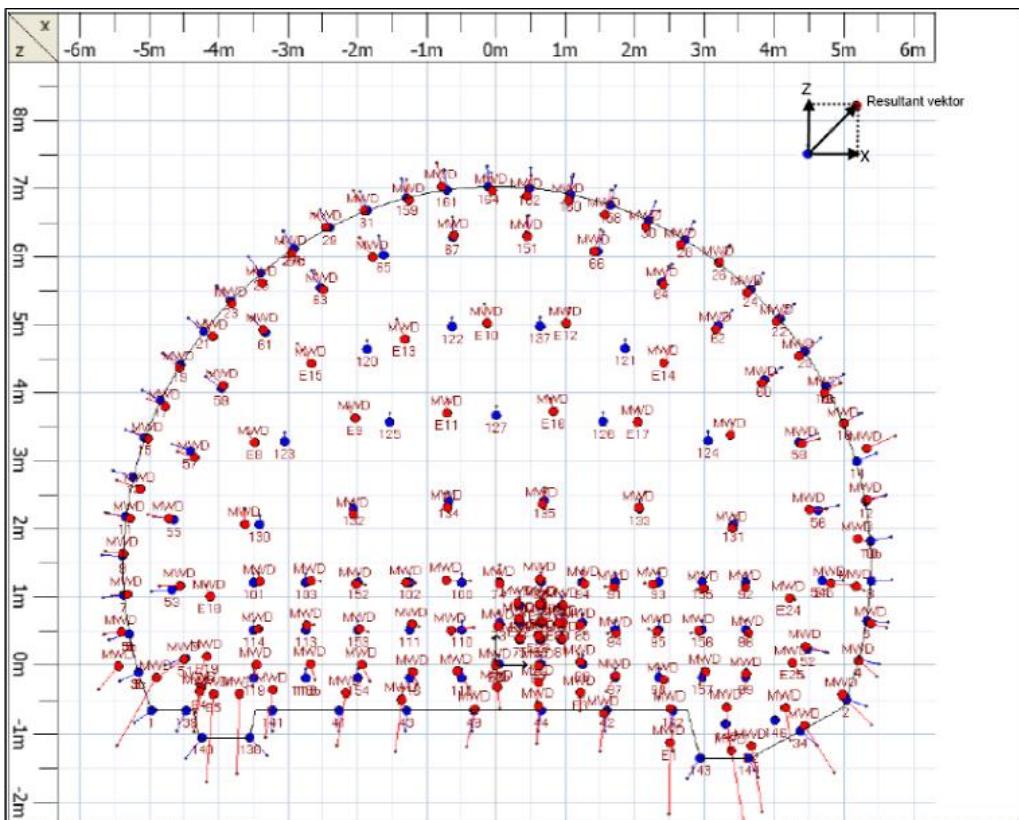
Z_{1i} = planlagt Z koordinat for ansett eller retning per borhull i salven

Z_{2i} = utført Z koordinat for ansett per eller retning borhull i salven

N = antall borhull i salven

2) Alt avvik som er innenfor profilet regnes som negativ og alt utenfor regnes som positivt. Dette er gjort for å fremheve salver som potensielt sett har ført til store overmasser på grunn av boring utenfor det prosjekterte profilet. Denne metoden tar utgangspunkt i at avvik der utført borhull ligger lengre innover i profilet enn det prosjekterte, skal i teorien føre til mindre overmasser. På samme måte som i 1) regnes ansett og retningsavvik som resultant vektorer. Den eneste forskjellen er at resultantvektorer som peker innover i profilet regnes som negative.

Dette gjøres på følgende måte: Om avviket i Z koordinaten peker utover eller innover i profilet bestemmes av forholdet mellom prosjektert og utført plassering av Z koordinaten. Hvis dette forholdet er negativt peker den innover i profilet da utført plassering vil ligge lavere enn prosjektert plassering. For å finne ut om avviket i X koordinaten peker inn eller ut av profiletet, må borhullene deles inn etter hvor de er lokalisert. Alle konturhull som er lokalisert på høyre side av i linje null i navigasjonsplanen (Figur 7.1-1) har partalls nummerering, mens de på venstre side har oddetalls nummerering. Hvis et konturhull med partalls nummerering viser avvik som går mot høyre vil dette avviket gå ut av det prosjekterte profiletet. Avviket tillegnes da positiv verdi. Hvis både avviket i Z koordinat og X koordinat viser negative verdier vil også resultant vektoren bli negativ, noe som indikerer at dette konturhullet peker innover i profiletet. Hvis avviket i Z eller X koordinaten eller begge to er positive regnes resultant avviket for dette borhullet som positiv, noe som indikerer at dette konturhullet peker utover av profiletet. Resultant avviket i ansett eller retning regnes deretter som gjennomsnittet av avviket for alle borhull som er inkludert i en salve, altså på samme måte som metode 1.



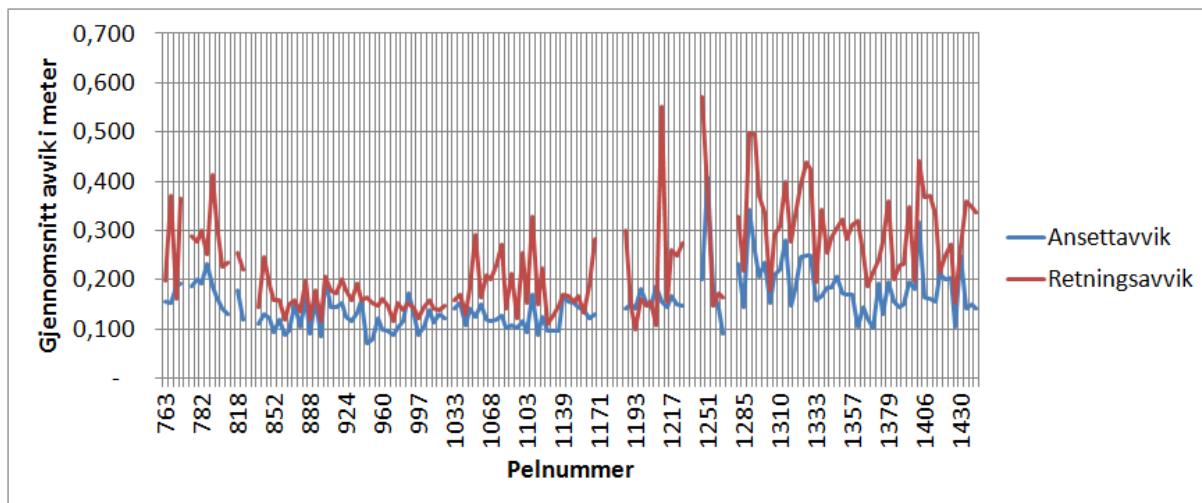
Figur 7.1-1 Navigasjonsplan for salve. Merk koordinatsystemet. (Myklebost, 2011)

Begge metodene er nummerert henholdsvis 1) og 2) i det videre. I beregningene av boravviket er det kun borhullene i konturen som er medregnet. Dette kommer av praktiske årsaker knyttet til filtrering av data, men også at det er boringen av den ytterste rasten som har størst betydning for den sprengte konturflaten. Y-koordinaten som beskriver inndriften eller lengden av hvert borhull er også uteslatt. Dette fordi langsgående overmasser med tunnellengden ikke blir analysert alene men inkluderes i den totale overmassen for en salve.

I strekningen med kontursprengningsforsøk var det et ekstra fokus på nøyaktig boring med en tett oppfølging av byggherrre. For å se hvordan dette har påvirket nøyaktigheten er dette strekket kommentert og analysert i et eget kapittel og sammenlignet med den totale testrekningen.

7.2 Resultater av utregna bornøyaktighet og korrelasjonsanalyser i Eikremtunnelen

1) I Eikremtunnelen er spredningen av det totale boravviket stort, Figur 7.2-1. Spesielt gjelder dette for høye pelnummer. Variasjonene er større for retningsavviket enn for ansettavviket. I tillegg ligger retningsavviket jevnt over med høyere verdier enn ansettavviket. Likevel er det tydelig at disse følger hverandre til en hvis grad. Svingninger i ansettavvik skaper og svingninger i retningsavviket. Gjennomsnittet av ansettavvik ligger på 0,155 meter med standardavvik på 0,052, mens gjennomsnittet for retningsavviket ligger 0,234 meter med standardavvik på 0,097. Den markante forskjellen i standardavvik mellom de to kommer nok trolig av de store utslagene i retningsavvik i de høye pelnummerene.



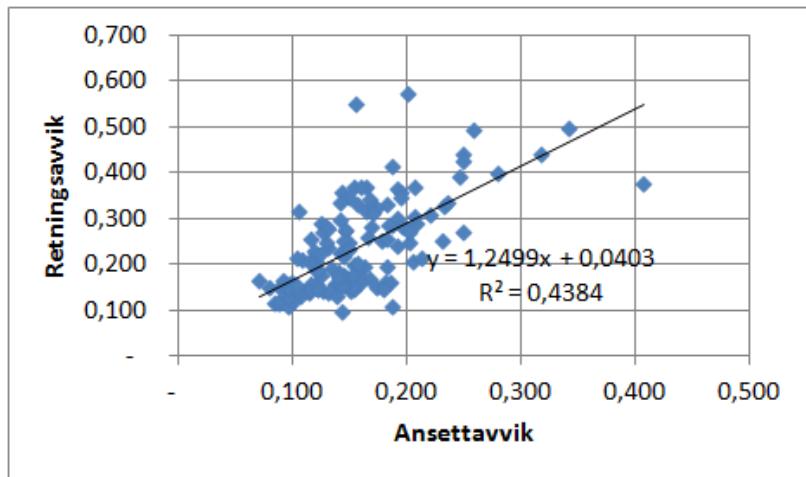
Figur 7.2-1 Fordeling av gjennomsnitts boravvik i ansett og retning i Eikremtunnelen.

Ved å dele opp ansett- og retningsavviket i delintervaller med tanke på gjennomsnittsverdi og standardavvik, blir fordelingen av avviket klart, Tabell 7.2-1. For ansett avvik er det 41,7 % eller 60 salver som har et gjennomsnittlig avvik på mellom 13-18 centimeter. 23,7 % ligger med et snitt avvik på over 18 centimeter. For retningsavviket er det en mer markant forskjell. Her ligger 41,7 % mellom 8-18 centimeter, mens de resterende 58,3 % eller 84 salver har et gjennomsnittlig retningsavvik på over 18 centimeter.

Skala	Ansettavvik	Skala	Retningsavvik
<0,08	1,4 % 2	<0,08	0,0 % 0
0,13-0,08	31,3 % 45	0,18-0,08	41,7 % 60
0,18-0,13	41,7 % 60	0,28-0,18	29,2 % 42
0,23-0,18	17,4 % 25	0,38-0,28	22,2 % 32
0,29-0,23	4,2 % 6	0,48-0,38	4,2 % 6
>0,29	2,1 % 3	>0,48	2,8 % 4

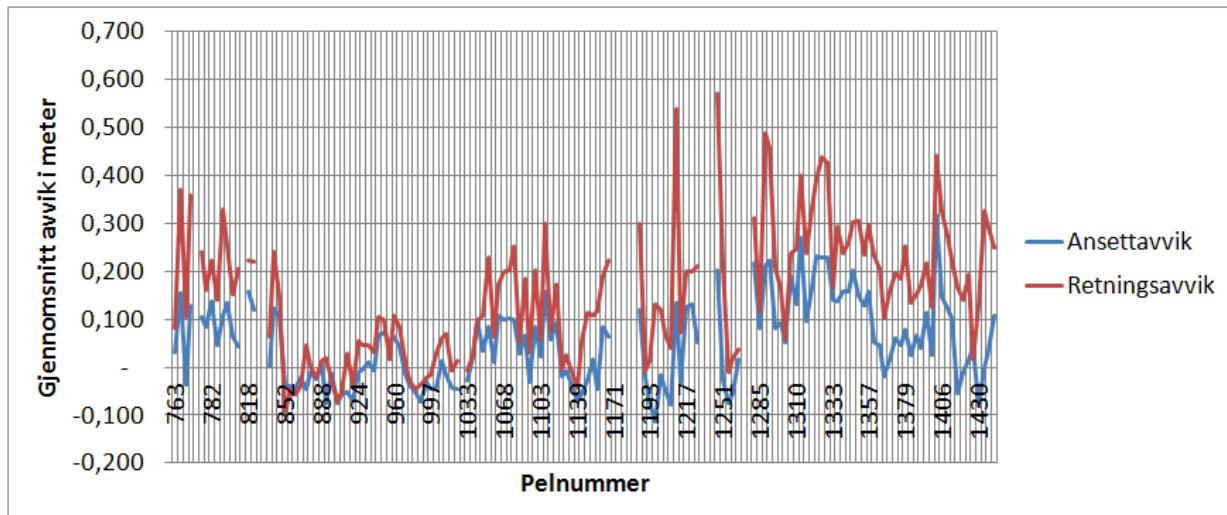
Tabell 7.2-1 Prosentandel og antall salver for ansett- og retningsavvik rangert i ulike kategorier.

Korrelasjons test mellom ansettavviket og retningsavviket avslører en ganske tett relasjon mellom de to, Figur 7.2-2. Regresjonen gir en $R^2 = 0,44$. Punktene som avviker mest fra trendlinjen kommer nok av påvirkning av geologiske faktorer og avbøyning under boringen. I følge beregnet formel vil retningsavviket være 25 % større enn ansettavviket for denne beregningsmodellen. Det vil med andre ord bety at det er i veldig sjeldne tilfeller at et påbegynt ansettavvik vil rette seg opp igjen gjennom borehullslengden.



Figur 7.2-2 Lineær korrelasjon mellom ansettavvik og retningsavvik for utregningsmetode 1.

2) Når en ser på dette boravviket er det tydelig at de salver som har hatt en del boravvik innenfor profilet vil få et vesentlig lavere gjennomsnitt avvik. Salver med boravvik som kun er utenfor profilet vil vise samme verdier som i Figur 7.2-2. For denne beregningen ligger gjennomsnittet av ansettavvik på 0,05 med standardavvik på 0,086. Grunnen til at standardavviket er høyere en gjennomsnittet er at snittet inkluderer både negative verdier. Minimum ansettavvik for en salve er -0,112 meter, mens maksimal verdien er 0,317. For retningsavviket er gjennomsnittet 0,149 meter med standardavvik på 0,137. Det vil si at selv om en regner avvik innenfor profilet i positiv forstand for salven er snittet 15 centimeter utenfor profilet for alle salvene. Det vil si at hvert eneste konturhull i en salve i snitt har 15 centimeter resultantavvik gjennom hele test strekningen. 34 av de 158 salvene testet i Eikremtunnelen viser et gjennomsnitt over 30 centimeter i resultant avvik utenfor profilet. Maksimal verdien for resultant retningsavvik utenfor er 0,572 meter mens den for ansett er 0,317. Det er også tydelig at selv om snittet av ansettavviket tyder på at avviket har vært innover i profilet blir resultant avviket av retningen i neste alle tilfeller positivt.



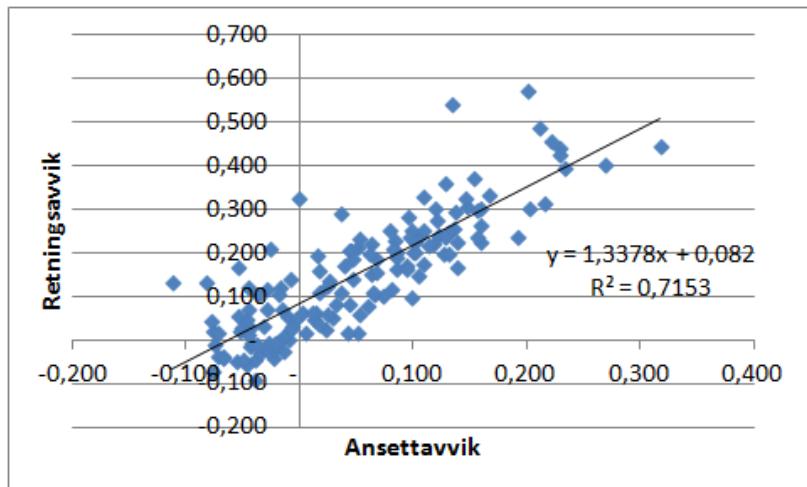
Figur 7.2-2 Fordeling av boravvik når en regner avvik utenfor profilet som positiv og avvik innenfor profilet som negativt.

For denne beregningsmetoden ligger 67,3 % av salvene i mellom et ansett avvik på (-0,085) – 0,095 meter, mens 35,4 % av salvene har et retningsavvik mellom (-0,06) – 0,08 meter, Tabell 7.2-2. For ansettavviket er det 31,9 % av salvene som ligger med et gjennomsnitt over 0,095 meter. 63,2 % av salvene har et retningsavvik over 0,08 meter. I alt er det 18 salver som bare har ansettavvik utenfor profilet, mens det for retningsavviket er 26 salver.

Skala	Ansettavvik	Skala	Retningsavvik
<-0,085	0,7 % 1	<-0,06	1,4 % 2
0,005-(-0,085)	35,4 % 51	0,08-(-0,06)	35,4 % 51
0,095-0,005	31,9 % 46	0,22-0,08	33,3 % 48
0,185-0,095	24,3 % 35	0,36-0,22	22,9 % 33
0,275-0,185	6,9 % 10	0,50-0,36	5,6 % 8
>0,275	0,7 % 1	>0,50	1,4 % 2

Tabell 7.2-2 Prosentandel og antall salver for ansett- og retningsavvik rangert i ulike kategorier

Korrelasjons test mellom ansettavvik og retningsavvik for denne beregningsmetoden viser en enda større relasjon en metode 1. Her er $R^2 = 0,72$, Figur 7.2-3. Siden metode 2 tar hensyn til om boringen skjer innenfor eller utenfor prosjektert profil, vil forskjellene mellom ansett- og retningsavvik komme tydeligere frem. Dette vises klart i beregnet formel som sier at retningsavviket er ca 34 % større enn ansettavviket.



Figur 7.2-3 Lineær korrelasjon mellom ansettavvik og retningsavvik for utregningsmetode 2.

7.3 Resultater og vurdering av utregna bornøyaktighet i kontursprengningsforsøket

I området med kontursprengning er det visuelt tydelig at gjennomsnittet for både ansett avvik og retningsavvik er mindre for begge utregningsmetodene. I tillegg er variasjonene innad i intervallet mindre en for hele strekningen.

1) Ved bruk av metode 1 er gjennomsnittsavviket for ansett og retning henholdsvis 0,127 og 0,163 meter. Standardavviket for ansettavviket er 0,035 meter mens det for retningsavviket er 0,027 meter. Hele 89,5 % av salvene har ansettavvik mellom 0,08 og 0,18 centimeter, mens det for retningsavvik i samme intervall ligger 78,9 %, Tabell 7.3-1.

Skala	Ansettavvik	Skala	Retningsavvik
<0,08	5,3 % 1	<0,08	0,0 % 0
0,13-0,08	47,4 % 9	0,18-0,08	78,9 % 15
0,18-0,13	42,1 % 8	0,28-0,18	21,1 % 4
0,23-0,18	5,3 % 1	0,38-0,28	0,0 % 0
0,29-0,24	0,0 % 0	0,48-0,38	0,0 % 0
>0,29	0,0 % 0	>0,48	0,0 % 0

Tabell 7.3-1 Metode 1) Prosentandel og antall salver for ansett- og retningsavvik rangert i ulike kategorier

2) Ved bruk av metode 2 er gjennomsnittet for ansett og retning henholdsvis -0,027 og -0,003 meter, Tabell 7.3-2. Standardavviket for retningsavviket er her 0,052 meter mens det for ansettavviket er 0,035 meter. Både for ansett og retningsavviket ligger den største prosentandelen av salvene med gjennomsnittsavvik veldig nærmere null eller på den negative siden. Minst er avviket for ansett med 84,2 % av salvene mellom 0,00,5 og (-0,085) meter.

Skala	Ansettavvik	Skala	Retningsavvik
<-0,085	0,0 % 0	<-0,06	10,5 % 2
0,005-(-0,085)	84,2 % 16	0,08-(-0,06)	84,2 % 16
0,095-0,005	15,8 % 3	0,22-0,08	5,3 % 1
0,185-0,095	0,0 % 0	0,36-0,22	0,0 % 0
0,275-0,185	0,0 % 0	0,50-0,36	0,0 % 0
>0,275	0,0 % 0	>0,50	0,0 % 0

Tabell 7.3-2 Metode 2) Prosentandel og antall salver for ansett- og retningsavvik rangert i ulike kategorier

I forhold til hele strekningen i Eikremtunnelen viser kontursprengningsområdet en markant nedgang i gjennomsnitt boravvik for både ansett og retningsavvik. I tillegg er nedgangen i standardavviket tydelig. I praksis vil dette si at spredningen av avvik fra salve til salve er minimal, i tillegg til av avvikene holder seg lave gjennom hele strekningen. Dette vises også i tabellene (7.3-1 og 7.3-2) der fordelingen på de forskjellige skalaene er mindre enn for hele strekningen. Tabell 7.3-2 viser også at når boravviket går ned vil også prosentandelen for negative verdier gå dramatisk opp. For overmassene vil dette bety at konturhullene blir boret lengre inn i profilet slik at potensialet for undermasser øker. Selv om undermasser ikke er analysert i betydelig grad er det verdt og merke seg at i kontursprengningsområdet er undermasser representert i betydelig større grad enn for resten av tunnelen.

8 Total analyse av utvalgte salver i Eikremtunnelen

For å få et totalt bilde på hvordan boravvik, sprekkeorientering og bergmassekvalitet påvirker TCI_A er det gjort en total analyse av disse for 30 utvalgte salver fra Eikremtunnelen. Salvene er delt inn i tre bolker der salvene går etter hverandre i stigende rekkefølge.

8.1 Bakgrunn for valg av parametere og salver

Salvene er valgt ut med hensyn på variasjon i målte parametere. De er valgt ut 10 salver fra kontursprengningsforsøket med konturkvalitet fra ”middels” til ”meget god”. Deretter er det valgt 10 salver før og etter kontursprengningsområdet. Salvene før kontursprengingsområdet er plukket ut etter spredningen i bergmasse kvalitet som enten er høy eller lav. I de siste 10 salvene er bergmassekvaliteten lav gjennom alle salvene.

Siden det er dokumentert en sterkest relasjon mellom forholdet Jr/Ja og TCI_A brukes dette forholdet til å beskrive bergmassekvaliteten i analysen. Boravviket gis som karakter 1 til 6, der 1 representerer det beste intervallet for den totale fordelingen funnet i Kapittel 7.3 Den samme fremgangsmåten er brukt for begge metodene å regne boravviket. I tillegg er gjennomsnitt differanse i stikkingen inkludert. Ansett avvik er utelatt i denne sammenheng da det er påvist en tett relasjon mellom disse, men det er retningsavviket som i størst grad påvirker oversprengt areal. Sprekkeorienteringen er gitt som rangerings nummer funnet i Tabell 5.4-3. Disse går fra 1 til 36 der 1 representerer den mest gunstige sprekkeretningen.

8.2 Test salver og tilhørende parametere

Tabell 8.2-1 oppsummerer verdiene av testede parametre i de 30 utvalgte salvene.

Salvenummer	TCIA	TCIA	(Jr/Ja)	Retningsavvik metode (1)	Retningsavvik metode(2)	Sprekke orientering
782	57,8	D	0,5	4	4	26
786	58,5	D	1,5	3	3	26
793	51,7	E	0,5	5	4	19
798	55,3	E	0,5	4	4	19
803	51,5	E	0,5	3	3	19
808	50,0	E	0,5	3	3	19
818	55,0	E	1	3	4	28
823	56,4	D	1,5	3	3	17
837,4	52,6	E	1	2	2	28
842,2	57,8	D	0,5	3	4	11
893,4	70,4	B	0,7	3	2	19
898,7	67,4	C	2	2	2	28
903,9	70,0	B	2	3	2	19
909,5	67,6	C	2	3	2	28
914,3	68,2	B	1,7	2	2	19
919,3	63,3	C	1	3	2	3
924,4	61,9	D	1	2	2	11
929,7	62,9	C	2	2	2	28
934,7	61,6	D	0,8	3	2	19
940	64,6	C	0,8	2	2	30
1375	62,6	C	0,8	3	3	28
1379	64,1	C	0,5	4	4	35
1382	58,9	D	0,5	3	3	15
1385	56,3	D	0,5	3	3	32
1388	57,0	D	0,5	3	3	32
1391	55,5	E	0,5	4	3	32
1396	51,2	E	0,4	3	3	26
1400	51,3	E	0,3	5	5	32
1406	57,3	D	0,4	4	4	32
1408	55,9	E	0,4	4	4	30

Tabell 8.2-1 Fordeling av verdier for testparametere i 30 utvalgte salver. Tykk strek markerer deling mellom intervallene

I de 30 testsalvene er det tydelig at sprekkeorienteringen ikke har vært veldig gunstig. Her ligger alle salvene med unntak av salve 919,3 med rangeringer over 10. Siden det er store forskjeller i TCI_A verdiene og sprekkeorienteringen holder seg noenlunde i samme intervall er det også her vanskelig å påvise en direkte kobling mellom sprekkeorientering og konturkvalitet. Det vil derfor bli lat lite vekt på sprekkeorienteringen under den resterende analysen

8.2.1 Analyse av salvenummer 782-842,2

I dette intervallet er det en del variasjon i boreavvik og bergmassekvalitet. Det er helt klart en tendens til at et stort boravvik i en dårlig bergmasse fører til lave TCI_A verdier. Dette er helt tydelig i salvene fra 793-808 der bergmassekvaliteten ligger med verdier rundt 2,1 mens boravviket varierer fra 3-5. I dette området ligger TCI_A verdiene i kategori E ”dårlig”. Selv om dette er tendensen fins det avvik. Salvenummer 837,4 har en $TCI_A = 52,6$ som tilsier en ”dårlig” konturkvalitet selv om forholdet (Jr/Ja) = 1, begge boravvikene har rangering 2, samt at differansen i stikning bare er 0,01meter. Denne salven har samme forhold inkludert sprekkeorientering som salve nummer 898,7 som har en $TCI_A = 67,4$. Grunnen til denne store forskjellen mellom to salver som har nøyaktig like betingelser kommer mest sannsynlig av måten salvenummer 837,4 har blitt ladet på. Denne salven er best sannsynlig sprengt for hardt noe som har ført med seg en stor del overmasser. Dette er også synlig i profilplottet til salven der det avsløres et meget ujevnt profil med en stor andel overmasser i venstre side av profilet.

8.2.2 Analyse av salvenummer 893,4-940

Her holder boravviket seg lavt, tilnærmet konstant gjennom hele intervallet med noen mindre variasjoner i metode 1. Bergmassekvaliteten holder seg og på et stabilt bra nivå. Dette gjenspeiles i konturkvaliteten i disse salvene som ligger mellom ”middels” og ”meget god”. Selv med god boring og stabil bergmassekvalitet er det også her salver som skiller seg ut. Salve 924,4 og 934,7 har tilnærmet lik bergmassekvalitet som resten av salvene, og lite boravvik men ligger fortsatt en del under gjennomsnittet av TCI_A for dette intervallet. Profil plottene til disse salvene avslører en markant økning i overmasser etter hvert som salven drives. Dette kan skyldes sprengningsrelaterte faktorer men den langsgående variasjonen tyder på at stikningen for disse salvene har vært unødig stor. Selv om det er testet forskjellen mellom prosjektert og faktisk stikning er det ikke påvist noen store forskjeller for disse salvene. Derimot er planlagt stikning en del større for disse salvene enn resten av salvene i intervallet.

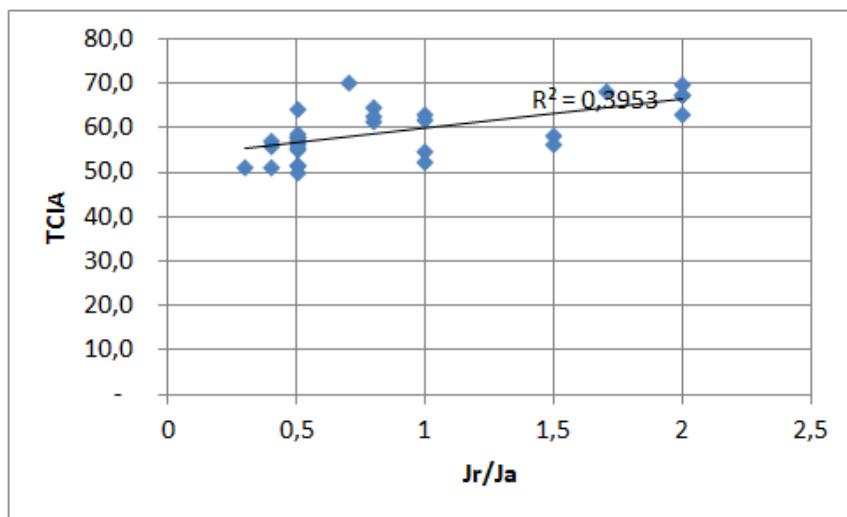
8.2.3 Analyse av salvenummer 1375-1408

Salvene i dette intervallet har jevnt over lav bergmassekvalitet med forholdet Jr/Ja på rundt 0,5. Likevel er TCI_A verdiene spredd fra 51,2-64,1 som tilsvarer fra ”dårlig” til ”god” konturkvalitet. Noe av dette skyldes forskjeller i boravviket, men også her som i de foregående intervallene vises det i enkelt tilfeller store forskjeller i TCI_A selv om boravviket og bergmassekvaliteten er konstant. Salve viser til store boravvik, stikningsavvik og lav bergmassekvalitet likevel har denne salven en $TCI_A = 64,1$. Dette kan tyde på at god kontur er oppnåelig med dårligere forutsetninger, hvis salven blir ladet på riktig måte. Salven kan også ha blitt påvirket av at den ligger i området med utvidelse av profilet grunnet tung sikring, som gjør at alle overmasser er redusert med 35 centimeter.

8.2.4 Relasjoner

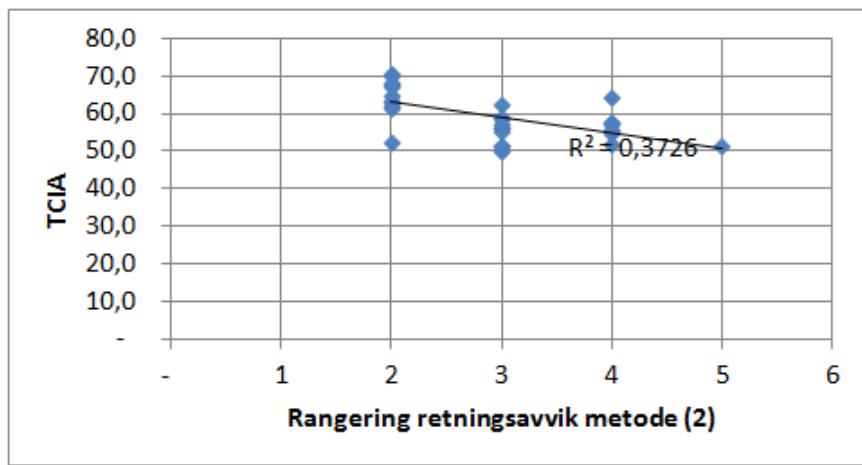
For å se om det er noen forskjeller mellom relasjonen til de utvalgte dataene og den totale test strekningen er det utført lineær regresjons analyse mellom TCI_A og bergmasse, og TCI_A og boravvik.

Resultatet av analysen mellom bergmassekvalitet og TCI_A gir en $R^2 = 0,40$, Figur 9.2.4-1. Denne verdien er 13 ganger større enn for den samme analysen for hele strekningen. Grunnen til denne store forskjellen kommer nok av at i denne analysen er mellom sjiktet av bergmassekvalitet tatt bort. Etter analysen i Kapittel 6 ble det antydet at middels bergmassekvalitet i dette tilfellet fra 5-10, har en større spredning av TCI_A verdier enn om bergmassekvaliteten er jevnt over bedre eller verre. I følge denne analysen ser dette ut til å stemme.



Figur 8.2.4-1 Lineær regresjonsanalyse av TCI_A og forholdet (RQD/Jn)*(Jr/Ja)

Også for boravviket er det tydelig at det utvalgt verdiene gir en god korrelasjon med TCI_A , Figur 8.2.4-2. Her er $R^2=0,37$. Dette er resultat som forventet da boravvik regnet med metode 2, blir en direkte årsak til økte overmasser.



Figur 8.2.4-2 Lineær regresjonsanalyse av rangeringen til retningsavviket for metode 2, og TCI_A

9 Diskusjon av gyldigheten og anvendbarheten av TCI_A

Oppbygningen av TCI_A gjør den veldig sårbar ovenfor feil i skanner data. Det vil derfor være utrolig viktig at dette arbeidet gjøres så nøyaktig som mulig. Det optimale er at ingen andre aktiviteter på stoff foregår parallelt med skanningen av salven. Dersom fjellforholdene er så ustabile at salven må sprøytes inn og en ikke får skannet den rene fjelloverflaten, kan ikke konturkvaliteten regnes for denne salven. Et annet alternativ kan være å la gjennomsnittet av salven før og salven etter være grunnlaget for TCI_A beregning av aktuell salve, selv om dette kan bli veldig unøyaktig. Det at parameteren bruker både gjennomsnitt overmasse og gjennomsnitt sprengt areal gjør at små avvik i skanning blir tilnærmet nullet ut.

Lave TCI_A verdier som ikke kan knyttes opp mot en bestemt parameter eller flere parametere som det er testet mot i denne oppgaven kan skyldes en del andre årsaker. Siden skanningen har skjedd etter maskinell rensk vil mengden av rensk få stor betydning for resultatet. En salve med mye rensk vil automatisk få større overmasser og en lavere TCI_A verdi. Det er heller ikke analysert overmasser som skyldes for hard ladning da disse er vanskelig å knytte opp mot hverandre.

TCI_A parameteren skal brukes som et verktøy for å kartlegge konturkvaliteten. Det må gjøres flere kartlegginger av konturkvalitet for å etablere argumentasjon for hvilke TCI_A verdier som gjenspeiler ønsket kvalitet. Deretter kan en bruke dette som grunnlag for et belønningssystem der entreprenøren blir belønnet etter kvaliteten på konturen og ikke bare på inndriften.

For at et slikt system skal kunne inkorporeres i dagens kontrakter mellom byggherrer og entreprenører må det endringer til. Ett alternativ er at byggherrer detalj styrer alt som har som har med sprengningsarbeidet å gjøre, det vil si borplaner, sprengstoff mengder og typer, og type tennsystem. For å gjennomføre dette må byggherren være villig til å investere mer penger under drivningen der dyre løsninger blir valgt.

Et annet alternativ er at byggherren setter krav til TCI_A verdi i forhold til hvor mye entreprenøren kan tjene på hver salve, og lar alt av detaljer rundt sprengningsarbeidet være opp til entreprenøren selv. På denne måten vil entreprenøren være friere til å bruke sin kompetanse til å finne de beste tekniske og økonomiske løsningene for å drive tunnelen i henhold til kravene til kontur. En slik løsning vil gagne alle parter. Byggherren slipper mye av risikoen, mens entreprenøren kan tjene gode penger på å levere høy standard på tunnelen drivingen. Ved å i større grad ivareta bergets egne lastbærende egenskaper og ha en minimal oppknusning av konturen samtidig som at det sprengte profilet holdes så nærmest det prosjekterte som mulig vil byggherren kunne spare kostnader med redusert sikringsbehov. I tillegg vil tunnelene bli mer stabile over tid slik at hyppigheten og mengden av rehabilitering av tunnelen vil gå ned på sikt.

10 Konklusjon og anbefalinger

En ny parameter for å regne ut konturkvalitet Tunnel Contour Quality Applied (TCI_A) er funnet på grunnlag av tidligere utsyn Tunnel Contour Quality Index (TCI_R). Utsynet for TCI_A består av en konstant for variasjonsbredde, gjennomsnitt overmasse per salve i meter (\hat{O}_v), og forholdet mellom prosjektert og utført sprengningsareal (RBA). Utsynet for TCI_A er testet opp mot TCI_R for å se om de gjenspeiler hverandre. Resultatet viser at det er en veldig god lineær relasjon mellom uttrykkene i tillegg til at vektingen mellom \hat{O}_v og RBA er likere fordelt for TCI_A enn for TCI_R . Variasjonene i TCI_A kan i teorien strekke seg fra 0 til 100 men analysene medregnet i denne oppgaven viser en variasjon mellom 43,9 til 76,8 for referanseprosjektene. En TCI_A på 43,9 representerer en salve med overmasser på 1,01 meter og RBA på 1,30, mens en TCI_A på 76,8 representerer en salve med overmasser på 0,24 meter og en RBA på 1,06.

Fordelingene av TCI_A verdier for referanseprosjektene har dannet grunnlaget for en tabell som deler konturkvaliteten inn i kategorier fra A til G. Disse kategoriene tilsvarer henholdsvis fra ”Ekstremt God” og ”Ekstremt Dårlig” konturkvalitet. Utgangspunktet tas i gjennomsnittet av alle registrerte TCI_A verdier og intervallene bestemmes av standardavviket til fordelingen. I Eikremtunnelen ligger gjennomsnittet på 60,8, mens det i Oppdølstrandatunnelen ligger på 57,9. I kontursprengningsforsøket i Eikremtunnelen er gjennomsnittet av TCI_A 65,0.

Fordelingen av salver i de ulike kategoriene i referanseprosjektene viser at det er et stort forbedringspotensial i å holde konturkvaliteten på et godt og stabilt nivå.

Sprekkeorientering og tilhørende fallvinkel er testet opp mot TCI_A for å se hvilke kombinasjoner som har positiv og negativ innvirkning på konturkvaliteten. Resultatet fra denne testen viser at i referanseprosjektene så er det en strøkvinkel på mellom 0-30 grader, og en fallvinkel på mellom 15-30 grader som i snitt har gitt den beste konturkvaliteten. Den dårligste konturkvaliteten finnes når strøkvinkelen er mellom 30-90 grader og fallvinkelen er mellom 0-30 grader. Selv om resultatet avslører en viss sammenheng mellom sprekkeorientering og TCI_A , viser utregnede prosentandeler at forskjellene er små. Dette kommer av at i mange tilfeller er geologien kompleks og ofte gjennomsatt av mange ulike strukturer og sprekkesett. Derfor vil det være vanskelig å gi et entydig svar av hvilke sprekkeretninger som er optimal.

For å sjekke hvilken innvirkning bergmassekvaliteten har på konturkvaliteten, ble det utført lineær regresjonsanalyser mellom alle parameterne som utgjør Q-verdien hver for seg og i de respektive forholdene i forhold til TCI_A . I analysene av tunnelene separat ble det funnet at forholdet Jr/Ja hadde størst lineær korrelasjon med TCI_A i Eikremtunnelen, og at forholdet RQD/Jn hadde størst korrelasjon med TCI_A i Oppdølstrandatunnelen. R^2 verdiene var på henholdsvis 0,01 og 0,033 for Oppdølstrandatunnelen og Eikremtunnelen. Selv om det ikke ble oppnådd store relasjoner mellom TCI_A og parameterne i Q-verdien er det likevel på det rene at bergmassekvaliteten vil spille en vesentlig rolle for kvaliteten på konturen. Grunnene til de lave resultatene kan ligge i at i noen områder med liten variasjon i middels bergmassekvalitet likevel har vist en stor spredning av TCI_A verdier. Dette kan tyde på at det er lettere å finne korrelasjoner når bergmassen er enten veldig god eller veldig dårlig. Dette

ses og i Kap 8 hvor R^2 verdien for korrelasjonen mellom Jr/Ja og TCI_A stiger til 0,4 når en bare ser på salver som har hatt veldig god eller veldig dårlig bergmasse.

Det viste seg å være store variasjoner i nøyaktigheten av oppnådde borresultater for begge utregningsmetodene. For hele strekket i Eikremtunnelen er ansettavviket for metode 1 på 0,15 meter, mens det for retningsavviket er 0,23 meter. For metode 2 er ansettavviket 0,05 og retningsavviket 0,149. Begge metodene viste en betydelig korrelasjon mellom ansettavviket og det påfølgende retningsavviket. Beregnede formler viser at retningsavviket er henholdsvis 25 % og 34 % større enn ansettavviket for metode 1 og 2. Kontursprengningsområdet i Eikremtunnelen ble drevet med betydelig mindre boravvik. Her ligger snittet for ansettavviket for metode 1 på 0,13 meter, mens det for retningsavviket ligger på 0,16 meter. For metode 2 er ansettavviket -0,027 og retningsavviket -0,003. I tillegg til lavere boravvik ble også variasjonene i mengden avvik kraftig redusert, noe som tyder på at kontinuiteten i boringen har vært god.

I totalanalysen av utvalgte salver i Eikremtunnelen kommer det frem at bornøyaktigheten representert med utregningsmetode 2 viser god lineær korrelasjon med TCI_A . Dette tyder på at nøyaktig boring er en meget vesentlig faktor som påvirker overmassene for salven. Gjennom kontursprengningsforsøket i Eikremtunnelen er det også veldig tydelig at et økt fokus på å spreng kontur med god kvalitet har gjort boringen mer nøyaktig og med langt større kontinuitet. Dette gjenspeiles i størrelsесorden og variasjon i TCI_A verdier. Dette området har større snitt verdier enn for noen annen lignende strekning. I tillegg er variasjonen av TCI_A mindre enn for den resterende tunnellengden. Det er også verdt å merke seg at det ble sprengt kontur med like god og bedre konturkvalitet i salver utenfor kontursprengningsområdet med slurry. Dette kan tyde på at god kontur kan sprenges med forskjellige typer sprengstoff, så lenge lade- og borplanen er riktig tilpasset de stedlige geologiske forholdene.

For at en skal kunne benytte TCI_A som kriterium for kvalitet på kontur må parameteren testes på flere prosjekter. I tillegg må det forskes mer på hvordan og i hvor stor grad geologi påvirker oppnåelig TCI_A verdi. Parameteren er skapt med tanke på å heve kvaliteten på tunnel driving samt gi et verktøy for både entreprenør og byggherre til å gå sammen om å gjennomføre dette. Denne masteroppgaven viser at klassifisering med TCI_A er praktisk gjennomførbart og hvis det brukes riktig vil det i det lange løp gagne byggmester og entreprenører både teknisk og økonomisk.

Referanser

- Andersen, A. (2012). Personlig korrespondanse. *Statens Vegvesen Region Midt*.
- Andrianopoulos, A. K. (2011). *Kontursprengning i tunneler*. Trondheim: NTNU.
- Barton, N., Lien, R., & Lunde, J. (1974). Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support. *Rock Mechanics* 6 , ss. 189-236.
- Chakraborty, A., Jeetwa, J., & Paintharkar, A. (1994). Effects of joint orientation and rock mass quality on tunnel blasting. *Engineering Geology* 37 , ss. 247-262.
- Chakraborty, A., Raina, A., Ramulu, M., Choudhury, P., Haldar, A., Sahoo, P., et al. (2004). Development of rational models for tunnel blast prediction based on a parametric study. *Geotechnical and Geological Engineering* 22 , ss. 447-496.
- Copco, A. (2012). *Tunnelrigg Boomer XL3 D*. Hentet Mars 2012 fra Atlas Copco:
<http://www.atlascopco.no/nono/products/navigationbyproduct/Product.aspx?id=1520772&productgroupid=1401284>
- Draper, N. R., & Smith, H. (1998). *Applied Regression Analysis Third Edition*. Wiley Series in Probability and Statistics.
- Heltzen, A. M. (1974). *Fjellsprengningsteknikk*. Oslo: Teknologisk Forlag.
- Humstad, T. (2012). Personlig korrespondanse. *Statens Vegvesen Region Midt*.
- Ibarra, J., Maerz, N., & Franklin, J. (1996). Overbreak and underbreak in underground openings Part 2: causes and implications. *Geotechnical and Geological Engineering*, 14. , ss. 325-340.
- Innaurato, N., Mancini, R., & Cardu, M. (1998). On the Influence of Rock Mass Quality on the Quality of Blasting Work in Tunnel Driving. *Tunneling and Underground Space Technology, Vol 13, No. 1* , ss. 81-89.
- K., T. (1997). Drillability prediction: geological influences in hard rock drill and blast tunnelling. *Geol Rundsch* , ss. 426-438.
- Karlsen, F. S. (2010). *Geologi Rv.70 Oppdølstrandatunnelen Ingeniørgeologisk rapport for konkuransegrunnlag*. Region Midt Ressursavdelinga Berg- og Geoteknikkseksjonen. Sunndal: Statens Vegvesen.
- Kim, Y. (2009). Tunnel Contour Quality Index in a drill and blast tunnel. Doctoral theses at NTNU, 2009:197.
- Kirkeby, T. (2011). *Kontursprengningsforsøk med ulike bore/ladeplaner i Rv.70 Eikremtunnelen på Krifast*. VD rapport nr. 13. Vegdirektoratet (Avdeling: Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen, Seksjon: Tunnel og betong).
- Myklebost, Ø. (2011). Personlig korrespondanse. *Stikker MIKA/BETONMAST Eikretunnelen* .

Olsen, V. (2011). *Nøyaktig boring, Teknisk Rapport 11*. Norsk Forening For Fjellsprengningsteknikk (NFF).

Palmstrøm, A., Blindheim, O. T., & Broch, E. (2002). Q-SYSTEMET - MULIGHETER OG BEGRENSNINGER. *FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK BERGMEKANIKK/GEOTEKNIKK 2002*, ss. 41.1-41.44.

Schunnesson, H. (2009). Modern tools and equipment for tunneling and drifting. *Australian Centre for Geomechanics, Perth, ISBN 978-0-9804185-7-6*.

Singh, S. (2005). Blast damage control in jointed rock mass . *Fragblast: International Journal for Blasting and Fragmentation, 9:3, 175-187* .

Singh, S. P., & Xavier, P. (2005). Causes, impact and control of overbreak in underground excavations. *Tunneling and Underground Space Technology 20* , ss. 63-71.

Wu, Y., Hao, H., Zhou, Y., & Chong, K. (1998). Propagation characteristics of blast induced shock waves in a jointed rock mass. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering 17* , ss. 407-412.

Vedlegg

- **Vedlegg A:** Eikremtunnelen
 - Bergmassekvalitet, TCI_A, TCI_R, Øv, RBA
 - Bornøyaktighet metode 1 og 2
 - Sprekkekartlegging
 - Foliasjonskartlegging
- **Vedlegg B:** Oppdølstrandatunnelen
 - Bergmassekvalitet, TCI_A, TCI_R, Øv, RBA
 - Sprekkekartlegging
 - Foliasjonskartlegging

Vedlegg A Eikremtunnelen
Bergmassekvalitet, TCIA, TCIR, Øv og RBA

Salvenummer	Øv	RBA	TCIA	TCIR	Q-verdi	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	RQD/Jn	Jr/Ja	(RQD/jn)*(Jr/Ja)
1307	0,478	1,165	61,2	71,3	0,38	30,0	12,0	1,5	4,0	1,0	2,5	2,5	0,4	0,94
1310	0,487	1,173	59,8	70,8	0,42	25,0	12,0	1,5	3,0	1,0	2,5	2,1	0,5	1,04
1313	0,462	1,154	62,0	72,0	0,4	32,0	12,0	1,5	4,0	1,0	2,5	2,7	0,4	1,00
1316	0,367	1,127	66,9	73,7	0,56	25,0	9,0	1,5	3,0	1,0	2,5	2,8	0,5	1,39
1319	0,514	1,184	58,8	70,2	0,32	32,0	15,0	1,5	4,0	1,0	2,5	2,1	0,4	0,80
1322	0,529	1,185	58,3	70,1	0,56	25,0	9,0	1,5	3,0	1,0	2,5	2,8	0,5	1,39
1327	0,475	1,165	60,9	71,3	0,56	25,0	9,0	1,5	3,0	1,0	2,5	2,8	0,5	1,39
1330	0,507	1,170	59,6	71,0	0,56	25,0	9,0	1,5	3,0	1,0	2,5	2,8	0,5	1,39
1333	0,517	1,185	58,7	70,1	0,56	25,0	9,0	1,5	3,0	1,0	2,5	2,8	0,5	1,39
1336	0,342	1,113	68,9	74,7	0,33	20,0	12,0	1,5	3,0	1,0	2,5	1,7	0,5	0,83
1340	0,490	1,171	60,3	71,0	0,42	25,0	12,0	1,5	3,0	1,0	2,5	2,1	0,5	1,04
1343	0,400	1,140	64,9	72,9	0,33	20,0	12,0	1,5	3,0	1,0	2,5	1,7	0,5	0,83
1347	0,430	1,150	64,2	72,3	0,33	20,0	12,0	1,5	3,0	1,0	2,5	1,7	0,5	0,83
1351	0,324	1,098	69,6	75,7	0,33	20,0	12,0	1,5	3,0	1,0	2,5	1,7	0,5	0,83
1353	0,392	1,176	62,1	70,6	0,33	20,0	12,0	1,5	3,0	1,0	2,5	1,7	0,5	0,83
1357	0,370	1,114	67,0	74,6	0,56	25,0	9,0	1,5	3,0	1,0	2,5	2,8	0,5	1,39
1360	0,376	1,144	64,4	72,6	0,56	25,0	9,0	1,5	3,0	1,0	2,5	2,8	0,5	1,39
1362	0,383	1,127	66,2	73,8	0,67	40,0	12,0	1,5	3,0	1,0	2,5	3,3	0,5	1,67
1365	0,432	1,151	63,3	72,2	1,1	50,0	9,0	1,0	2,0	1,0	2,5	5,6	0,5	2,78
1369	0,456	1,161	61,9	71,6	1	60,0	12,0	1,5	3,0	1,0	2,5	5,0	0,5	2,50
1372	0,477	1,166	61,0	71,3	1,2	70,0	12,0	1,5	3,0	1,0	2,5	5,8	0,5	2,92
1375	0,452	1,157	62,6	71,8	0,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1379	0,423	1,143	64,1	72,7	0,83	50,0	12,0	1,5	3,0	1,0	2,5	4,2	0,5	2,08
1382	0,510	1,189	58,9	69,9	1	60,0	12,0	1,5	3,0	1,0	2,5	5,0	0,5	2,50
1385	0,576	1,203	56,3	69,0	1,1	65,0	12,0	1,5	3,0	1,0	2,5	5,4	0,5	2,71
1388	0,561	1,197	57,0	69,4	1,1	65,0	12,0	1,5	3,0	1,0	2,5	5,4	0,5	2,71
1391	0,591	1,211	55,5	68,5	1,8	65,0	12,0	1,0	3,0	1,0	1,0	5,4	0,3	1,81
1396	0,693	1,253	51,2	66,2	2,5	40,0	6,0	1,5	4,0	1,0	1,0	6,7	0,4	2,50
1400	0,697	1,252	51,3	66,3	0,5	60,0	12,0	1,0	4,0	1,0	2,5	5,0	0,3	1,25
1406	0,556	1,195	57,3	69,5	0,22	35,0	12,0	1,5	4,0	1,0	5,0	2,9	0,4	1,09
1408	0,573	1,211	55,9	68,6	0,56	25,0	9,0	1,5	3,0	1,0	2,5	2,8	0,5	1,39
1412	0,680	1,241	52,2	66,9	0,58	35,0	12,0	2,0	4,0	1,0	2,5	2,9	0,5	1,46
1416	0,400	1,141	64,9	72,9	0,5	30,0	12,0	2,0	4,0	1,0	2,5	2,5	0,5	1,25
1419	0,470	1,158	61,5	71,7	0,67	40,0	12,0	2,0	4,0	1,0	2,5	3,3	0,5	1,67
1423	0,635	1,223	53,9	67,9	1,3	40,0	6,0	1,5	3,0	1,0	2,5	6,7	0,5	3,33
1426	0,578	1,220	54,5	68,0	1,5	50,0	9,0	2,0	3,0	1,0	2,5	5,6	0,7	3,70
1430	0,449	1,155	62,1	71,9	0,89	40,0	12,0	2,0	3,0	1,0	2,5	3,3	0,7	2,22
1435	0,545	1,182	58,1	70,2	0,62	37,5	12,0	2,0	4,0	1,0	2,5	3,1	0,5	1,56
1442	0,707	1,251	51,1	66,3	0,83	50,0	12,0	2,0	4,0	1,0	2,5	4,2	0,5	2,08
1446	0,751	1,259	50,2	65,9	0,44	35,0	12,0	1,5	4,0	1,0	2,5	2,9	0,4	1,09

Vedlegg A Eikremtunnelen

Borenøyaktighet

Salvenummer	Ansett avvik(1)	Retningsavvik(1)	Ansettavvik(2)	Retningsavvik(2)
763	0,156	0,197	0,032	0,081
764	0,153	0,369	0,153	0,369
767	0,186	0,162	-0,036	0,103
770	0,192	0,365	0,127	0,357
773	-	-	-	-
776	0,187	0,288	0,106	0,239
778	0,200	0,277	0,085	0,161
782	0,192	0,300	0,138	0,222
786	0,231	0,252	0,046	0,140
793	0,187	0,413	0,109	0,327
798	0,164	0,315	0,135	0,253
803	0,141	0,225	0,062	0,152
808	0,131	0,235	0,043	0,206
813	-	-	-	-
818	0,179	0,254	0,159	0,224
823	0,118	0,220	0,118	0,219
827	-	-	-	-
833	-	-	-	-
837	0,112	0,144	0,002	0,063
842	0,130	0,247	0,122	0,241
847	0,121	0,189	0,104	0,146
852	0,094	0,158	-0,040	-0,092
858	0,120	0,158	-0,040	-0,047
863	0,089	0,118	-0,047	-0,059
868	0,098	0,150	-0,023	-0,040
873	0,151	0,160	-0,047	0,047
878	0,105	0,137	-0,011	0,000
883	0,162	0,198	-0,024	-0,021
888	0,091	0,120	0,005	0,015
893	0,159	0,178	-0,076	0,018
899	0,084	0,116	-0,014	-0,027
904	0,205	0,207	-0,076	-0,072
910	0,145	0,179	-0,056	-0,051
914	0,145	0,172	-0,052	0,028
919	0,153	0,201	-0,068	-0,037
924	0,125	0,178	-0,012	0,055
930	0,115	0,159	-0,004	0,046
935	0,133	0,192	0,011	0,047
940	0,159	0,157	-0,006	0,031
945	0,070	0,165	0,065	0,104
950	0,079	0,152	0,073	0,100
955	0,122	0,147	0,051	0,017
960	0,099	0,162	0,064	0,108
965	0,095	0,149	0,043	0,083
971	0,087	0,115	-0,013	0,012
977	0,102	0,152	-0,035	-0,029
982	0,115	0,139	-0,051	-0,047
987	0,173	0,152	-0,072	-0,037
992	0,126	0,142	-0,030	-0,021
997	0,089	0,122	-0,045	-0,015
1002	0,105	0,145	-0,044	0,027
1007	0,138	0,158	0,014	0,060
1013	0,114	0,142	-0,016	0,069
1018	0,131	0,138	-0,042	-0,008
1023	0,123	0,147	-0,045	0,013

Vedlegg A Eikremtunnelen

Borenøyaktighet

Salvenummer	Ansett avvik(1)	Retningsavvik(1)	Ansettavvik(2)	Retningsavvik(2)
1028	-	-	-	-
1033	0,141	0,159	-0,027	-0,006
1038	0,154	0,171	0,022	0,024
1043	0,107	0,131	0,098	0,096
1047	0,140	0,184	0,035	0,109
1052	0,125	0,291	0,084	0,228
1057	0,150	0,164	0,011	0,063
1062	0,120	0,209	0,108	0,172
1068	0,117	0,200	0,100	0,200
1074	0,119	0,228	0,101	0,202
1079	0,127	0,272	0,099	0,251
1083	0,103	0,141	0,029	0,052
1089	0,108	0,213	0,068	0,185
1094	0,101	0,121	-0,032	0,031
1099	0,116	0,255	0,084	0,201
1103	0,095	0,151	0,023	0,059
1109	0,170	0,327	0,159	0,300
1114	0,088	0,149	0,059	0,077
1119	0,124	0,223	0,093	0,171
1124	0,095	0,111	-0,019	-0,003
1130	0,097	0,129	-0,008	0,025
1135	0,096	0,147	-0,038	-0,011
1139	0,168	0,171	-0,068	-0,042
1143	0,156	0,166	-0,055	0,054
1148	0,152	0,157	-0,029	0,115
1153	0,144	0,166	0,017	0,107
1159	0,138	0,132	-0,046	0,118
1164	0,121	0,191	0,085	0,191
1167	0,130	0,283	0,063	0,222
1171	-	-	-	-
1174	-	-	-	-
1177	-	-	-	-
1180	-	-	-	-
1183	-	-	-	-
1186	0,142	0,300	0,119	0,300
1189	0,151	0,143	-0,022	-0,007
1193	0,143	0,099	-0,072	0,014
1196	0,181	0,161	-0,112	0,130
1199	0,153	0,147	-0,017	0,120
1202	0,144	0,155	-0,046	0,068
1205	0,186	0,108	-0,078	0,041
1208	0,155	0,550	0,134	0,539
1212	0,144	0,154	-0,030	0,072
1217	0,166	0,259	0,126	0,199
1222	0,149	0,250	0,131	0,198
1228	0,147	0,274	0,051	0,212
1232	-	-	-	-
1237	0,196	0,283	0,095	0,283
1242	-	-	-	-
1247	0,201	0,572	0,201	0,572
1251	0,408	0,377	-0,027	0,209
1256	0,180	0,146	-0,075	-0,010
1265	0,141	0,173	-0,053	0,019
1271	0,092	0,164	0,017	0,036
1274	-	-	-	-

Vedlegg A Eikremtunnelen**Borenøyaktighet**

Salvenummer	Ansett avvik(1)	Retningsavvik(1)	Ansettavvik(2)	Retningsavvik(2)
1276	-	-	-	-
1281	0,232	0,327	0,216	0,311
1285	0,144	0,217	0,081	0,116
1290	0,343	0,497	0,211	0,487
1295	0,258	0,496	0,222	0,454
1298	0,207	0,371	0,082	0,207
1301	0,236	0,335	0,094	0,162
1304	0,152	0,178	0,052	0,057
1307	0,209	0,291	0,191	0,237
1310	0,221	0,309	0,130	0,247
1313	0,279	0,400	0,269	0,400
1316	0,146	0,276	0,097	0,236
1319	0,182	0,330	0,167	0,330
1322	0,246	0,392	0,233	0,392
1327	0,249	0,439	0,229	0,439
1330	0,250	0,425	0,229	0,425
1333	0,158	0,195	0,139	0,167
1336	0,167	0,341	0,137	0,293
1340	0,183	0,254	0,157	0,237
1343	0,184	0,286	0,159	0,262
1347	0,208	0,305	0,203	0,303
1351	0,174	0,324	0,148	0,307
1353	0,169	0,282	0,128	0,234
1357	0,171	0,311	0,157	0,297
1360	0,106	0,318	0,052	0,233
1362	0,145	0,251	0,045	0,206
1365	0,122	0,187	-0,018	0,103
1369	0,103	0,215	0,017	0,159
1372	0,192	0,240	0,061	0,197
1375	0,131	0,278	0,047	0,183
1379	0,195	0,358	0,079	0,252
1382	0,157	0,202	0,026	0,136
1385	0,145	0,230	0,068	0,153
1388	0,149	0,232	0,039	0,169
1391	0,194	0,347	0,113	0,218
1396	0,182	0,198	0,024	0,124
1400	0,317	0,442	0,317	0,442
1406	0,164	0,369	0,145	0,323
1408	0,160	0,370	0,121	0,274
1412	0,157	0,330	0,101	0,223
1416	0,212	0,216	-0,055	0,165
1419	0,202	0,249	-0,009	0,139
1423	0,202	0,270	0,016	0,194
1426	0,104	0,153	0,042	0,016
1430	0,249	0,270	-0,082	0,130
1435	0,143	0,359	-0,002	0,325
1442	0,149	0,347	0,036	0,290
1446	0,142	0,336	0,109	0,250

Vedlegg A Eikremtunnelen**Sprekkekartlegging****Novapoint****Diskontinuitetsdata**

Tunnelprosjekt:

C:\TUNNELER\StorKRIFAST\Eikremtunnelen\Tunnel\Eikremtunnelen_10100_prosjekt.xml

Tunnelmodell:

C:\TUNNELER\StorKRIFAST\Eikremtunnelen\Tunnel\Eikremtunnelen_10100_geometri.xml

Vegmodell:

C:\TUNNELER\StorKRIFAST\Veg\10100

Utskriftsdato:

28.02.12 10:33

Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til		Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til	
	Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjæringsvi nkel [grader]	Fall høyre [grader]		Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjæringsvi nkel [grader]	Fall høyre [grader]
492,9	233	60	115	60	843,2		90		90
493,1	154	40	36	40	843,6	245	90	110	90
503,3	149	40	30	40	848,1	220	80	85	80
503,5	20	90	261	90	848,6	125	90	350	90
508,7	149	70	30	70	852,2	125	90	350	90
603,7	134	90	10	90	856,1	220	85	85	85
604,9	124	85	0	85	858,2	180	65	45	65
611,6	154	90	30	90	858,2	90	45	315	45
612,0	214	90	90	90	861,2	180	45	45	45
612,3	169	90	45	90	862,8	210	75	75	75
621,4	199	0	75	0	863,0	120	90	345	90
622,4	114	85	350	85	864,4	35	85	260	85
623,1	154	80	30	80	865,1	106	45	330	45
623,6	199	30	75	30	867,7	326	90	190	90
628,7	185	60	60	60	871,0	46	80	270	80
630,8	170		45		871,3	146	90	10	90
637,5	160		35		872,1	111	50	335	50
643,2	125		0		877,3	111	50	335	50
643,2	145		20		878,5	206	65	70	65
643,4	110	90	345	90	883,3	221	35	85	35
652,7	156		30		883,4	106	60	330	60
663,1	326	90	200	90	895,3	47	90	270	90
677,5	157	90	30	90	896,6	112	45	335	45
683,2	167	90	40	90	896,7	177	60	40	60
695,9	208	40	80	40	896,9	357	80	220	80
697,5	338	90	210	90	899,0	132	90	355	90
703,5	228	50	100	50	903,7	217	80	80	80
709,9	199	45	71	45	907,8	132	90	355	90
717,9	249	45	120	45	912,5	148	90	10	90
718,1	194	30	65	30	913,4	218	80	80	80
723,2	270	80	141	80	915,0	168	50	30	50
723,5	269	80	140	80	916,9	213	70	75	70
723,5	199	43	70	43	918,8	158	90	20	90
727,7	119	90	350	90	921,1	173	65	35	65
729,9	119	90	350	90	922,8	133	90	355	90
735,5	130	90	0	90	923,0	218		80	
736,9	210	80	80	80	927,0	48	75	270	75
738,7	285	60	155	60	928,7	133	85	355	85
741,1	230	80	100	80	932,9	214	80	75	80
745,4	215	30	85	30	934,2	19	80	240	80
745,8	235	30	105	30	934,2	34	70	255	70
750,3	230	45	100	45	936,3	104	60	325	60
754,3	115		345		936,4	49	75	270	75
754,5	140	90	10	90	938,6	29	80	250	80
758,9	101		330		938,9	119	70	340	70
776,5	152	90	21	90	946,5	269	90	130	90
785,8	32	60	260	60	947,4	229	90	90	90
788,0	92	60	320	60	947,6	229	90	90	90
788,1	250	35	118	35	948,1	179	90	40	90
796,7	222	90	90	90	948,3	179	90	40	90
811,2	223	90	90	90	952,4	275	55	135	55
818,0	313	90	180	90	957,4	140	90	0	90
822,4	109	45	335	45	958,7	130	80	350	80
826,3	314	90	180	90	961,8	160	85	20	85
836,1	309	90	175	90	962,0	150	90	10	90
838,8	214	90	80	90	967,5	140	90	0	90
839,3	204	80	70	80	969,0	290	75	150	75

Vedlegg A Eikremtunnelen**Sprekkekartlegging**

Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til		Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til	
	Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjæringsvi nkel [grader]	Fall høyre [grader]		Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjæringsvi nkel [grader]	Fall høyre [grader]
969,5	185	75	45	75	1 046,3	274	35	130	35
976,5	321	90	180	90	1 052,2	29	50	245	50
979,0	221	80	80	80	1 052,4	224	5	80	5
979,4	321	90	180	90	1 055,7	264	10	120	10
983,2	231	0	90	0	1 056,0	264	5	120	5
983,6	341	80	200	80	1 056,3	214	80	70	80
984,3	101	60	320	60	1 056,7	114	80	330	80
984,7	256	80	115	80	1 062,6	230	10	85	10
989,5	141	90	0	90	1 062,6	135	85	350	85
989,6	141	90	0	90	1 063,0	125	80	340	80
994,3	351	45	210	45	1 065,0	270	80	125	80
995,0	141	90	0	90	1 162,2	309	75	160	75
995,0	141	90	0	90	1 162,7	254	25	105	25
996,0	292	80	150	80	1 162,9	44	70	255	70
1 000,6	282	70	140	70	1 165,5	319	75	170	75
1 000,6	187	60	45	60	1 166,2	4	75	215	75
1 002,6	267	90	125	90	1 166,2	169	80	20	80
1 002,8	212	75	70	75	1 166,3	149	90	0	90
1 004,4	292	60	150	60	1 166,3	129	75	340	75
1 008,6	142	50	0	50	1 166,4	239	20	90	20
1 009,2	272	65	130	65	1 166,5	334	80	185	80
1 010,6	272	90	130	90	1 066,6	130	75	345	75
1 011,4	142	50	0	50	1 067,1	315	70	170	70
1 013,3	232	5	90	5	1 067,6	270	75	125	75
1 014,4	242	5	100	5	1 073,0	230	60	85	60
1 014,7	272	80	130	80	1 075,4	120	90	335	90
1 015,2	262	5	120	5	1 079,9	285	70	140	70
1 015,9	82	80	300	80	1 081,3	190	55	45	55
1 016,2	202	75	60	75	1 081,9	230	50	85	50
1 016,8	312	5	170	5	1 087,5	266	90	120	90
1 017,1	232	75	90	75	1 087,7	266	90	120	90
1 018,0	333	70	190	70	1 087,9	176	60	30	60
1 020,3	153	10	10	10	1 091,5	196	60	50	60
1 020,7	123	75	340	75	1 092,1	291	60	145	60
1 023,2	168	20	25	20	1 092,4	181	90	35	90
1 023,2	123	50	340	50	1 101,0	61	10	275	10
1 023,9	298	20	155	20	1 101,9	156	90	10	90
1 025,7	130	65	347	65	1 102,1	306	60	160	60
1 026,0	318	5	175	5	1 102,4	176	90	30	90
1 026,5	310	75	167	75	1 111,6	47	30	260	30
1 026,5	320	65	177	65	1 112,0	47	30	260	30
1 026,5	138	90	355	90	1 112,2	77	30	290	30
1 026,8	120	65	337	65	1 113,9	162	80	15	80
1 028,9	128	75	345	75	1 121,0	172	90	25	90
1 029,2	303	70	160	70	1 121,3	193	45	46	45
1 030,0	38	80	255	80	1 121,6	268	45	121	45
1 030,4	213	20	70	20	1 122,4	158	90	11	90
1 030,7	313	70	170	70	1 123,4	268	45	121	45
1 031,0	323	70	180	70	1 123,6	218	30	71	30
1 031,0	318	75	175	75	1 126,3	267	30	120	30
1 031,9	238	45	95	45	1 126,8	158	90	10	90
1 032,6	323	65	180	65	1 128,2	218	30	70	30
1 032,8	63	65	280	65	1 130,8	230	40	82	40
1 034,5	123	90	340	90	1 131,0	228	30	80	30
1 035,8	123	90	340	90	1 131,0	308	60	160	60
1 036,6	148	90	5	90	1 131,9	230	40	82	40
1 036,7	148	90	5	90	1 132,7	48	80	260	80
1 037,0	123	90	340	90	1 133,4	218	30	70	30
1 043,2	259	10	115	10	1 133,4	238	15	90	15
1 043,5	29	90	245	90	1 135,6	238	75	90	75
1 043,6	133	70	349	70	1 136,1	348	75	200	75
1 044,4	29	50	245	50	1 136,7	238	25	90	25
1 044,7	39	75	255	75	1 138,3	238	15	90	15
1 046,2	133	70	349	70	1 139,8	328	45	180	45

Vedlegg A Eikremtunnelen
Sprekkekartlegging

Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til	
	Strek [grader]	Fall høyre [grader]	Skjæringsvi- nkel [grader]	Fall høyre [grader]
1 406,6	321	75	180	75
1 407,7	256	20	115	20
1 407,8	61	85	280	85
1 409,3	56	85	275	85
1 409,5	141	90	0	90
1 409,8	141	90	0	90
1 412,8	146	90	5	90
1 413,6		90		90
1 417,1	160	90	20	90
1 417,1	155	90	15	90
1 417,1	140	90	0	90
1 419,0	135	80	355	80
1 420,8	145	90	5	90
1 420,9	215	80	75	80
1 422,7	320	90	180	90
1 423,0	320	90	180	90
1 423,4	315	90	175	90
1 423,7	320	90	180	90
1 423,7	30	15	250	15
1 424,4	25	60	245	60
1 424,4				
1 426,9	324	90	185	90
1 427,9	324	90	185	90
1 428,1	324	90	185	90
1 428,5	324	90	185	90
1 428,8	75	50	296	50
1 429,3	10	30	231	30
1 431,9	290	35	151	35
1 433,2	314	90	175	90
1 433,5	314	85	175	85
1 436,5	141	90	3	90
1 436,6	148	90	10	90
1 437,5	198	30	60	30
1 437,9	63	30	285	30
1 440,2	128	80	350	80
1 440,4	143	90	5	90
1 441,1	143	90	5	90
1 441,2	258	20	120	20
1 441,5	193	30	55	30
1 443,6	138	70	0	70
1 444,2	133	75	355	75
1 444,9	313	85	175	85
1 445,1	133	85	355	85
1 445,3	228	25	90	25
1 447,3	142	80	5	80
1 447,5	134	80	357	80
1 448,3	107	85	330	85
1 449,1	97	90	320	90
1 449,3	237	85	100	85
1 449,7	227	30	90	30

Vedlegg A Eikremtunnelen

Foliasjonskartlegging

Novapoint

Foliasjon

Tunnelprosjekt:

C:\TUNNELER\StorKRIFAST\Eikremtunnelen\Tunnel\Eikremtunnelen_10100_prosjekt.xml

Tunnelmodell:

C:\TUNNELER\StorKRIFAST\Eikremtunnelen\Tunnel\Eikremtunnelen_10100_geometri.xml

Vegmodell:

C:\TUNNELER\StorKRIFAST\Eikremtunnelen\Veg\10100

Utskriftsdato:

28.02.12 10:34

Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til		Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til	
	Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjærings vinkel [grader]	Fall høyre [grader]		Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjærings vinkel [grader]	Fall høyre [grader]
511,5	339	50	220	50	848,6	215	45	80	45
512,1	229	45	110	45	853,6	215	35	80	35
512,7	229	30	110	30	856,3	215	35	80	35
521,8	180	70	60	70	858,9	180	65	45	65
532,0	210	90	90	90	861,6	180	45	45	45
533,2	210	90	90	90	862,9	235		100	
543,3	211	45	90	45	866,3	216	25	80	25
547,2	211		90		867,5	256	25	120	25
547,3	211	90	90	90	873,1	216	45	80	45
553,2	211	35	90	35	878,9	206	50	70	50
556,2	211		90		883,5	221	35	85	35
557,8	211	35	90	35	896,8	307	15	170	15
597,2	173		50		906,7	322	15	185	15
598,2	213	70	90	70	911,4	323	15	185	15
598,5	258		135		921,1	243	30	105	30
607,3	214	80	90	80	933,1	249	25	110	25
612,1	214	80	90	80	942,8	139	75	0	75
615,6	199	45	75	45	952,0	180	60	40	60
616,4	214	70	90	70	956,6	150	85	10	85
632,0	205		80		963,0	300		160	
637,1	205		80		968,5	180	70	40	70
637,6	160		35		980,5	276		135	
642,9	215		90		983,8	260	40	119	40
643,2	185		60		991,2	251	80	110	80
643,7	155		30		992,2	181	60	40	60
649,9	216	45	90	45	992,2	141	0	0	0
652,9	166		40		995,1	141	90	0	90
662,7	286		160		999,1	272	15	130	15
663,0	151		25		1 001,0	247	10	105	10
664,3	201		75		1 003,1	142	5	0	5
676,9	167		40		1 003,5	142	0	0	0
677,6	212	60	85	60	1 006,3	292	7	150	7
683,1	207	60	80	60	1 006,5	342	5	200	5
688,6	217	60	90	60	1 006,6	32	5	250	5
721,6	209	30	80	30	1 011,8	232	5	90	5
730,1	214	45	85	45	1 012,6	212	5	70	5
740,9	220		90		1 012,7	252	5	110	5
750,2	230		100		1 020,2	173	5	30	5
753,0	235	40	105	40	1 020,3	243	5	100	5
758,2	246	45	115	45	1 024,1	238	15	95	15
759,2	221		90		1 024,5	223	10	80	10
768,7	221		90		1 025,1	233	10	90	10
775,0	221	50	90	50	1 028,5	220	35	77	35
783,5	252	30	120	30	1 043,8	259	10	115	10
784,0	252	30	120	30	1 051,3	264	40	120	40
788,1	250	35	118	35	1 051,6	189	25	45	25
798,2	222	45	90	45	1 054,7	269	20	125	20
808,6	223	45	90	45	1 054,9	184	25	40	25
811,5	223	45	90	45	1 056,7	264	5	120	5
816,1	223	45	90	45	1 059,4	219	10	75	10
823,1	224	45	90	45	1 059,5	249	10	105	10
826,2	224	45	90	45	1 062,3	230	50	85	50
830,9	130		356		1 067,1	145	0	0	0
835,8	274	40	140	40	1 071,3	260	30	115	30
838,3	199	30	65	30	1 072,4	220	30	75	30
840,8	209	30	75	30	1 072,7	250	30	105	30
840,9	254	30	120	30	1 083,0	300	65	154	65

Vedlegg A Eikremtunnelen

Foliasjonskartlegging

Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til		Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til	
	Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjærings vinkel [grader]	Fall høyre [grader]		Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjærings vinkel [grader]	Fall høyre [grader]
1 086,0	236	60	90	60	1 376,5	234	50	90	50
1 088,0	276	60	130	60	1 403,9	242	15	100	15
1 092,0	236	0	90	0	1 407,3	241	30	100	30
1 102,4	236	0	90	0	1 409,9	231	30	90	30
1 116,6	247	30	100	30	1 413,5	244	30	103	30
1 127,4	238	0	90	0	1 417,3	245	30	105	30
1 127,6	238	0	90	0	1 417,3	215	30	75	30
1 129,5	230	40	82	40	1 420,9	215	30	75	30
1 131,2	230	40	82	40	1 423,1	215	15	75	15
1 150,1	149	0	0	0	1 426,0	245	30	106	30
1 157,9	90	40	301	40	1 426,5	260	30	121	30
1 166,4	244	30	95	30	1 431,3	245	35	106	35
1 168,2	239	40	90	40	1 431,7	220	30	81	30
1 169,5	239	35	90	35	1 436,1	273	30	135	30
1 175,0	240	70	90	70	1 436,6	218	30	80	30
1 178,1	235	45	85	45	1 440,3	218	10	80	10
1 182,1	245	60	95	60	1 443,6	228	25	90	25
1 185,1	245	50	95	50	1 443,9	243	15	105	15
1 193,4	265		115		1 447,1	212	30	75	30
1 193,5	290	45	140	45	1 448,2	227	30	90	30
1 194,1	195	30	45	30					
1 197,8	330	10	180						
1 199,5	195	30	45	30					
1 202,6	150	20	0	20					
1 203,7	265	5	115	5					
1 205,5	220	60	70	60					
1 209,7	235	10	85	10					
1 213,6	235	50	85	50					
1 222,0	240	50	89	50					
1 224,2	246	50	95	50					
1 227,7									
1 228,0	241	50	90	50					
1 233,0	241	50	90	50					
1 238,5	251	45	100	45					
1 248,1	241	0	90	0					
1 250,0	241	0	90	0					
1 262,4	271		120						
1 263,9	151	0	0	0					
1 267,3	266		115						
1 269,5	241		90						
1 273,6	241	0	90	0					
1 276,8	240	40	89	40					
1 278,0	291	25	140	25					
1 280,0	281	45	130	45					
1 283,3	241	40	90	40					
1 290,9	240	40	90	40					
1 292,1	240	40	90	40					
1 292,5	240	40	90	40					
1 294,5	240	40	90	40					
1 297,4	240	40	90	40					
1 298,1	240	40	90	40					
1 302,6	245	30	95	30					
1 309,0	240	30	90	30					
1 311,5	239	40	90	40					
1 317,4	239	40	90	40					
1 317,5	239	40	90	40					
1 325,1	269		120						
1 352,3	236	30	90	30					
1 352,5	246	30	100	30					
1 358,0	246	30	100	30					
1 360,7	236	40	90	40					
1 363,3	235	50	90	50					
1 367,4	235	50	90	50					
1 370,6	240	45	95	45					
1 373,8	234	60	90	60					

Vedlegg B Oppdølstrandatunnelen**Sprekkekartlegging**

Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til tunnellinje med stigende profilnummer		Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til tunnellinje med stigende profilnummer	
	Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjærings vinkel [grader]	Fall høyre [grader]		Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjærings vinkel [grader]	Fall høyre [grader]
3 055,550	148	55	330	55	3 172,3	168	60	350	60
3 055,650	228	80	50	80	3 172,6	195	70	17	70
3 058,180	173	80	355	80	3 175,3	310	60	132	60
3 058,430	166	80	348	80	3 176,7	145	65	327	65
3 059,330	333	70	155	70	3 181,8	270		92	
3 060,920	48	80	230	80	3 181,9	150	80	332	80
3 061,100	350	60	172	60	3 182,3	150	80	332	80
3 063,480	158	60	340	60	3 197,3	140	70	322	70
3 064,200	165	50	347	50	3 197,3	0	0	182	0
3 065,690	173	80	355	80	3 197,6	20	70	202	70
3 068,000	20	80	202	80	3 202,3	0	0	182	0
3 068,430	150	70	332	70	3 202,9	140	70	322	70
3 068,660	10	80	192	80	3 203,2	20	70	202	70
3 069,230	130	60	312	60	3 207,9	150	80	332	80
3 073,240	165	50	347	50	3 209,7	20	80	202	80
3 073,380	13	88	195	88	3 209,7	200	70	22	70
3 075,050	13	80	195	80	3 216,9	170	80	352	80
3 075,220	13	80	195	80	3 217,9	150	70	332	70
3 076,250	165	50	347	50	3 218,3	350	80	172	80
3 077,930	130	60	312	60	3 222,6	320	80	142	80
3 078,530	80	10	262	10	3 222,8	200	80	22	80
3 078,590	50	50	232	50	3 222,8	150	70	332	70
3 082,610	300	70	122	70	3 227,0	310	80	132	80
3 082,670	70	40	252	40	3 227,3	270		92	
3 088,270	300	70	122	70	3 227,9	310	80	132	80
3 089,140	145	60	327	60	3 232,7	50	50	232	50
3 089,200	90	90	272	90	3 233,3	180	70	2	70
3 089,860	135	35	317	35	3 233,5	120	40	302	40
3 094,410	200	80	22	80	3 237,6	130	40	312	40
3 094,550	150	70	332	70	3 237,8	15	90	197	90
3 094,840	120	50	302	50	3 238,2	10	70	192	70
3 098,940	150	75	332	75	3 238,5	85	80	267	80
3 099,090	110	60	292	60	3 242,3	40	60	222	60
3 099,670	120	50	302	50	3 243,3	350	80	172	80
3 102,550	350	80	172	80	3 246,5	85	90	267	90
3 103,530	340	80	162	80	3 247,6	215	50	37	50
3 108,240	310	50	132	50	3 248,8	70	45	252	45
3 108,470	340	80	162	80	3 252,3	300	35	122	35
3 112,450	150	80	332	80	3 252,8	340	80	162	80
3 113,500	150	80	332	80	3 257,1	40	70	222	70
3 118,210	50	45	232	45	3 257,3	250	60	72	60
3 119,030	140	80	322	80	3 257,4	340	80	162	80
3 122,950	0	0	182	0	3 261,5	200	70	22	70
3 128,760	345	50	167	50	3 261,6	40	60	222	60
3 131,970	25	30	207	30	3 262,5	140	80	322	80
3 132,080	170	50	352	50	3 266,9	200	70	22	70
3 132,080	300	75	122	75	3 267,4	140	80	322	80
3 133,610	145	45	327	45	3 268,0	250	60	72	60
3 136,920	320	45	142	45	3 272,5	300	60	122	60
3 137,110	345	50	167	50	3 272,6	120	80	302	80
3 137,710	145	70	327	70	3 277,3	85	90	267	90
3 142,090	240	45	62	45	3 280,7	115	68	297	68
3 143,450	160	75	342	75	3 281,2	115	80	297	80
3 143,890	310	70	132	70	3 286,5	315	35	137	35
3 146,520	120	60	302	60	3 286,7	142	90	324	90
3 148,340	300	75	122	75	3 289,2	135	90	317	90
3 148,710	100	30	282	30	3 292,0	268	75	90	75
3 151,860	200	25	22	25	3 292,3	140	90	322	90
3 152,440	300	65	122	65	3 292,7	210	54	32	54
3 152,480	330	20	152	20	3 296,8	65	75	247	75
3 157,410	300	60	122	60	3 297,1	110	90	292	90
3 163,010	160	60	342	60	3 303,1	35	50	217	50
3 163,510	18	20	200	20	3 303,4	80	80	262	80
3 163,860	160	60	342	60	3 303,4	190	80	12	80
3 167,240	156	60	338	60	3 314,9	148	80	330	80
3 167,530	165	60	347	60	3 315,8	200	65	22	65
3 172,230	168	60	350	60	3 320,2	150	80	332	80

Vedlegg B Oppdølstrandatunnelen

Sprekkekartlegging

Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til tunnellinje med stigende profilnummer		Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til tunnellinje med stigende profilnummer	
	Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjærings vinkel [grader]	Fall høyre [grader]		Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjærings vinkel [grader]	Fall høyre [grader]
3 323,770	157	85	339	85	3 453,7	83	80	265	80
3 323,810	335	70	157	70	3 454,9	3	80	185	80
3 328,080	158	75	340	75	3 456,3	3	30	185	30
3 328,480	178	40	360	40	3 458,2	113	75	295	75
3 328,680	168	60	350	60	3 459,2	320	75	142	75
3 329,680	78	80	260	80	3 459,6	83	80	265	80
3 337,830	140	60	322	60	3 460,6	53	70	235	70
3 338,300	0	90	182	90	3 460,9	83	75	265	75
3 338,950	10	40	192	40	3 461,3	72	70	254	70
3 342,410	70	85	252	85	3 462,8	70	70	252	70
3 345,150	45	80	227	80	3 463,1	138	90	320	90
3 347,760	180	60	2	60	3 465,6	140	75	322	75
3 347,810	38	75	220	75	3 468,4	140	90	322	90
3 348,490	40	80	222	80	3 469,4	140	90	322	90
3 351,790	320	60	142	60	3 470,5	85	85	267	85
3 353,240	40	70	222	70	3 470,6	80	85	262	85
3 359,880	40	80	222	80	3 471,2	240	80	62	80
3 360,820	340	80	162	80	3 475,0	342	65	164	65
3 366,910	340	80	162	80	3 475,2	146	85	328	85
3 367,160	40	70	222	70	3 475,7	135	50	317	50
3 369,890	40	80	222	80	3 477,8	83	80	265	80
3 371,260	320	80	142	80	3 477,8	145	85	327	85
3 372,030	340	80	162	80	3 485,0	120	80	302	80
3 375,890	340	80	162	80	3 485,5	110	65	292	65
3 376,650	40	70	222	70	3 489,2	154	56	336	56
3 376,650	200	70	22	70	3 490,1	75	40	257	40
3 382,190	120	80	302	80	3 490,9	103	60	285	60
3 382,770	340	80	162	80	3 497,5	145	45	327	45
3 382,990	30	80	212	80	3 498,6	70	80	252	80
3 385,570	290	80	112	80	3 498,8	90	85	272	85
3 386,780	345	80	167	80	3 503,2	105	58	287	58
3 386,980	240	65	62	65	3 503,6	10	10	192	10
3 392,070	325	22	147	22	3 503,8	90	90	272	90
3 392,070	214	80	36	80	3 510,4	100	90	282	90
3 392,360	120	75	302	75	3 510,5	120	85	302	85
3 392,680	75	75	257	75	3 515,2	30	80	212	80
3 395,830	310	80	132	80	3 516,7	70	50	252	50
3 396,000	298	80	120	80	3 520,9	125	75	307	75
3 398,140	295	80	117	80	3 521,2	210	60	32	60
3 402,840	320	80	142	80	3 521,2	350	90	172	90
3 406,570	115	80	297	80	3 525,2	340	80	162	80
3 406,930					3 526,2	20	75	202	75
3 407,290	222	75	44	75	3 530,6	120	60	302	60
3 412,930	340	80	162	80	3 534,0	25	60	207	60
3 414,250	110	58	292	58	3 535,6	30	80	212	80
3 416,000	340	60	162	60	3 536,4	120	60	302	60
3 421,360	5	50	187	50	3 542,4	85	90	267	90
3 421,670	180	65	2	65	3 542,7	40	40	222	40
3 422,500	358	35	180	35	3 543,6	115	60	297	60
3 425,600	180	80	2	80	3 547,1	40	60	222	60
3 425,690	153	30	335	30	3 547,4	150	80	332	80
3 429,720	180	65	2	65	3 551,6	90		272	
3 429,910	20	75	202	75	3 552,1	50	60	232	60
3 432,520	180	60	2	60	3 553,0	150	80	332	80
3 432,580	0	40	182	40	3 555,6	340	80	162	80
3 434,270	178	80	360	80	3 555,9	200	75	22	75
3 434,660	128	60	310	60	3 556,2	40	60	222	60
3 438,470	175	60	357	60	3 556,6	150	80	332	80
3 439,300	85	80	267	80	3 561,0	150	80	332	80
3 443,690	330	60	152	60	3 561,6	170	80	352	80
3 443,880	170	60	352	60	3 562,3	30	75	212	75
3 444,130	0	40	182	40	3 567,4	60		242	
3 444,220	180	60	2	60	3 568,6	110		292	
3 445,630	85	80	267	80	3 570,9	20	90	202	90
3 449,220	95	75	277	75	3 571,4	30	80	212	80
3 450,290	178	60	360	60	3 572,6	120	60	302	60
3 453,030	175	60	357	60	3 576,5	170	80	352	80

Vedlegg B Oppdølstrandatunnelen

Sprekkekartlegging

Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til tunnellinje med stigende profilnummer		Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til tunnellinje med stigende profilnummer	
	Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjærings vinkel [grader]	Fall høyre [grader]		Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjærings vinkel [grader]	Fall høyre [grader]
3 580,670	20	80	202	80	3 720,4	90		272	
3 585,950	90	0	272	0	3 721,3	50	40	232	40
3 586,160	120	80	302	80	3 723,1	350	80	172	80
3 587,230	140	70	322	70	3 726,2	70	70	252	70
3 591,330	140	70	322	70	3 727,6	335	85	157	85
3 592,220	170	80	352	80	3 729,5	70	70	252	70
3 592,750	20	80	202	80	3 731,9	70	70	252	70
3 596,520	20	80	202	80	3 732,9	208	40	30	40
3 597,670	170	75	352	75	3 733,3	208	55	30	55
3 598,250	40	80	222	80	3 733,9	325	80	147	80
3 602,530	150	75	332	75	3 736,9	13	80	195	80
3 603,230	130	35	312	35	3 737,2	13	90	195	90
3 607,820	140	70	322	70	3 737,3	70	70	252	70
3 607,940		90		90	3 742,7	10	80	192	80
3 611,230	228	25	50	25	3 743,7	150	80	332	80
3 611,530	30	85	212	85	3 746,5	70	70	252	70
3 612,750	68	80	250	80	3 746,9	150	90	332	90
3 612,970	320	50	142	50	3 747,5	215	80	37	80
3 613,180	228	20	50	20	3 747,9	150	75	332	75
3 613,250	338	80	160	80	3 753,1	70	70	252	70
3 617,340	350	90	172	90	3 753,4	350	90	172	90
3 617,600	95	75	277	75	3 756,6	75	70	257	70
3 621,890	330	60	152	60	3 758,5	163	90	345	90
3 622,900		90		90	3 758,6	163	90	345	90
3 626,170	120	60	302	60	3 759,3	80	70	262	70
3 626,250	286	40	108	40	3 761,6	198	80	20	80
3 631,390	335	80	157	80	3 763,0	143	50	325	50
3 631,760	335	80	157	80	3 763,5	343	90	165	90
3 637,030	25	60	207	60	3 766,6	130	55	312	55
3 637,430	340	75	162	75	3 767,0	188	80	10	80
3 638,190	120	50	302	50	3 768,2	160	70	342	70
3 641,160	210	80	32	80	3 768,6	158	80	340	80
3 642,230	120	80	302	80	3 770,2	158	80	340	80
3 645,650	98	90	280	90	3 772,8	155	78	337	78
3 647,940	120	50	302	50	3 772,8	156	68	338	68
3 648,530	160	60	342	60	3 773,0	130	90	312	90
3 654,440	120	90	302	90	3 776,9	98	80	280	80
3 658,170	310	60	132	60	3 777,4	148	70	330	70
3 658,310	160	70	342	70	3 777,9	148	80	330	80
3 659,500	125	90	307	90	3 778,2	183	42	5	42
3 662,810	85	65	267	65	3 779,7	148	55	330	55
3 663,320	350	85	172	85	3 782,7	120	25	302	25
3 664,090	50	70	232	70	3 783,6	150	70	332	70
3 667,380	40	60	222	60	3 783,9				
3 667,700	0	0	182	0	3 787,9	153	85	335	85
3 668,200	150	75	332	75	3 787,9	320	60	142	60
3 672,260	45	60	227	60	3 788,2	153	80	335	80
3 672,470	340	80	162	80	3 788,2	178	80	360	80
3 676,410	20	80	202	80	3 793,3	200	70	22	70
3 677,880	150	80	332	80	3 793,8	125	60	307	60
3 681,580	50	60	232	60	3 796,5	193	70	15	70
3 683,160	340	0	162	0	3 797,1	143	55	325	55
3 687,320	0	0	182	0	3 797,6	143	55	325	55
3 687,460	350	80	172	80	3 797,6	153	80	335	80
3 692,750	350	85	172	85	3 798,8	158	80	340	80
3 692,750	350	90	172	90	3 802,4	210	75	32	75
3 693,120	20	85	202	85	3 802,7	150	60	332	60
3 696,740	95	90	277	90	3 807,7	20	60	202	60
3 697,900	120	80	302	80	3 808,4	150	80	332	80
3 700,960	90		272		3 812,4	150	80	332	80
3 701,770	150	80	332	80	3 812,8	180	90	2	90
3 704,310	210	80	32	80	3 816,5	280	90	102	90
3 707,450	50	40	232	40	3 816,6	250	75	72	75
3 710,940	320	80	142	80	3 817,8	300	30	122	30
3 711,400	120	40	302	40	3 819,0	320	85	142	85
3 715,760	153	80	335	80	3 822,0	320	85	142	85
3 715,910	343	85	165	85	3 823,2	15	80	197	80

Vedlegg B Oppdølstrandatunnelen

Sprekkekartlegging

Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til tunnellinje med stigende profilnummer		Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til tunnellinje med stigende profilnummer	
	Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjærings vinkel [grader]	Fall høyre [grader]		Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjærings vinkel [grader]	Fall høyre [grader]
3 823,320	250	75	72	75	3 937,7	140	80	324	80
3 828,410	330	40	152	40	3 941,5	0	90	184	90
3 828,500	250	50	72	50	3 944,2	40	70	224	70
3 829,240	150	45	332	45	3 946,5	150	80	334	80
3 832,750	230	30	52	30	3 946,8	70	70	254	70
3 833,440	290	70	112	70	3 947,2	156	75	340	75
3 837,420	50	30	232	30	3 949,2	176	80	360	80
3 837,880	110	20	292	20	3 950,3	86	75	270	75
3 837,950	150	45	332	45	3 951,5	76	80	260	80
3 840,260	270	10	92	10	3 951,6	66	65	250	65
3 842,780	50	50	233	50	3 952,5	156	70	340	70
3 843,120	330	32	153	32	3 953,4	156	70	340	70
3 843,420	110	70	293	70	3 956,7	101	70	285	70
3 848,180	220	60	43	60	3 957,9	151	70	335	70
3 848,480	50	70	233	70	3 958,1	1	80	185	80
3 853,020	150	80	333	80	3 962,1	196	80	20	80
3 853,100	20	75	203	75	3 963,0	176	80	360	80
3 856,730	350	85	173	85	3 963,6	141	65	325	65
3 858,770	75	62	258	62	3 965,1	141	65	325	65
3 862,670	150	80	333	80	3 967,7	230	80	54	80
3 862,670	160	90	343	90	3 967,8	321	90	145	90
3 862,790	290	30	113	30	3 968,0	141	65	325	65
3 867,640	90		273		3 972,4	126	60	310	60
3 867,810	300	40	123	40	3 973,4	126	70	310	70
3 867,960	140	80	323	80	3 974,1	40	60	224	60
3 872,380	330	90	153	90	3 977,9	200	80	24	80
3 873,120	80	40	263	40	3 977,9	160	90	344	90
3 873,180	340	80	163	80	3 978,2	120	50	304	50
3 873,650	0	90	183	90	3 988,1	230	70	55	70
3 877,720	270	90	93	90	3 988,5	130	60	315	60
3 878,340	335	80	158	80	3 993,0	130	60	315	60
3 878,460	356	90	179	90	3 993,2	220	70	45	70
3 878,960	85	75	268	75	3 997,3	335	60	160	60
3 882,590	10	90	193	90	3 997,3	70	80	255	80
3 883,270	30	80	213	80	3 997,9	190	70	15	70
3 883,420	80	90	263	90	3 998,5	50	60	235	60
3 886,770	90	90	273	90	3 998,9	335	50	160	50
3 887,510	350	80	173	80	4 002,9	330	60	155	60
3 887,810	350	75	173	75	4 003,0	0	90	185	90
3 888,670	110	60	293	60	4 004,0	50	80	235	80
3 892,590	50	60	233	60	4 008,0	155	80	340	80
3 893,960	20	80	203	80	4 008,6	343	55	168	55
3 894,940	250	90	73	90	4 010,5	60	60	245	60
3 897,500	350	90	173	90	4 010,7	60	60	245	60
3 898,710	30	80	213	80	4 013,1	190	80	15	80
3 899,690	110	10	293	10	4 013,4	180	70	5	70
3 902,850	270	10	93	10	4 013,4	90	70	275	70
3 902,910	180	90	3	90	4 017,6	190	85	15	85
3 903,060	30	80	213	80	4 017,9	30	70	215	70
3 907,780	30	80	213	80	4 017,9	120	70	305	70
3 908,290	10	90	193	90	4 019,2	30	70	215	70
3 908,590	230	80	53	80	4 022,9	20	70	205	70
3 911,790	137	55	320	55	4 023,1	120	50	305	50
3 911,840	32	80	215	80	4 023,3	90	70	275	70
3 914,730	136	55	320	55	4 023,7	90	70	275	70
3 917,580	136	50	320	50	4 027,8	210	40	35	40
3 917,860	114	75	298	75	4 028,2	260	80	85	80
3 917,950	60	70	244	70	4 032,5	200	60	25	60
3 918,000	186	80	10	80	4 032,6	200	60	25	60
3 922,060	120	70	304	70	4 032,8	150	70	335	70
3 922,290	0	90	184	90	4 037,6	140	80	325	80
3 922,910	20	80	204	80	4 037,8	40	90	225	90
3 927,290	70	70	254	70	4 041,5	40	50	225	50
3 927,610	70	70	254	70	4 042,4	160	70	345	70
3 927,890	136	50	320	50	4 047,5	330	50	155	50
3 932,080	171	60	355	60	4 048,1	120	40	305	40
3 934,080	45	70	229	70	4 053,0	210	80	35	80

Vedlegg B Oppdølstrandatunnelen
Sprekkekartlegging

Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til tunnellinje med stigende profilnummer	
	Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjærings vinkel [grader]	Fall høyre [grader]
4 250,950	280	45	108	45
4 251,370	200	70	28	70
4 251,870	150	70	338	70
4 251,910	40	40	228	40
4 256,900	340	19	168	19
4 257,450	58	32	246	32
4 257,840	90	55	278	55
4 261,380	340	20	168	20
4 261,700	150	70	338	70
4 261,840	310	30	138	30
4 262,850	270	50	98	50
4 265,590	20	80	208	80
4 267,050	340	20	168	20
4 267,470	150	40	338	40
4 270,380	20	80	208	80
4 270,430	270	50	98	50
4 270,940	0	10	188	10
4 276,280	150	40	338	40
4 276,560	350	10	178	10
4 276,690	350	90	178	90
4 277,840	270	50	98	50
4 279,810	75	75	263	75
4 281,260	346	50	175	50
4 281,310	166	50	355	50
4 283,160	121	60	310	60
4 283,410	80	75	269	75
4 291,280	330	90	159	90
4 291,640	20	80	209	80
4 291,790	280	50	109	50
4 295,580	260	70	89	70
4 295,860	20	80	209	80
4 296,550	50	75	239	75
4 296,550	20	80	209	80

Vedlegg B Oppdølstrandatunnelen**Foliasjonkartlegging****Novapoint****Foliasjon**Tunneleprosjekt:
Tunnelmodell:C:\TUNNELER\Oppdølsstranda\Oppdølsstranda_10400_prosjekt.xml
O:\4Prosjekt43420 Prosjekt E39 Knutset-Høgset\Tunneler E39 - Rv 70\
Novapoint\Oppdølsstranda\Tunnel\Hovedløp\Oppdølsstranda_10400_geometri.xml
C:\TUNNELER\Oppdølsstranda\Veg\Hovedløp\10400Vegmodell:
Utskriftsdato:

22.03.12 18:21

Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til tunnellinje med stigende profilnummer		Profilnummer	Strøk relativt til nord		Strøk relativt til tunnellinje med stigende profilnummer	
	Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjæringsvinkel	Fall høyre [grader]		Strøk [grader]	Fall høyre [grader]	Skjæringsvinkel	Fall høyre [grader]
1 104,8	50	35	194	35	3 450,5	0	30	182	30
1 104,8	50	35	194	35	3 453,4	3	30	185	30
1 160,7	320	35	106	35	3 460,9	10	35	192	35
1 161,8	304	20	90	20	3 469,8	0	30	182	30
1 166,0	0	40	146	40	3 475,3	10	20	192	20
1 167,0	324	20	110	20	3 479,8	0	45	182	45
1 172,7	320	20	106	20	3 489,2	15	20	197	20
1 175,3	300	20	86	20	3 497,9	15	25	197	25
1 207,6	15	15	162	15	3 503,6	15	40	197	40
1 211,1	333	15	120	15	3 510,7	15	30	197	30
1 217,0	25	20	173	20	3 516,3	100	15	282	15
1 287,2	20	30	170	30	3 521,6	15	25	197	25
1 307,1	320	25	110	25	3 531,7	15	35	197	35
1 315,1	359	20	149	20	3 627,2	280	30	102	30
1 322,9	324	40	115	40	3 664,4	5	5	187	5
1 323,1	324	45	115	45	3 698,6	10	15	192	15
1 353,6	18	30	170	30	3 717,6	70	50	252	50
1 361,1	58	45	210	45	3 746,7	300	40	122	40
1 428,1	6	30	160	30	3 766,4	340	40	162	40
2 523,3	9	15	185	15	3 798,3	323	40	145	40
2 557,6	355	15	172	15	3 912,2	340	40	163	40
2 627,9	327	25	145	25	3 948,4	336	25	160	25
2 644,0	327	30	145	30	3 953,6	350	30	174	30
2 648,7	332	25	150	25	3 954,1	350	30	174	30
2 658,4	348	25	166	25	3 959,4	341	20	165	20
2 658,4	348	25	166	25	3 964,3	326	25	150	25
2 692,2	341	25	160	25	4 073,0	10	25	196	25
2 829,4	359	30	180	30	4 117,8	344	40	170	40
2 858,4	339	25	160	25	4 143,4	338	25	165	25
2 895,6	50	70	232	70	4 148,0	323	25	150	25
2 980,8	63	30	245	30	4 152,1	323	25	150	25
2 985,7	12	20	194	20	4 171,4	333	20	160	20
2 991,7	20	30	202	30	4 182,4	338	15	165	15
3 031,6	8	30	190	30	4 257,8	326	18	154	18
3 037,7	10	30	192	30	4 279,7	342	30	170	30
3 043,7	33	35	215	35	4 280,8	342	30	170	30
3 055,5	18	30	200	30					
3 058,8	18	30	200	30					
3 061,0	18	30	200	30					
3 065,5	18	30	200	30					
3 075,9	18	30	200	30					
3 076,2	18	30	200	30					
3 098,6	355	10	177	10					
3 157,8	10	15	192	15					
3 162,6	8	15	190	15					
3 174,3	40	50	222	50					
3 176,6	10	22	192	22					
3 276,7	15	36	197	36					
3 320,0	15	25	197	25					
3 323,4	10	20	192	20					
3 326,8	8	30	190	30					
3 338,1	355	25	177	25					
3 402,1	10	40	192	40					
3 419,5	10	45	192	45					