

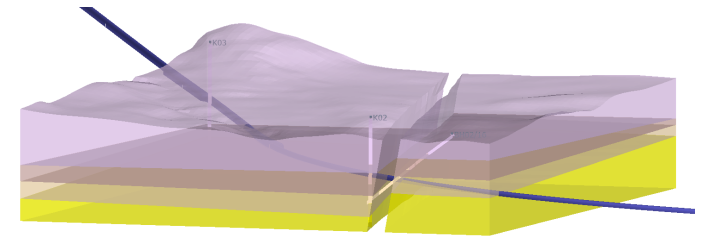
Johanne Garcia de Presno

**NTNU**  
Norges teknisk-naturvitenskapelige  
universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for geovitenskap og petroleum

Johanne Garcia de Presno

## 3D-geologisk modellering og inndriftsestimering av utvalgte deler av Krokskogtunnelen

Juni 2020







Kunnskap for en bedre verden

# 3D-geologisk modellering og inndriftsestimering av utvalgte deler av Krokskogtunnelen

**Johanne Garcia de Presno**

Tekniske geofag

Innlevert: Juni 2020

Hovedveileder: Eivind Grøv

Medveileder: Steinar Løve Ellefmo

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for geovitenskap og petroleum





## MASTEROPPGAVE - oppgavebeskrivelse

**Kandidatens navn:** Johanne Garcia de Presno  
**Oppgavens tittel:** 3D-geologisk modellering og inndriftsestimering av utvalgte deler av Krokskogtunnelen  
**English title:** 3D geological modelling and prediction of advance rate of specific areas of the Krokskogtunnel

### Utfyllende tekst:

1. Den 23 km lange Krokskogtunnelen er en del av den kommende Ringeriksbanen, med mulig byggestart i 2022. I denne oppgaven skal geologien omkring to områder av tunneltraseen 3D-modelleres. På bakgrunn av modellene vil netto og brutto inndrift estimeres for 250 utvalgte meter av tunneltraseen innenfor hvert område. De ferdigstilte modellene skal sammenlignes med Bane NORs geologiske modell over Krokskogtunnelen. Viktige elementer i oppgaven er:

- Bearbeiding av grunnundersøkelser (kjerneboringer) til modellen
- Modellering av de to områdene i Leapfrog Works
- Finne tidsestimater for fremdriftshemmende aktiviteter
- Benytte prognosemodellen Tunsim for estimering av netto inndrift
- Vurdere modellens gyldighet og nytteverdi

Sammenligne kandidatens modell med Bane NOR sin eksisterende geologiske modell

2. Oppgaven gjennomføres i samarbeid med Bane NOR, med Martin Austin Stormoen som kontaktperson. Ansvarlig faglærer og hovedveileder for oppgaven er prof. II Eivind Grøv, institutt for geovitenskap og petroleum. Medveileder er førsteamanuensis Steinar Løve Ellefmo, institutt for geovitenskap og petroleum

**Studieretning:** Tekniske Geofag  
**Hovedprofil:** Ingeniørgeologi og bergmekanikk  
**Tidsrom:** 15.01.2020-10.06.2020

*Eivind Grøv*  
Faglærer

Grøv  
Eivind

Digitally signed by Grøv  
Eivind  
DN: cn=Grøv Eivind  
Date: 2020.05.19  
18:57:15 +02'00'

SKJEMAET TAS INN SOM SIDE 1 I MASTEROPPGAVEN

NTNU, 19 mai 2020



---

## Sammendrag

På veien mot en papirløs arbeidsplass spiller BIM-modellering en sentral rolle. En 3D-geologisk modell over antatt bergmassefordeling mot dypet er et av elementene som er vanlig å inkludere i en BIM-modell. I denne masteroppgaven er en 3D-geologisk modell blitt laget i planleggingsfasen av et prosjekt.

Ringeriksbanen er en dobbeltsporet jernbanelinje mellom Sandvika og Hønefoss med planlagt byggestart er i 2021/2022. Den er en del av InterCity-satsingen, og vil korte ned reisetiden på Bergensbanen med 1 time. Krokskogtunnelen utgjør ca. 23 km av Ringeriksbanen. Formålet med denne masteroppgaven har vært å estimere inndrift for to kortere strekninger av Krokskogtunnelen. Som et verktøy til estimeringen ble to geologiske 3D-modeller laget i Leapfrog Works.

Strekning A er plassert sør i tunnelen, strekning B midt på. Begge har en lengde på 250 m. Modellene er brukt for å finne bergartsfordelingen langs de to strekningene. På bakgrunn av dette ble netto inndrift estimert ved hjelp av programvaren Tunsim. Et mengdeanslag og tidsestimat for de fremdriftshemmende aktivitetene arbeidssikring, utvidelse av tunnelprofilet, forinjeksjon, forbolting, tung sikring og redusert salvelengde er gjort. Brutto inndrift ble dermed funnet ved å summere sammen tiden for netto inndrift og de fremdriftshemmende aktivitetene.

De to 3D-modellene er laget ut ifra kjerneboringer, berggrunnskart, svakhetssoner og terrengmodell. Under modelleringer er forenklingene plane bergartsgrenser, ingen vridning av forkastningsblokker og konstant bredde av svakhetssoner mot dypet blitt gjort. Q-verdiene for de ulike bergmassene benyttet under estimering er vurdert ut ifra 5 kjerneboringer utført langs tunneltraseen.

Modellen til område A sier at 95 m av strekning A går gjennom Askergruppen, 110 m gjennom basalt og 45 m gjennom en svakhetsone av klasse IV. Askergruppen upåvirket av svakhetssonen har en estimert inndrift på 22,85 m/uke, for basalt er den 22,09 m/uke. Svakhetssonen og det påvirkede sideberget har estimert inndrift mellom 1,66 og 3,13 m/uke. Dette gir en total drivetid gjennom strekning A på **62,97 uker**. Langs strekning B viser modellen at tunnelen går gjennom 240 m med RP8, og 10 m gjennom en svakhetsone av klasse II. RP8 upåvirket av svakhetssonen har en estimert inndrift på 16,9 m/uke. For svakhetssonen og påvirket sideberg forventes tunnelen å drive 2,04 til 2,08 m/uke. Den totale drivetiden for strekning B blir da **27,64 uker**.

---

---



---

## Abstract

With the goal of achieving a workplace without physical papers, BIM is the main tool for reaching this goal. A 3D geological model with the predicted rock mass is one of the elements commonly included in a BIM-model. In this master thesis two 3D geological models have been made at the design stage of a project.

The Ringeriksbanen is a double-track railway between Sandvika and Hønefoss with a planned start of construction in 2021/2022. The railway is a part on the InterCity-project and will reduce the traveling time from Oslo to Bergen with one hour. The Krokskogtunnel amounts to 23 km of the Ringeriksbanen. The main goal of this master thesis has been to predict the advance rate for two sections of the Krokskogtunnel. Two geological 3D models were made in Leapfrog Works to help predict the advance rate.

Section A is located south in the tunnel, section B in the middle. Both have a length of 250 m. The models have been used to find the rock distribution along both sections. Based on this, the net advance rate was estimated by using a program called Tunsim. A prediction has also been made of the quantity and time of operations inhibiting the advance rate. These are: temporary rock support consisting of bolts and shotcrete, expansion of the tunnel profile, pre-grouting, spiling, heavy rock support and reduced round length. Gross advance rate was found by adding the times for the operation inhibiting the advance rate to the estimated net advance rate.

The 3D models are based on core drillings, map of the bedrock, weakness zones and a 3D model of the terrain. The main simplifications made while modelling were plane rock contacts, no twisting of the fault blocks and constant width of a weakness zone as it descends into the ground. The Q-values were chosen by looking at parameters registered for 5 core drillings done along the future railway.

The model of region A tells us that 95 meters of the tunnel goes through the Askergruppen in section A, 110 m through basalt and 45 m through a weakness zone of class IV. The Askergruppen not influenced by the weakness zone has an estimated gross advance rate of 22.85 m/week. For basalt it is 22.09 m/week. The gross advance rate for the weakness zone and the influenced nearby rock mass is between 1.64 and 3.13 m/week. This gives a total of 62.97 weeks to tunnel through section A. 240 m of section B consists of RP8, 10 m of a weakness zone of class II. The RP8 uninfluenced by the weakness zone has a gross advance rate of 16.9 m/week, whereas the weakness zone itself and the nearby influenced rock mass have an estimated gross advance rate of 2.04 to 2.08 m/week. To tunnel through section B is estimated to take 27.64 weeks.

---

---

---

## Forord

Denne masteroppgaven er skrevet våren 2020 ved Institutt for geovitenskap og petroleum, NTNU. Det er den avsluttende oppgaven for studiet Tekniske geofag, med hovedprofil Ingeniørgeologi og bergmekanikk. Oppgaven utgjør 30 studiepoeng. Masteren ble skrevet i samarbeid med Bane NOR region øst i tilknytning prosjektet FRE16.

Hovedveileder for oppgaven har vært Eivind Grøv, som jeg ønsker å takke for nyttig bistand med faglig kompetanse og råd.

Jeg vil gjerne takke medveileder Steinar Løve Ellefmo for god støtte, engasjement og oppfølging gjennom hele oppgaven.

En t0akk går også til min kontaktperson i Bane NOR Martin Austin Stormoen for faglig hjelp og utlevering av data, og Odd-André Rustad for hans inkluderende og initiativrige vesen.

Til slutt vil jeg takke studievenner som har gjort tiden i Trondheim helt spesiell.

Trondheim 09. juni 2020

Johanne Garcia de Presno

---

---

---

# Innhold

Sammendrag.....	i
Abstract .....	iii
Forord.....	v
Innhold .....	vii
Figurliste.....	xi
Tabelliste .....	xv
1 Introduksjon .....	1
1.1 Krokskogtunnelen.....	1
1.2 Forkunnskaper og formålet med oppgaven .....	3
1.3 Oppgavens oppbygging .....	3
1.4 Begrensninger.....	4
2 Bakgrunn.....	5
2.1 Tunneler i Norge.....	5
2.2 Hva er BIM?.....	5
2.3 Situasjonen for BIM innen ingeniørgeologi i dag .....	7
2.4 BIM på Krokskogtunnelen, Navisworks .....	8
2.5 Leapfrog Works.....	10
2.6 Ingeniørgeologiske forhold.....	11
2.6.1 Avsetningshistorie.....	11
2.6.2 Tektonikk og strukturgeologi .....	16
2.6.3 Bergartskarakteristikk .....	17

---

2.7	Innlekkasje.....	21
2.8	Strekning A.....	21
2.9	Strekning B.....	23
3	Teori.....	25
3.1	Q-verdi og bergmasseklasser.....	25
3.2	Q-metoden.....	26
3.3	Forkastninger.....	28
3.4	Inndrift.....	29
3.4.1	Netto inndrift.....	29
3.4.2	Brutto inndrift.....	31
4	Data og materiale.....	39
4.1	Inndrift.....	39
4.1.1	Sprøhetstall og Sievers J-verdi.....	39
4.1.2	Systematisk injeksjon.....	40
4.1.3	Forbolter.....	41
4.2	3D-modell.....	41
4.2.1	Terrengmodell.....	41
4.2.2	Tunnelprofil.....	42
4.2.3	Berggrunnskart.....	43
4.2.4	Kjerneboring.....	44
4.2.5	Svakhetssoner.....	44
5	Metode.....	47

---

---

5.1	Inndrift .....	47
5.1.1	Bergmasse- og slitasjeegenskaper .....	47
5.1.2	Svakhetssoneklasser .....	48
5.1.3	Q-verdi .....	49
5.1.4	Brutto inndrift.....	52
5.1.5	Utvidet tunnelprofil .....	53
5.1.6	Redusert salvelengde.....	55
5.1.7	Armerte sprøytebetongbuer.....	55
5.1.8	Arbeidssikring: bolter og sprøytebetong .....	57
5.1.9	Sonderboring .....	58
5.1.10	Forinjeksjon.....	60
5.1.11	Forbolter .....	61
5.2	3D-modellering av område A og B .....	62
5.2.1	Modellenes områder .....	64
5.2.2	Forkastninger.....	65
5.2.3	Kjerneboringer .....	68
5.2.4	Berggrunnskart .....	72
5.2.5	Bergartsgrenser.....	72
6	Resultater .....	77
6.1	Strekning A.....	77
6.1.1	Resultat, modell.....	77
6.1.2	Inndrift.....	80

---

---

6.2	Område B, strekning B .....	83
6.2.1	Resultat, modell.....	83
6.2.2	Inndrift.....	85
7	Diskusjon .....	89
7.1	Antagelser og forenklinger .....	89
7.2	Sammenligning av modeller .....	95
7.3	Nytteverdi .....	99
8	Konklusjon.....	101
9	Videre arbeid.....	103
	Referanseliste .....	105
	Vedlegg .....	109



---

## Figurliste

Figur 1.1: Oversiktskart over Krokskogtunnelen med strekning A og B.....	2
Figur 2.1: Eksempel på BIM-modell fra Follobanen .....	6
Figur 2.2: Utsnitt av geologimodellen vist i Navisworks.....	9
Figur 2.3: Eksempel på modell laget i Leapfrog Works .....	11
Figur 2.4: Geologisk tidsskala.....	12
Figur 2.5: Grov bergartsfordeling i Oslofeltet .....	13
Figur 2.6: Osloriftens fire grabener.....	13
Figur 2.7: Berggrunnskart over Krokskogtunnelen.....	15
Figur 2.8: Oversikt over geologi og folding.....	16
Figur 2.9: Oversikt over de 12 ulike RP-enhetene .....	19
Figur 2.10: Oversiktskart over plassering av strekning A.....	22
Figur 2.11: Oversiktskart over plassering av strekning B .....	24
Figur 3.1: Diagram over Q-metoden. ....	27
Figur 3.2: Prinsippskisse som viser installasjon av forbolter og armerte sprøytebetongbuer..	33
Figur 3.3: Illustrasjon over sonderboring .....	35
Figur 3.4: Prinsippskisse av injeksjonsskjermer .....	37
Figur 3.5: Modifisert prinsippskisse over forbolter, armerte sprøytebetongbuer og radielle bolter.....	38
Figur 4.1: Tunnelprofil benyttet i modellen .....	42
Figur 4.2: Berggrunnskart over Krokskogtunnelen brukt i modellen. ....	43
Figur 4.3: Eksempel på svakhetssoner. ....	45

---

Figur 4.4: Oversikt over plassering av kjerne hull brukt i modellene.....	46
Figur 5.1: Q'-verdier for Askergruppen.....	50
Figur 5.2: Q'-verdier for basalt.....	50
Figur 5.3: Q'-verdier for Ringeriksgruppen.....	50
Figur 5.4: Q'-verdier for RP.....	51
Figur 5.5: Q'-verdier for sandstein.....	51
Figur 5.6: Tegnforklaring for modellene laget i Leapfrog.....	62
Figur 5.7: Oversiktskart over Krokskogtunnelen med område A og B.....	63
Figur 5.8: Område A og B.....	65
Figur 5.9: Svakhetssoner og geologiske blokker i område A.....	66
Figur 5.10: Svakhetssoner og geologisk blokk i område B.....	67
Figur 5.11: Berggrunnskart over område B og svakhetssoner.....	68
Figur 5.12: Kjerneboringer brukt i modellen til område A.....	71
Figur 5.13: Kjerneboringer brukt i modellen til område B.....	72
Figur 5.14: Snitt over bergartsgrenser modellert i område A.....	74
Figur 5.15: Snitt over bergartsgrenser modellert i område B.....	75
Figur 6.1: Snitt av område A som viser strekning A.....	77
Figur 6.2: Oversikt over område A.....	78
Figur 6.3: Figur fra område A sett mot nordøst.....	79
Figur 6.4: Bergartsfordeling og Q-verdier langs strekning A.....	79
Figur 6.5: Snitt over strekning B.....	83
Figur 6.6: Oversikt over plassering av hvor snittet i område B.....	84

---

---

Figur 6.7: Bergartsfordeling og Q-verdier langs strekning B. ....	84
Figur 7.1: Snitt fra modellen i Leapfrog og Navisworks for strekning A.....	95
Figur 7.2: Snitt fra modellen i Leapfrog og Navisworks for strekning B. ....	97

---

---

---

## Tabelliste

Tabell 3.1: Oversikt over bergmasseklasser med tilhørende Q-verdi .....	26
Tabell 3.2: Svakhetsoneklasser .....	28
Tabell 3.3: Armerte sprøytebetongbueklasser etter Q-metoden.....	33
Tabell 3.4: Innlekkasjekrav og typisk hullavstand ved ansett.....	36
Tabell 4.1: Verdier for sprøhetstall $S_{20}$ og Sievers J-verdi .....	39
Tabell 4.2: Injeksjonsdata fra nærliggende anlegg.....	40
Tabell 4.3: Data benyttet for forbolter. ....	41
Tabell 4.4: Oversikt over koordinatene til de to terrengmodellene .....	42
Tabell 4.5: Plassering og orientering av kjernehull.....	44
Tabell 5.1: DRI, borbarhet og SPR for de ulike bergartene. ....	47
Tabell 5.2: Oversikt over utregning av VNHR .....	48
Tabell 5.3: Data benyttet for svakhetsoneklasser under inndriftsestimering.....	49
Tabell 5.4: Median og gjennomsnitt av $Q'$ .....	51
Tabell 5.5: Q-verdier brukt under estimeringen av inndrift .....	52
Tabell 5.6: Oversikt over anbefalte armerte sprøytebetongbuer basert på Q-metoden.....	52
Tabell 5.7: Tunnelprofil over enkeltspørtunnel.....	54
Tabell 5.8: Tunnelprofil over dobbeltspørtunnel .....	54
Tabell 5.9: Redusert salvelengde avhengig av Q-verdi.....	55
Tabell 5.10: Mengdeanslag for monteringsbolter til sprøytebetongbue .....	56
Tabell 5.11: Mengdeanslag for sprøytebetong til armerte sprøytebetongbuer.....	57
Tabell 5.12: Mengdeanslag for bolter til arbeidssikring .....	57

---

---

Tabell 5.13: Mengdeanslag for sprøytebetong til arbeidssikring .....	58
Tabell 5.14: Data brukt for sonderboring .....	59
Tabell 5.15: Mengdeanslag for sonderhull .....	59
Tabell 5.16: Mengdeanslag for injeksjonshull .....	60
Tabell 5.17: Injeksjonsdata fra nærliggende anlegg .....	61
Tabell 5.18: Mengdeanslag for forbolter .....	61
Tabell 5.19: Koordinater til område A og B .....	64
Tabell 5.20: Collar lagt inn i Leapfrog .....	69
Tabell 5.21: Eksempel på avviksmålinger lagt inn i Leapfrog .....	69
Tabell 5.22: Geologi lagt inn i Leapfrog .....	70
Tabell 6.1: Estimert netto inndrift langs strekning A ved 101 timers arbeidsuker .....	80
Tabell 6.2: Fremdriftshemmende aktiviteter utført langs strekning A .....	81
Tabell 6.3: Estimert brutto inndrift langs strekning A for 101 timers arbeidsuker .....	82
Tabell 6.4: Estimert netto inndrift langs strekning B for 101 timers arbeidsuker .....	85
Tabell 6.5: Fremdriftshemmende aktiviteter utført langs strekning B .....	86
Tabell 6.6: Estimert brutto inndrift langs strekning B for 101 timers arbeidsuker .....	87
Tabell 7.1: Variasjon av netto inndrift avhengig av bergdata .....	90
Tabell 7.2: Brutto inndrift for 101 timer/uke .....	92

---

# 1 Introduksjon

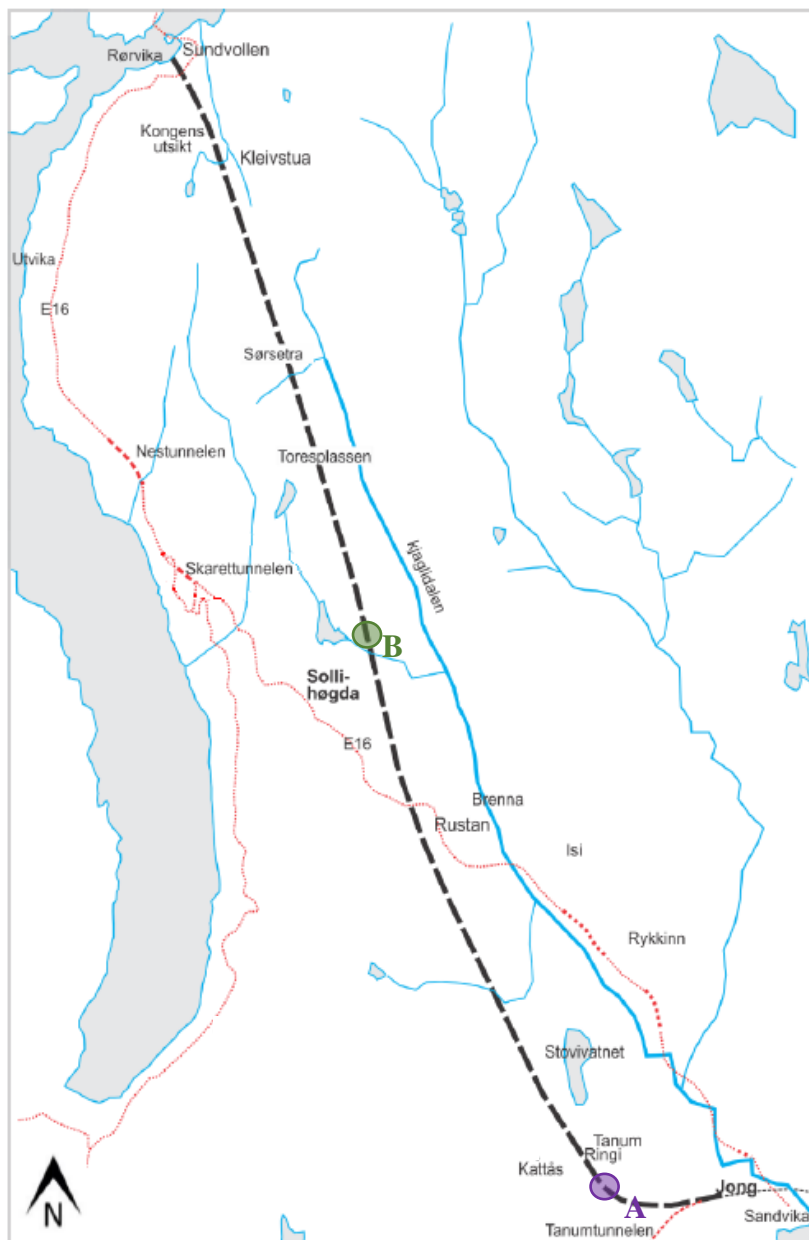
Da jeg jobbet hos Rambøll sommeren 2019 så jeg behovet for BIM innen ingeniørgeologi. BIM blir stadig mer og mer vanlig, og jeg ønsket at dette skulle være et fokus i min master. Oppgaven er en videreførelse av prosjektoppgaven «*Inndriftsestimering og beskrivelse av ingeniørgeologiske forhold langs deler av Ringeriksbanen*» skrevet høsten 2019. Legg merke til at pelnumrene for de to strekningene er blitt endret i denne oppgaven. Dette kapittelet gir en kort innføring i bakgrunn for oppgaven, oppgavens formål og fremgangsmåte, samt begrensningene knyttet til oppgaven.

## 1.1 Krokskogtunnelen

FRE16 er et fellesprosjekt mellom Statens vegvesen og Bane NOR. Det består av å bygge ny firefelts motorveg og dobbeltsporet jernbane mellom Sandvika og Hønefoss. Den nye togstrekningen, kalt Ringeriksbanen, vil forkorte reisetiden mellom Oslo og Hønefoss med en time og er en del av InterCity-satsingen. Planlagt byggestart for Ringeriksbanen er i 2021/2022, med åpning 2028/2029. 23 km av Ringeriksbanen går i tunnel under Krokskogen. Tunnelen avgreiner fra Tanumtunnelen ved Jong i Bærum kommune i sør, og kommer ut ved Sundvollen i Hole kommune i nord. I denne oppgaven blir det sett nærmere på to strekninger av tunnelen som forventes å muligens være krevende under driving. Strekning A ligger i den sørlige delen av tunnelen, strekning B ligger midt i tunnelen. En oversikt over Krokskogtunnelen og de to strekningene er vist i figur 1.1. Langs strekning A går tunnelen i to enkeltspor på  $83\text{m}^2$ . Langs strekning B går tunnelen som en dobbeltportunnel på  $123\text{ m}^2$  med en servicetunnel parallelt rett vest for hovedtunnelen. Tunnelen skal drives med boring og sprengning.

# 1. Introduksjon

---



**Figur 1.1: Oversiktskart over Krokskogtunnelen og ca. plassering av strekning A markert i lilla og strekning B markert i grønn. Modifisert etter Bane NOR (2018).**



### 1.2 Forkunnskaper og formålet med oppgaven

Stadig flere aktører ønsker å erstatte tegninger med modeller, noe som vil gjøre BIM mer vanlig framover. En geologimodell er et viktig element i en BIM-modell. Siden 2018 har Bane NOR hatt en geologisk modell over Krokskogtunnelen vist i visningsprogrammet Navisworks. Geologien er her modellert i en korridor på 20 m til hver side for tunneltraseen. I denne oppgaven blir to områder langs Krokskogtunnelen modellert med programvaren Leapfrog Works. Ønsket er å gjøre selvstendige vurderinger av geologien, og gjennom dette bli kjent med 3D-modellering og Leapfrog. Det antas at geologien for de to områdene blir modellert mer omfattende enn geologimodellen vist i Navisworks. Med utgangspunkt i modellene i Leapfrog blir inndrift estimert for en strekning på 250 m innenfor hvert område.

I prosjektoppgaven var fokuset å estimere netto inndrift langs to strekninger basert på Bane NOR sine geologiske tolkninger. I denne oppgaven er disse to strekningene forskjøvet slik at et estimat av både netto og brutto inndrift blir gjort, denne gangen med utgangspunkt i selvstendig vurdering av geologien gjennom modellene i Leapfrog. For å være rustet til å kunne estimere brutto inndrift blir et dypere og mer utfyllende litteratursøk av fremdriftshemmende aktiviteter enn i prosjektoppgaven gjort, samt innhenting av data for disse aktivitetene. Når det kommer til modellering så var 3D-modellering og programmet Leapfrog Works helt nytt for meg da jeg startet med denne oppgaven. Jeg måtte lære meg å modellere i Leapfrog, og tolke geologien basert på berggrunnskart, kjerneboringer og svakhetssoner.

### 1.3 Oppgavens oppbygging

Oppgaven starter med å forklare hva BIM er, før dagens situasjon for BIM innen ingeniørgeologi blir presentert. Bane NOR sin geologiske modell i Navisworks blir deretter gått gjennom. Leseren gis så en innføring i den geologiske historien og bergartene som befinner seg langs tunnelens trasé, samt en presentasjon av de to områdene oppgaven kommer til å fokusere på. Etter dette kommer teori knyttet til netto og brutto inndrift, etterfulgt av data brukt under modellering og inndriftsestimering. Deretter blir et mengdeanslag for de fremdriftshemmende aktivitetene gjort hvor valg og antagelser tilknyttet dette blir presentert, før fremgangsmåten for modelleringen blir lagt frem. Modellenes resultat blir så vist, og den estimerte inndriften basert på disse. Innvirkningen av antagelsene og forenklingene blir så diskutert, etterfulgt av en

sammenligning av modellene i Navisworks og Leapfrog. Til slutt blir videre arbeid for oppgaven foreslått.

### 1.4 Begrensninger

Modellene laget i denne oppgaven er ikke ment å fremstille grunnforholdene perfekt, det er det ikke nok data til. Antagelser som plane flater, konstant bredde av svakhetssoner mot dypet og kun vertikal forskyvning av forkastningsblokker blir derfor gjort. Bare forkastningsblokker som antas å påvirke geologien langs de to strekningene blir modellert.

Forenklete modeller vil føre til usikre inndriftsestimat. Det er ikke mulig å gjøre rede for og tidsbestemme alle faktorer som påvirker inndriften på forhånd. Det er også en betydelig usikkerhet knyttet til inngangsparameterne brukt under estimering. Inndriftsestimatet er derfor ment å brukes som en pekepinn på hvilke bergarter som vil være tidskrevende å drive gjennom, og hvilke som vil gi høy inndrift.

## 2 Bakgrunn

I dette kapittelet blir de geologiske forholdene langs Krokskogtunnelen beskrevet. Før dette gis en innføring i hvordan BIM i dag benyttes i den ingeniørgeologiske bransjen generelt, og hvordan det er benyttet på Ringeriksbanen spesielt. Som en motivasjon begynnes det med å understreke viktigheten av tunneler i Norge.

### 2.1 Tunneler i Norge

«Tunnel forbinder land, forener samfunn og reduserer reisetider, og er derfor en viktig del av vår infrastruktur» skriver WSP på sine nettsider (WSP, 2020). I et fjelland som Norge er tunnel en viktig del av landets modernisering. Norge er med sine 1100 veitunneler det landet i verden med flest tunneler (Nestegård, 2019). Med en samlet lengde på 7000 km gir dette 1,3 m tunnel per nordmann. Norge kan skryte på seg en rekke tunnelrekorder; vi var først ute med undersjøisk veitunnel, har senere fått verdens dypeste og lengste undersjøiske veitunnel, vi har verdens lengste veitunnel, er i ferd med å få Europas lengste sykkel tunnel og er eiere av den ikke fullt så anerkjennende tittelen verdens bratteste tunnel.

Det er planlagt og pågår flere større jernbaneprosjekt i Norge. Både på Follobanen, Ringeriksbanen, Østfoldbanen, Dovrebanen og strekningen Arna-Bergen spiller tunnel en viktig rolle for å korte ned reisetiden og øke antall togavganger. I 2019 hadde Norge 686 større og mindre jernbanetunneler med regulær togtrafikk (Bane NOR, 2019). Det er tydelig at tunnel er uvurderlig innen norsk infrastruktur.

### 2.2 Hva er BIM?

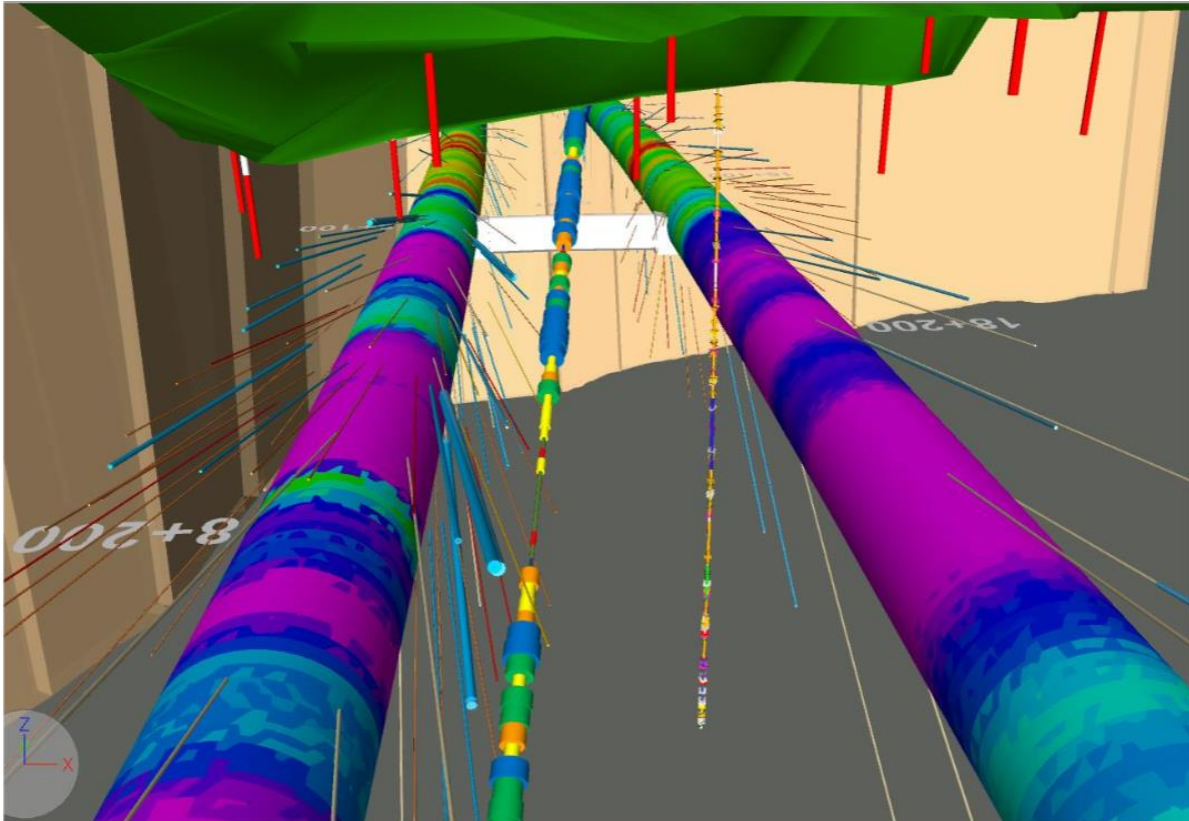
BIM står for Building Information Modelling. Det er en meget informasjonsrik 3D-modell hvor 3D-objektene har informasjon knyttet til seg – også ikke-fysisk data. Et eksempel av en BIM-modell over Follobanen er vist i figur 2.1. Flere fagfelt kan jobbe i samme modell (NFF, 2019). Jo større og mer komplekst et prosjekt er, desto viktigere er det å dele informasjon på tvers av fagfelt. BIM gir en veldig god visualisering av prosjektet for alle parter. Ved å ta i bruk BIM tidlig i prosjektet øker sjansen for å avverge eventuelle kollisjoner mellom fagretninger, samt gir et bedre grunnlag for å treffe med estimat innen tid, kostnad, usikkerhet og om prosjektet

---

## 2. Bakgrunn

---

vil lykkes. England er et foregangsland innen bruk av BIM (Christensen, 2015). Allerede i 2011 ble det vedtatt at det fra 2016 skulle brukes BIM i alle store offentlige bygg- og anleggsprosjekter. De har erfart at bruk av BIM har ført til en redusert investeringskost på 20% på flere prosjekt.



**Figur 2.1: Eksempel på BIM-modell fra Follobanen med data fra driving (Isachsen, 2020).**

I byggeindustrien har BIM blitt brukt i flere år (NFF, 2019). Innen ingeniørgeologi derimot er BIM fortsatt på prøvestadiet. Hovedgrunnen til dette er at det innen ingeniørgeologi er mye usikkerhet knyttet til forholdene i bakken, i motsetning til i byggeindustrien hvor alle forhold og dimensjoner er kjent på forhånd. Dette medfører at en BIM-modell innen ingeniørgeologi inneholder mye tolkning og kvalifisert gjetning. For å minske usikkerheten knyttet til subjektive

---

## 2. Bakgrunn

---

observasjoner bør så mye informasjon som mulig legges inn i modellen. BIM-modellen vil derfor fungere som en database for prosjektet.

BIM kan brukes gjennom hele prosjektets levetid; under prosjektering, i budrunden, i drivefasen, i driftsfasen og til rehabilitering. Det er viktig at en BIM-modell er dynamisk. Dette betyr at modellen til enhver tid kan oppdateres ettersom ny informasjon oppnås. I drivefasen kan data som MWD-målinger, borehullslogging, utført bergsikring, fotografi og ingeniørgeologisk kartlegging fortløpende legges inn. Ved å oppdatere modellen kontinuerlig under driving kan arbeidere som skal ned i tunnelen forberedes på forhånd på hva som venter dem, avvik blir enklere å oppfatte når dataen visualiseres, og logistikk blir enklere å planlegge (Isachsen, 2020). BIM-modellen kan helt eller delvis brukes til «as built»-dokumentasjon, noe som er pålagt alle prosjekter. Jo mer komplekst og krevende prosjektet er, jo større blir nytten av å bruke en «as-built» modell. Ved å bruke BIM i både planleggingsfasen og drivefasen kan faktiske forhold enkelt sammenlignes med antatte forhold. I denne oppgaven modelleres det i planleggingsfasen av et prosjekt.

I NFF sin publikasjon «*Digitalisation in Norwegian Tunneling*» (NFF, 2019) skiller de mellom to ulike 3D-geologiske modeller i planleggingsfasen; grunnlagsmodell og fagmodell. En grunnlagsmodell viser den eksisterende situasjonen og bruker data innhentet fra grunnundersøkelser. Dette kan være dyprennekart, geologisk boring, sonderboring, overflategeofysikk, ingeniørgeologisk kartlegging, bergoverflate, berggrunnskart, antatt bergartsfordeling mot dypet, antatte svakhetssoner og grunnvannsforhold. En fagmodell viser hva som skal bli bygd – tunnelens utforming – og de antatte ingeniørgeologiske forholdene langs traseen. Dette innebærer blant annet antatt bergmassekvalitet- og klasse, innlekkasjekrav og forinjeksjonsestimat.

### 2.3 Situasjonen for BIM innen ingeniørgeologi i dag

I 2018 ble DigiTUN opprettet av NFF med den hensikt at tunnelbransjen skal få samkjørte digitale verktøy (Lothe & Hegge, 2018). Samme år ble dagens løsninger av digitale verktøy kartlagt. Det ble blant annet funnet ut at filformatet .dwg er foretrukket. Det var også tydelig at det er et behov for å få standardisert BIM innen infrastruktur, tunnelbransjen spesielt. Arbeidet med å få på plass en norsk og en internasjonal standard er i gang (buildingSMART, 2019). To av utfordringene er hvordan antagelser og usikkerhet skal uttrykkes i en BIM-modellen.

## 2. Bakgrunn

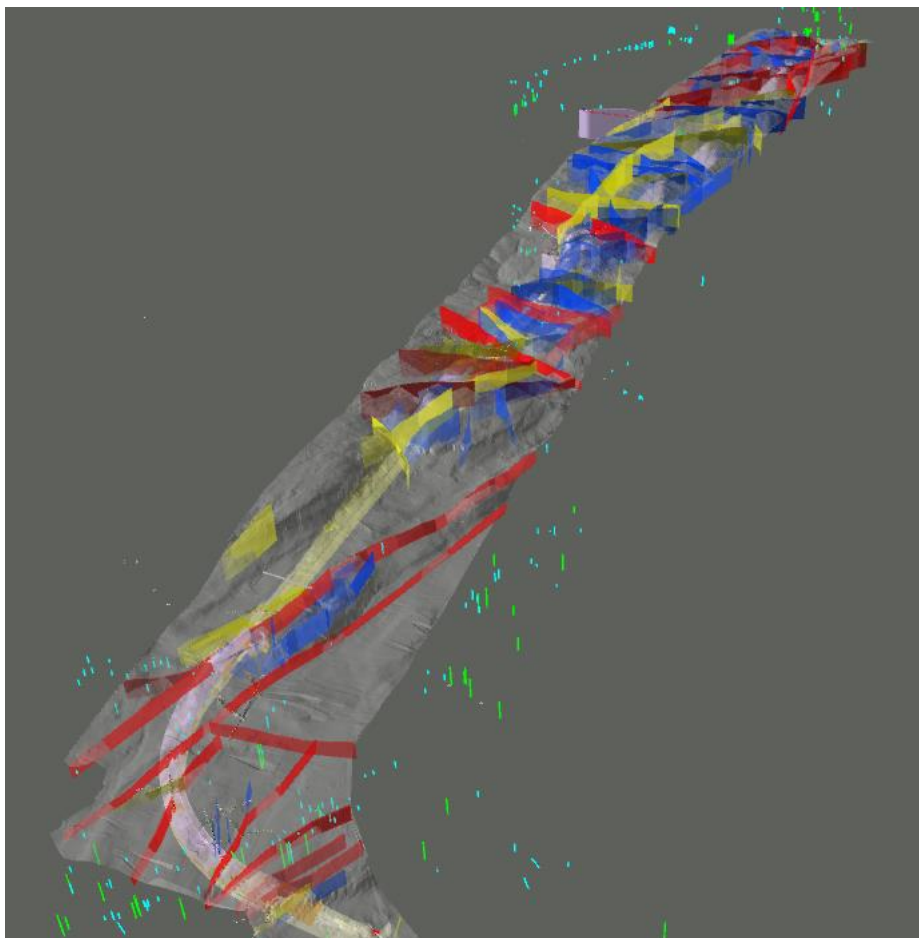
---

I dag brukes mange ulike programmer som ikke er kompatible med hverandre (Lothe & Hegge, 2018). Dette er en ulempe, da omformatering tar tid. Et eksempel er at kjernelogger gjerne leveres på .pdf-format, mens det i modellering er behov for Excel sitt .xlsx-format. Det blir stadig vanligere at gode 3D-modeller lages tidlig i prosjektet (Isachsen, 2020). Tidligfasemodellen inneholder typisk tunneltrasé, tolkede geologiske forhold og utførte grunnundersøkelser. Per i dag er det ikke vanlig å oppdatere modellen med as-built-data kontinuerlig under driving. I framtiden ser en for seg at data fra stuff automatisk legges inn i modellen og lagres (Lothe & Hegge, 2018).

Visningsprogramvarer tar inn modeller fra ulike fagretninger og setter de sammen til en BIM-modell. I dag er visningsprogramvaren Navisworks mest brukt (Lothe & Hegge, 2018). De enkelte modellene lages i spesialiserte programvarer. Innen 3D-modellering er Leapfrog Works en slik programvare.

### 2.4 BIM på Krokskogtunnelen, Navisworks

Bane NOR har som mål at BIM skal benyttes under planlegging, prosjektering og bygging av alle sine prosjekt. Over Ringeriksbanen er det blitt laget en ingeniørgeologisk grunnlagsmodell og fagmodell. Navisworks benyttes som visningsprogram for BIM-modellen, hvor grunnlagsmodellen og fagmodellen er lagt inn. Denne ble utarbeidet av rådgivergruppen NAA (Norconsult/Aas-Jacobsen/Asplan Viak) allerede i prosjekteringsfasen av prosjektet (NAA, 2018). Et utsnitt av modellen uten berggrunnskart eller aktsomhetskart er vist i figur 2.2.



**Figur 2.2: Utsnitt av geologimodellen vist i Navisworks. Figur laget i Navisworks Freedom.**

All tilgjengelig informasjon er lagt inn i BIM-modellen. Dette inkluderer:

- Bergmodell over antatt bergoverflate
- Bergartsfordeling langs tunneltraseen
- Svakhetssoners antatt størrelse og orientering
- Kjerneboringer med borehullsavvik, bergartsfordeling, Lugeon-verdier og større knusningssoner
- Hammerhull med geofysisk logging, med borehullsavvik, bergartsfordeling, seksjoner med stor vanninnstrømning og større knusningssoner
- Seismikklinjer med lydshastigheter

## 2. Bakgrunn

---

- Resistivitetlinjer, plassering av disse
- Kartlegging i dagen, oversikt over hvor disse er utført
- Geotekniske undersøkelser
- Hydrogeologi: grunnvannsoverflate, eksisterende brønner og foreslåtte tettekrav langs traseen
- Tunnelsystem

Usikkerheten til modellen og de ulike elementene er ikke visualisert. Metadata er knyttet til flere av elementene. Planlagte videre arbeid med modellen er (NAA, 2018):

- Bergmasseklassifisering langs tunnelen
- Skredfarevurderinger
- Berggrunnskart projisert ned på bergmodellen
- Utvide bergartsfordeling til å også omfatte tverrslag og rømningstunneler
- Aktsomhetskrav for tunneldriving
- Visualisere usikkerhet i modellen
- Legge inn metadata for hvert element
- Flere betingelser for modellering av bergmodellen
- Øke nøyaktigheten for presentasjon av data i borehull og bakkegeofysikk

### 2.5 Leapfrog Works

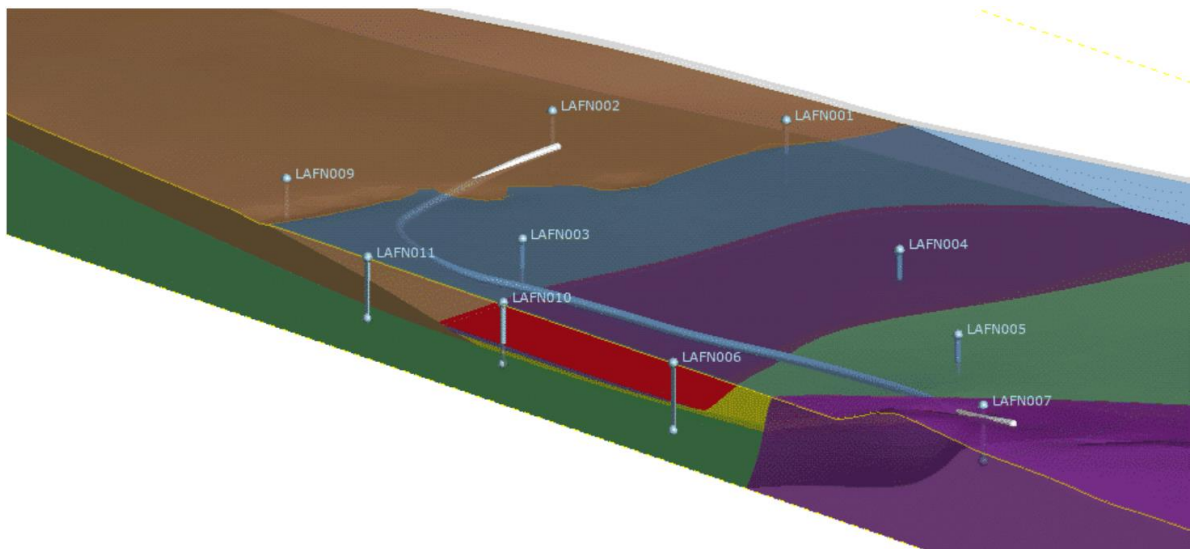
Leapfrog er en del av Seequent, en organisasjon som arbeider med programvarer for visualisering av geologisk data. Leapfrog startet i utgangspunktet med programvaren Leapfrog Geo for modellering innen gruvedrift. Senere har de utvidet til å ha modelleringsprogramvarer innen flere fagområder knyttet til geologi. I 2018 kom programvaren Leapfrog Works. Denne er spesielt utviklet for 3D-modellering av geologi innen infrastruktur, og er ment for å forstå, visualisere og dele grunnforhold (Leapfrog, u.å.). Leapfrog Works er et dynamisk program og modellen oppdateres ettersom ny data legges inn. For modellering kan borehull, kart, punkter, overflater, strukturdata, GIS, 2D rutenett, polylines og tverrsnittsdata legges inn. Leapfrog Works er kompatibel med prosjekt fra Bentley gINT, og kan blant annet importere AGS-data, GIS-data, kart og bilder. Rockscience og Geoslope kan ta inn tverrsnitt, overflater og deler av modellen laget i Leapfrog Works. Innsynsmodellen er lisensfri og kan deles via internett. 3D-modellen kan eksporteres på formatene DWG, DGN og IFC, som gjør den enkel å legge inn i



## 2. Bakgrunn

---

åpne BIM-prosjekt. Figur 2.3 er et eksempel på en modell laget i Leapfrog Works, herfra bare kalt Leapfrog.



**Figur 2.3: Eksempel på modell laget i Leapfrog Works (Leapfrog, 2019).**

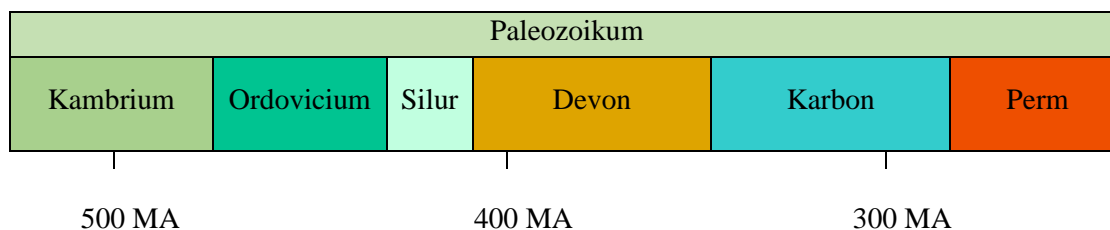
## 2.6 Ingeniørgeologiske forhold

Å forstå de geologiske forholdene er en viktig forutsetning for å kunne ta korrekte vurderinger under modellering. Dette kapittelet beskriver de geologiske forholdene langs Krokskogtunnelen. Først presenteres den regionale avsetningshistorien, etterfulgt av den lokale. Deretter beskrives de tektoniske og strukturegeologiske forholdene, etterfulgt av en gjennomgang av de ulike bergartene det er forventet å møte på langs Krokskogtunnelen. Til slutt presenteres de to strekningene det er valgt å se nærmere på i denne oppgaven.

### 2.6.1 Avsetningshistorie

Krokskogtunnelen ligger i det geologiske området Oslofeltet. En gjennomgang av den geologiske historien fra kambrium til perm vil bli gitt her, på regionalt og lokalt nivå.

### Regionalt

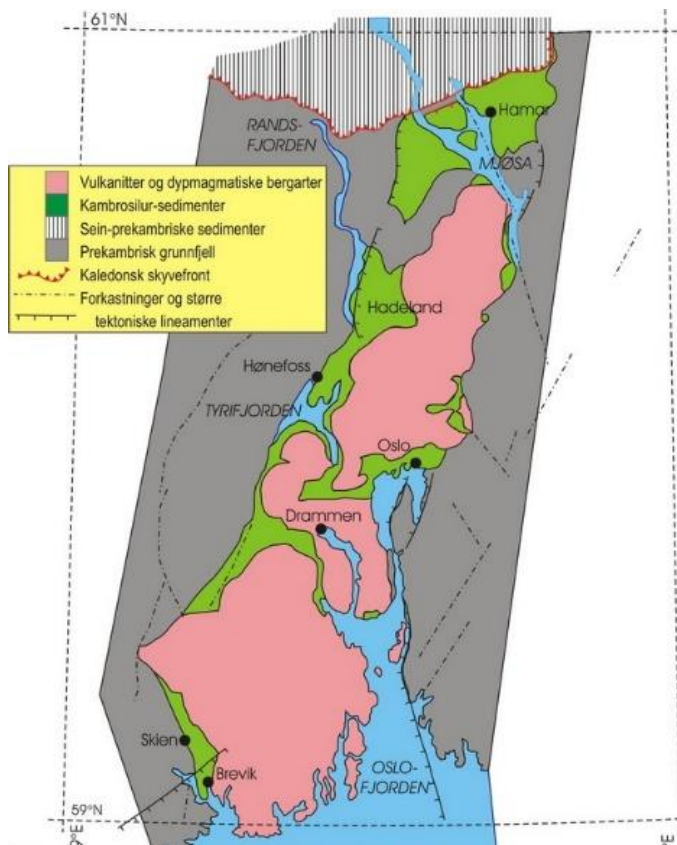


**Figur 2.4: Geologisk tidsskala relevant for Oslofeltet.**

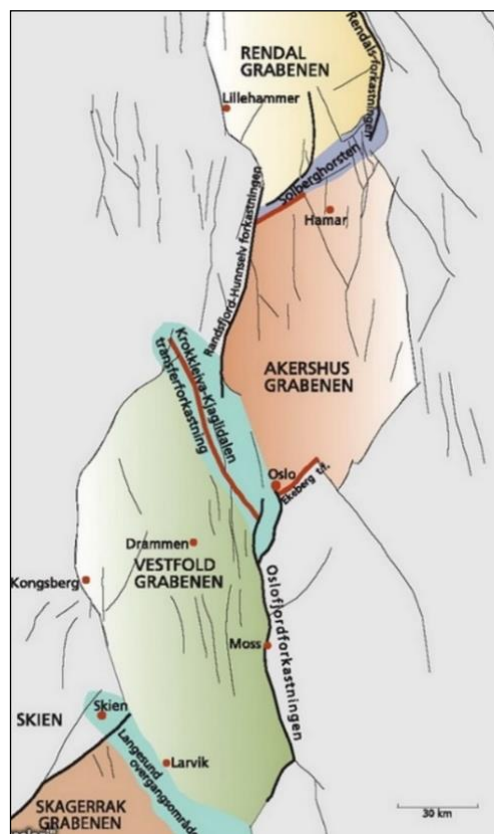
Bergartene i Oslofeltet består av kambrosilurske sedimentære bergarter og permiske vulkanske bergarter. En oversikt over de geologiske tidene er gitt i figur 2.4. En grov plassering av bergartene er vist i figur 2.5. De eldste sedimentære bergartene består av kalkstein og leirskifer, avsatt lagvis oppå grunnfjellet (Ramberg, et al., 2007). I sen ordovicium ble disse utsatt for en øst-vest sammenpressing og folding under dannelsen av den kaledonske fjellkjeden. Denne påkjenningen har gjort de to bergartene vanskelige å skille fra hverandre. Diskordant over ligger et tykt lag med erosjonsrester fra Kaledonidene, kalt Ringeriksgruppen. Denne ble også utsatt for kompresjonskrefter, men i mye mindre grad enn de underliggende bergartene.

Etter nedslitingen av Kaledonidene ble konglomerater og sandstein avsatt i et grunt sedimentasjonsbasseng i Oslofeltet (Ramberg, et al., 2007). Dette laget har fått navnet Askergruppen. I motsetning til de underliggende bergartene har ikke denne blitt utsatt for kompresjonskrefter. Avsetningen av Askergruppen i senkarbon ses på som den innledende fasen til Osloriften. Osloriften er et tektonisk område bestående av fire store grabener vist i figur 2.6. Ekstensjonskrefter førte til dannelse av forkastninger og stor vulkansk aktivitet i tidsperioden perm. Vulkanene varierte hovedsakelig mellom å spytte ut basalt og rombeporfyr, avhengig av lavaens sammensetning. Batolitter (store magmakammer som krystalliserer i dypet) var opphavet til dannelsen av en rekke ulike granitter i Oslofeltet. Mellom flere av lavastrømmene ligger erodert materiale fra tiden mellom vulkanutbruddene. Mot slutten av Osloriften ble hele lagrekken intrudert av ulike gangbergarter.

## 2. Bakgrunn



**Figur 2.5: Grov bergartsfordeling i Oslofeltet (Ramberg, et al., 2007).**



**Figur 2.6: Osloriftens fire grabener (Ramberg, et al., 2007).**

### Lokalt

Krokskogtunnelen ligger rett sør for og parallelt med Krokkleiva-Kjaglidalen transfer-forkastning vist midt på figur 2.6. Utbredelsen av de ulike bergartene er vist i berggrunnskartet fra NGU gitt i figur 2.7. Med unntak av gangbergartene er lagdelingen tilnærmet horisontal, med et svakt fall mot nordøst (Bane NOR, 2018). De ulike lagene ligger kronologisk stablet oppå hverandre fra eldst nederst til yngst øverst. Ved tunnelens avgreining fra eksisterende Tanumtunnel i sør ligger kambrosilurske kalkstein og leirskifer. Av figur 2.7 fremgår det at de øverste og yngste av disse hører til Bærums- og Holegruppen. Dette er de eldste bergartene

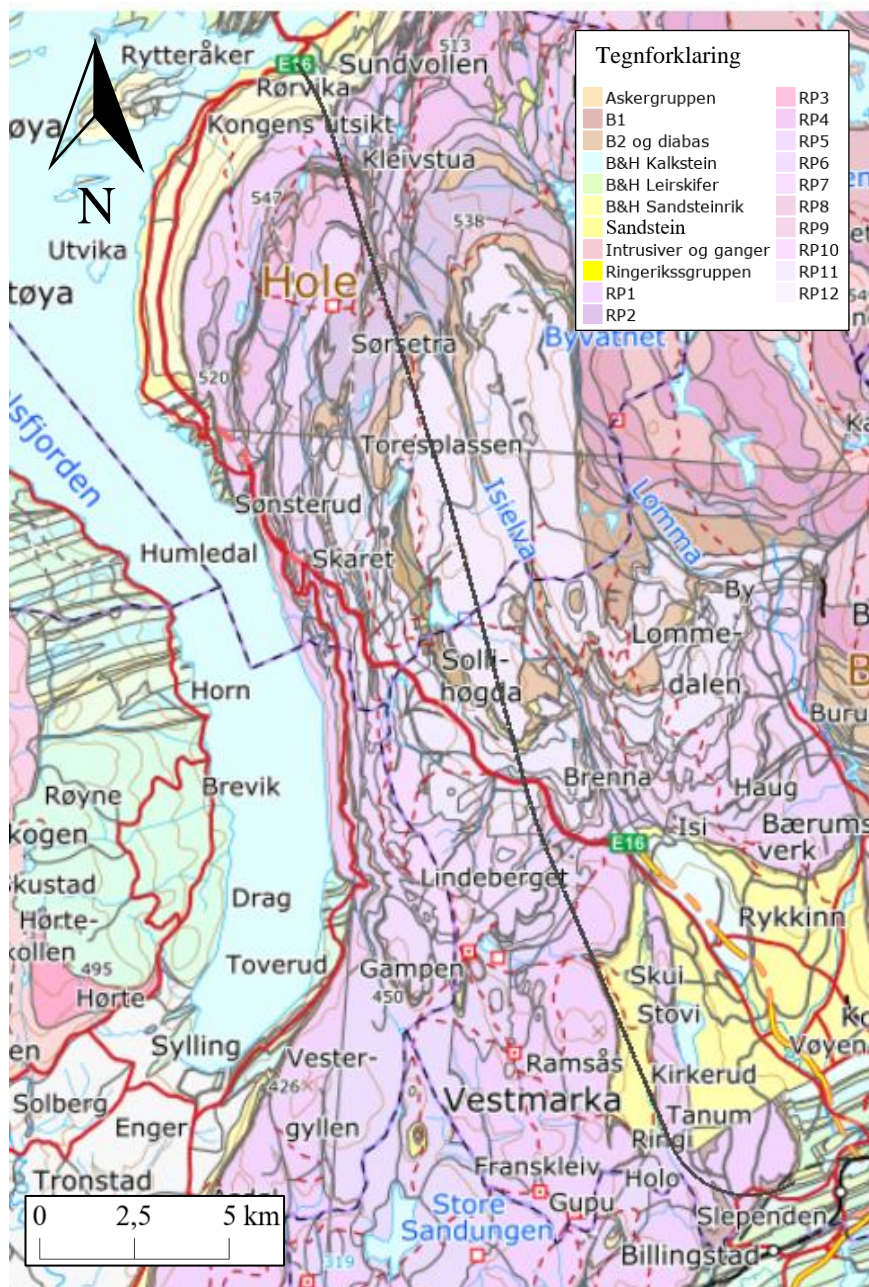
## 2. Bakgrunn

---

langs tunneltraseen observert i dagen. Den overliggende Ringeriksgruppen viser seg i dagen sør og nord langs tunnelstrekningen. Den yngre Askergruppen kommer kun til syne i sørlige del. Bane NOR antar at denne ikke er registrert i nord da den er lett eroderbar og vanskelig å observere.

Ettersom terrenget stiger mot midten av tunnelen kommer de vulkanske bergartene til syne. Basalt og ulike enheter av rombeporfyr utgjør mesteparten av bergartene, med noe innslag av breksje, konglomerat, sandstein og leirstein mellom lavastrømmene (i figur 2.7 kalt sandstein). NGU har registrert 12 ulike enheter av rombeporfyr. Av basalt ses to regionale lag i dagen. I nord og sør kommer det eldre laget B1 til syne, nærmere midten av tunnelen kommer det yngre laget B2 til syne. Sporadisk i hele området opptrer gangbergartene diabas, syenitt og porfyrisk syenitt som kutter gjennom eldre lagrekker.

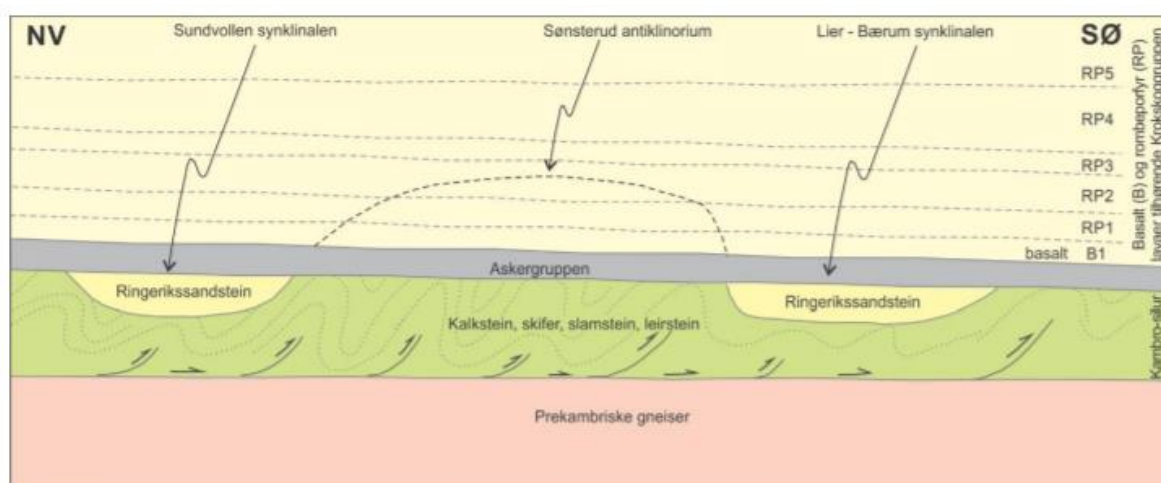
## 2. Bakgrunn



Figur 2.7: Berggrunnskart over Krokstogtunnelen. Tunneltraseen er vist i sort linje. Kun bergarter langs tunneltraseen er beskrevet i tegnforklarklaringen. Kartet er laget i Leapfrog med berggrunnskart N50 fra NGU (2019) (ETRS89 Sone 33).

### 2.6.2 Tektonikk og strukturgeologi

Bergartene langs Krokskogtunnelen er blitt utsatt for kompresjon i kaledon og ekstensjon i perm. En oversikt over dagens situasjon er vist i figur 2.8. Grønt lag svarer til de eldste kambrosilurske bergartene. Langs Krokskogtunnelen vil dette si Bærums- og Holegruppen. Som tidligere beskrevet ble disse sterkt foldet under den kaledonske Ø-V sammenpressingen. Foldaksene er subhorisontale og orientert N60°Ø, med flanker som faller bratt mot nordvest (Bane NOR, 2018). Sammen med Ringeriksgruppen er de kambrosilurske avsetningene senere blitt foldet i to storskala synklinaler, slik figuren viser. Synklinalene har en akse orientert ca. N60°Ø. Erosjon av den mellomliggende antiklinalen har ført til at den yngre Askergruppen flere steder ligger direkte oppå Bærums- og Holegruppen, og at Ringeriksgruppen ikke alle steder er til stedet. Askergruppen og de overliggende vulkanske bergartene har ikke blitt utsatt for kompresjonskrefter.



**Figur 2.8: Oversikt over geologi og folding (Bane NOR, 2018). Langs Krokskogtunnelen svarer det grønne laget til Bærums- og Holegruppen. Ringerikssandstein er et annet navn for Ringeriksgruppen.**

Ekstensjonskreftene i perm dannet en rekke steile normalforkastninger (Bane NOR, 2018). De største forkastningene har betydelige forkastningssprang og deler området langs strekningen inn i ulike forkastningsblokker. Orienteringen av lagene varierer fra blokk til blokk. Å forutsi

bergartenes forløp på hver side av en forkastning er utfordrende, og krever grundige forundersøkelser i form av kjerneboring. Mindre forkastninger uten forkastningssprang antar Bane NOR er årsaken til svakhetssoner i området. Nordlig og sørlig del av tunneltraseen domineres av nord-sør gående forkastninger. Mot midten er det en overvekt av forkastninger med orientering Ø-V/NØ-SV.

### *2.6.3 Bergartskarakteristikk*

I dette kapittelet vil bergartene det forventes å møte på under driving bli beskrevet. Beskrivelsene er hentet fra Bane NOR sin ingeniørgeologiske fagrapport fra Krokskogtunnelen (Bane NOR, 2018).

#### **Bærums- og holegruppen**

Bærumsgruppen består hovedsakelig av skifer og sandstein, Holegruppen hovedsakelig av kalkstein. Det er en gradvis overgang fra Holegruppen til den overliggende Ringeriksgruppen. Bærums- og Holegruppen er så sammenfoldet at de er vanskelig å skille fra hverandre. De blir derfor i denne oppgaven behandlet som én gruppe. Det forventes at Bærums- og Holegruppen har en steil lagstilling, med bratt fall mot nordvest. I søndre del av prosjektet antas Bærums- og Holegruppen å være omdannet, og dermed ha andre bergmekaniske egenskaper enn i den nordlige delen av prosjektet.

#### **Ringeriksgruppen**

Ringeriksgruppen består av to formasjoner. Den nedre formasjonen har en mektighet på ca. 500 m, og består av vekslende sandstein og siltstein. Den øvre formasjonen har en mektighet på minst 750 m, og består av middelskornet sandstein. I begge formasjoner opptrer det tynne, lokale konglomeratlag. Bergarten er foldet i to store synklinalen: Lier- og Ringerikssynklinalen. Disse ble beskrevet i forrige kapittel, og er vist i figur 2.8. Innad i synklinalene faller bergarten så å si horisontalt. Langs flankene har Ringeriksgruppen et NØ-SV strøk, med et svakt fall mot nordvest og sørøst. Ringeriksgruppen i sørlige del av prosjektet antas å være omdannet, og derfor ha andre bergmekaniske egenskaper enn i nordlige del av prosjektet.

### **Askergruppen**

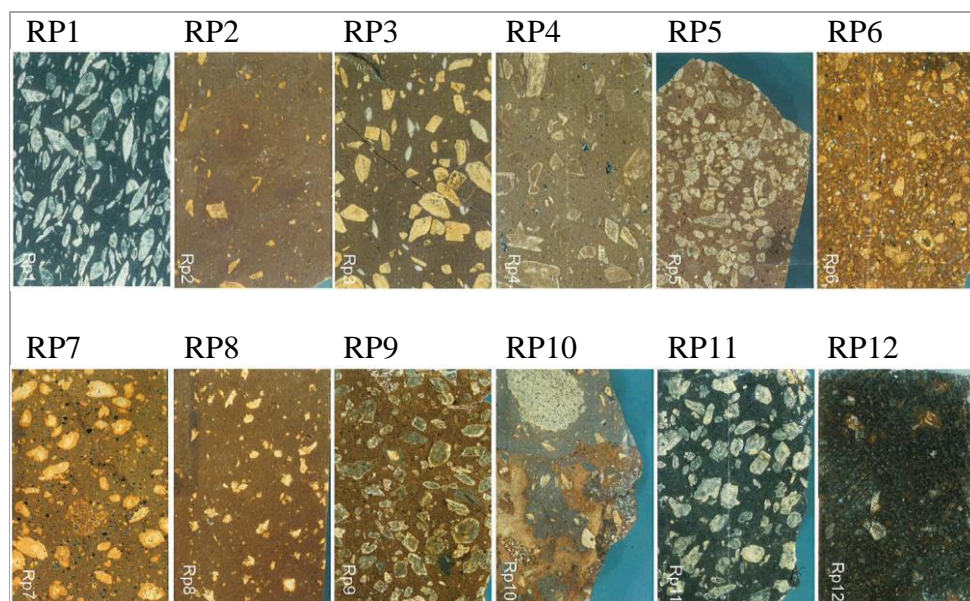
Askergruppen starter som finkornet leir- og siltstein i nederste del, og blir grovere jo yngre og lengre opp i gruppen man kommer. I øverste del består Askergruppen for det meste av konglomerat. Mektigheten varierer fra 30-40 m. I hovedsak faller bergartslaget mest sannsynlig svakt østover. Bergartsgruppen ble ikke utsatt for folding slik som de underliggende gruppene, og ligger derfor diskordant over disse. Askergruppen anses som en problematisk bergart å drive gjennom som følge av svært dårlig bergmassekvalitet og potensiale for store innlekkasjer, noe som ble erfart under drivingen av den nærliggende Tanumtunnelen. I møte på Askergruppen i BH02/16 beskrives det at bergmassen er oppknust og leirinfisert (NAA, 2017a). Borkjernen kunne flere steder knekkes med armkraft.

### **Rombeporfyr**

De vulkanske bergartene i område – inkludert basalt og tynne sedimentære lag mellom lavatopper – har til sammen en mektighet på over 800 m. Rombeporfyren, også kalt RP, opptrer som 12 ulike enheter hvor hver enhet hører til en bestemt lavastrøm. Enhetene skilles fra hverandre ved å se på bergartstekstur. Figur 2.9 viser hvordan utseende til de ulike enhetene kan se ut, og demonstrerer hvordan det i flere tilfeller kan være utfordrende å skille enhetene fra hverandre med det blotte øyet. Tykkelsen på hver enhet varierer. Bane NOR har ikke kartlagt store forskjeller i bergmassekvalitet mellom de 12 RP-enhetene.

Rombeporfyr har kapasitet til å lagre store mengder vann. Tynne sedimentære lag opptrer ofte mellom lavatopper. Nevnte lavatopper er å finne både innad i og mellom de ulike RP-enhetene. Vann drenerer fra overflaten gjennom vertikale sprekker og lagres i disse sedimentære lagene. Store vannlekkasjeproblemer kan derfor forventes i møte på slike horisontale sedimentære lag i rombeporfyr.





**Figur 2.9: Oversikt over de 12 ulike RP-enhetene observert rundt Krokskogtunnelen (NAA, 2017c).**

### **Basalt, B1**

Det opptrer to regionale basaltlag i området langs tunneltraseen; B1 og B2. B1 er det eldste og ligger lengst ned i stratigrafien av de to. Den er mørk og finkornet uten porfyrer, og har en mektighet på rundt 30-40 m. B2 er en blanding av basalt, sedimenter og RP10. B2 ligger over tunnelens nivå, og vil derfor ikke direkte påvirke tunnelen. I motsetning til B2 forventes det at tunnelen kommer til å møte på laget av B1 både i den nordlig og søndre delen av tunnelen.

### **Sedimentære lag mellom RP-enheter**

Sedimentære lag mellom RP-enhetene har oppstått som følge av erosjon i tiden mellom vulkanutbrudd. De kan også bli funnet mellom to lavatopper innad i et RP-lag som beskrevet tidligere. Sedimentene varierer mellom breksje, sandstein, siltstein og konglomerat. I forbindelse med RP3, RP9 og B2 er det registrert større sedimentære mektigheter. Slike lag kan

---

## 2. Bakgrunn

---

fungere som svakhetssoner og/eller permeable lag. Sedimentære lag blir herfra behandlet som sandstein.

### **Gangbergarter**

Diabas, syenitt og porfyrisk syenitt utgjør gangbergartene langs Krokskogtunnelen. De observeres sjeldent i dagen, og er vanskelige å kartlegge på forhånd. Bergmassekvaliteten til gangbergartene er gjerne lavere enn det omkringliggende berget, og enkelte gangbergarter kan fungere som svakhetssoner. De kan gi høy innlekkasje dersom de møtes på under driving. Disse bergartene blir ikke sett på videre i denne oppgaven, da de er spesielt vanskelige å forutsi plasseringen av.

### **Svakhetssoner**

Det forventes at svakhetssonene omkring Krokskogtunnelen er et av følgende fenomener:

- Forkastninger
- Svake bergartslag (hovedsakelig Askergruppen)
- Sedimentære lag mellom to RP-strømmer

Om svakhetssonen er vannførende avhenger av leirinnhold og svakhetssonens oppbygging. Dersom svakhetssonen er tett, opptrer det gjerne vann i sideberget. Tilstedeværelse av leire vurderes ikke i denne oppgaven. Det skilles mellom steile og flattliggende svakhetssoner. Forkastninger utgjør de steile svakhetssoner. Svake bergartslag og sedimentære lag mellom to lavatopper utgjør de horisontale svakhetssonene.

### 2.7 Innlekkasje

Bane NOR (2018) forventer at problemer med vannlekkasje i Krokskogtunnelen vil oppstå i møte på:

- Forkastninger
- Knusningssoner
- Dype forvitringssoner
- Oppsprukket sideberg av svakhetssoner
- Permeable lavatopper
- Svake sedimentære bergarter
- Større enkeltprekker
- Gangbergarter

De svake bergartslagene forventes å bli funnet i Askergruppen og som sandstein i/mellom ulike RP-enheter.

### 2.8 Strekning A

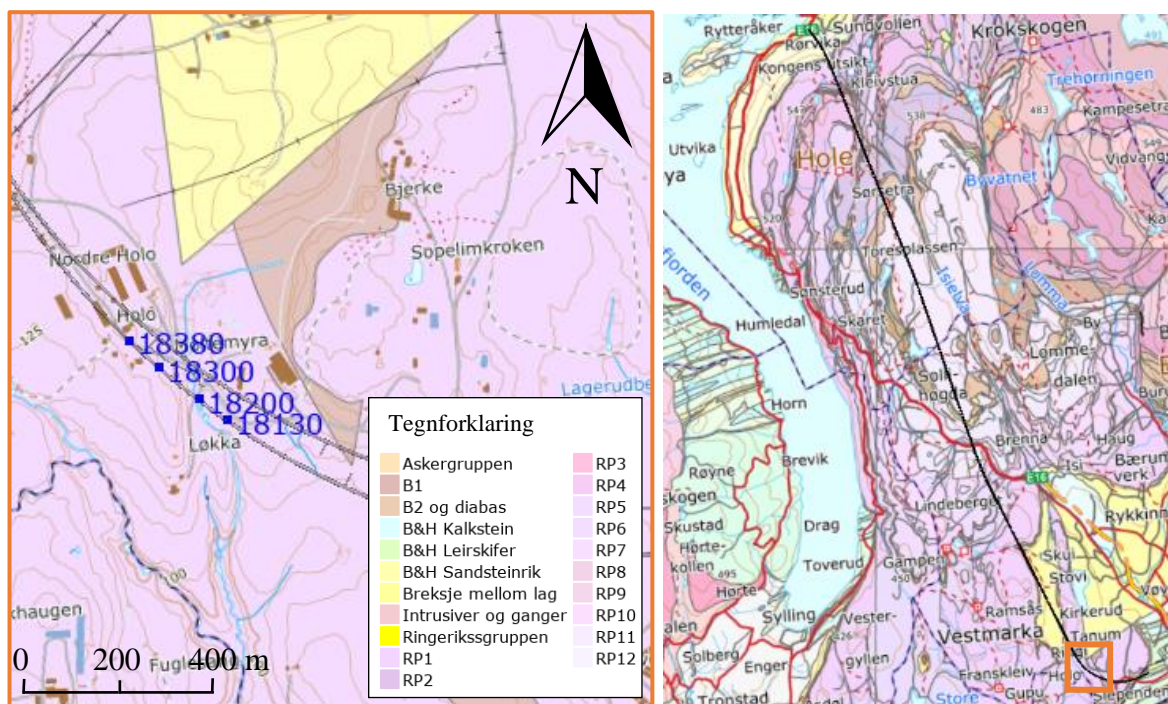
For den sørlige delen av tunnelen ble det i prosjektoppgaven sett nøyere på pelnr. 17000-17250, kalt strekning 1 (Presno, 2019). Valg av strekning ble i hovedsak gjort av interesse for hvilke konsekvenser svakhetssonen av klasse III som krysser tunnelen langs denne strekningen vil ha for inndrift, og hvor Askergruppen vil havne i forhold til tunnelen. I masteroppgaven er denne strekningen flyttet til **pelnr. 18130-18380**, og blir nå kalt strekning A. Her er fortsatt beliggenheten av Askergruppen av interesse samt påvirkningen av svakhetssonen av klasse IV som krysser tunnelen ca. midt på strekningen. Årsaken til denne forskyvningen er ønsket om mindre usikkerhet knytte til modellen. Den nye plasseringen gir bedre dekning av kjerneboringer, og kjerneboringene antas å befinne seg i de samme to forkastningsblokkene som strekning A ligger i.

Strekning A befinner seg i søndre del av tunnelen, rundt 2,2 km etter avgreining fra Tanumtunnelen. Strekningen er 250 m lang. Plasseringen er vist i figur 2.10. Her går tunnelen i to enkeltspor, før de går sammen til et dobbeltspor litt lengre nord for strekning A. Utgående

## 2. Bakgrunn

spor blir vurdert i denne oppgaven. Strekning A har en overdekning på rundt 80 m. Omkring pelnr. 18260 krysser en svakhetszone av klasse IV tunnelen på skrå (Bane NOR, 2018). Den har antatt bredde 40 m. Kjerneboringer viser at den er av særdeles dårlig bergmassekvalitet. Innlekksjekravet langs strekning A er 7 l/min per 100 m tunnel.

Plasseringen av strekning A er valgt ettersom dette forventes å være et problematisk strekke under driving. Den kryssende svakhetssonen og den ugunstige Askergruppen er hovedsakelig årsaken. Bane NOR (2018) forventer å finne Askergruppen i hengen på vei inn mot svakhetssonen, før forkastningsspranget flytter Askergruppen i sålen av tunnelen. Plasseringen av Askergruppen ønskes å undersøkes nøyere, samt gjøre et estimat av inndrift for et slikt forventet problematisk område.



**Figur 2.10: Oversiktskart over plassering av strekning A (pelnr. 18130-18380). Figur laget i Leapfrog med berggrunnskart N50 fra NGU (2019) (ETRS89 Sone 33).**

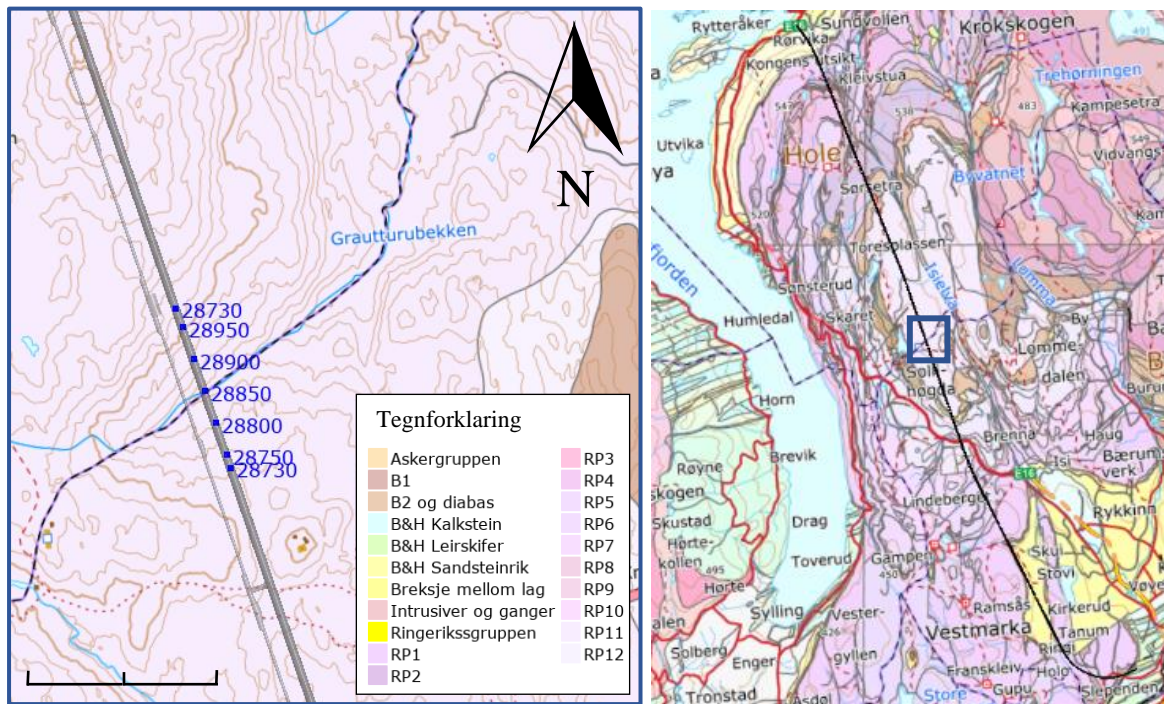
### 2.9 Strekning B

Den andre strekningen som ble vurdert i prosjektoppgaven går fra pelnr. 27750-28000, kalt strekning 2 (Presno, 2019). Her ligger brannslukkepunktet/rømningsstasjonen. Tunnelens geometri avviker derfor fra det normale dobbeltsporprofilet. For at estimatet av inndrift skal bli så nøyaktig som mulig, er strekningen i denne oppgaven forskjøvet nordover til **pelnr. 28730-28980**, kalt strekning B. Her har tunnelen normalt dobbeltsporprofil. Strekning B ligger ca. midt mellom to kjerneboringer som antas å ligge i samme geologiske blokk som strekningen. Strekning 2 har kortere avstand til flere kjerneboringer enn strekning B, men ettersom en eller flere store svakhetssoner ligger mellom kjerneboringene og strekning 2, antas det at usikkerheten reduseres ved å se på kjerneboringer som antas å ligge i samme geologiske. Foruten om tunnelens geometri ligner strekning 2 og strekning B på hverandre; begge har en svakhetsone av klasse II som krysser tunnelen, tunnelen antas å ligge i RP, og eventuelle flattliggende sandsteinslag i/mellom RP-strømmene vil være av interesse under modellering.

Strekning B ligger ca. midt på tunnelen rett øst for Niskinnvatnet. Det er 250 m langt og går fra pelnr. 28730 til pelnr. 28980. Plasseringen er vist i figur 2.11. Tunnelen går i dobbeltspor, med en servicetunnel som går parallelt 20 m vest for hovedtunnelen. I denne oppgaven blir kun dobbeltsportunnelen vurdert. Eventuelle påvirkninger servicetunnelen har på inndrift vurderes ikke. Overdekningen langs strekning B er rundt 220 m. Bane NOR (2018) antar at det rundt pelnr. 28850 er en 10 m bred svakhetsone av klasse II som følger forsenkningen som går nordøst-sørvest i terrenget. Innlekkasjekravet langs strekning B er 7 l/min per 100 m tunnel.

Bane NOR (2018) forventer at tunnelen i strekning B ligger plassert i en av RP-enhetene. Denne strekningen er valgt ut av interesse for å undersøke om eventuelle sandsteinslag i/mellom RP-enhetene opptrer på tunnelnivå, og/eller om tunnelen går gjennom en grense mellom to RP-enheter. Dette vil kunne gi stabilitets- og innlekkasjeproblemer. Påvirkningen forkastningen har på inndrift ønskes også å undersøkes.

## 2. Bakgrunn



**Figur 2.11: Oversiktskart over plassering av strekning B (peknr. 28730-28980). Figur laget i Leapfrog med berggrunnskart N50 fra NGU (2019) (ETRS89 Sone 33).**

## 3 Teori

Hensikten med dette kapitlet er å tilegne seg nok kunnskap for å kunne komme med et tidsestimat for driving. Det blir først presentert en inndeling av ulike bergmasser basert på bergmassens kvalitet. Deretter omtales Q-metoden for å bestemme nødvendig permanent sikring av et undergrunnsanlegg. Hoveddelen av dette kapitlet består av teori knyttet til inndrift, og hva som påvirker inndriften. Legg merke til at veldig lave Q-verdier ikke behandles i denne oppgaven, da sikring for bergmasser av denne typen må dimensjoneres spesielt.

### 3.1 Q-verdi og bergmasseklasser

En Q-verdi beskriver bergmassens kvalitet. Den ligger ett sted mellom 0,001 og 1000 (NGI, 2015). Q-verdien regnes ut med likning 3.1. Jo høyere Q-verdi en bergmasse har, desto bedre er bergmassekvaliteten.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} * \frac{Jr}{Ja} * \frac{Jw}{SRF} \quad \text{(likn. 3.1)}$$

Hvor

<i>RQD</i>	Bergmassens oppsprekkingsfaktor
<i>Jn</i>	Tall for sprekkeseett
<i>Jr</i>	Tall for sprekkeruhet
<i>Ja</i>	Tall for sprekkedybde
<i>Jw</i>	Sprekkevannstall
<i>SRF</i>	Spenningsfaktor

Skjema for bestemmelse av de ulike parameterne er gitt i figur A.1 i vedlegg A. For RQD brukes det av praktiske grunner en minimumsverdi på 10. Ved kjernelogging logges vanligvis ikke *Jw* og *SRF*, men settes lik 1. Q-verdien som regnes ut kalles da *Q'*. Normalt gis hver meter borehull en *Q'*-verdi. Ettersom et borehull kun er et lite hull i bakken, vil *Q'*-verdier funnet gjennom borehullslogging ha en større usikkerhet enn de utført i dagen. Antall registrerte sprekker –

---

spesielt sprekker som går parallelt med borehullet – vil avhenge av borehullets retning (NAA, 2017a). Verdien av RQD og Jn kan dermed risikeres å settes for lav. Sprekkeoverflatene som observeres har et begrenset areal. Dette vil gi en usikkerhet til verdiene av Jr og Ja. Under boring kan sprekkemateriale forsvinne, og det er da en fare for at Ja ikke settes høy nok. Basert på Q-verdien til bergmassen tildeles bergmassen en bergmasseklasse. En oversikt over klassifiseringen er vist i tabell 3.1. Bergmasseklasse E kan igjen deles inn i E1 ( $0,2 < Q < 1$ ) og E2 ( $0,1 < Q < 0,2$ ).

**Tabell 3.1: Oversikt over bergmasseklasser med tilhørende Q-verdi (NGI, 2015).**

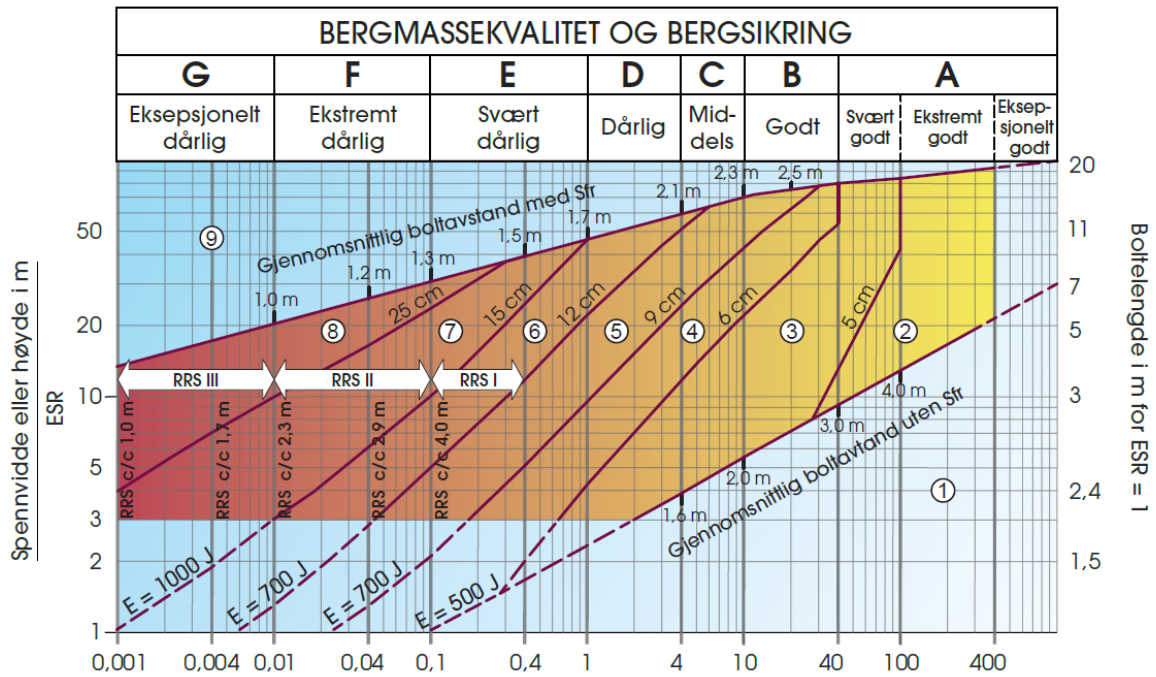
<i>Bergmasseklasse</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>
Fargekode							
Q-verdi	40-400	10-40	4-10	1-4	0,1-1	0,01-0,1	0,001-0,01
Beskrivelse	Svært god	God	Bra	Dårlig	Veldig dårlig	Ekstremt dårlig	Eksepsjonelt dårlig

### 3.2 Q-metoden

Er bergmassens Q-verdi og berggrommets ekvivalente dimensjon kjent, anbefaler diagrammet i figur 3.1 permanent sikring av berggrommet. Dette kalles Q-metoden. Berggrommets ekvivalente dimensjon vises langs y-aksen; den er lik berggrommets største dimensjon dividert på ESR. Sikkerhetskrav ESR settes lik 1,0 for store tog tunneler (NGI, 2015). For mindre tog tunneler er den 1,3. Berggrommets største dimensjon er enten spennvidden eller høyden, denne regnes i meter. Anbefalt boltelengde vises langs y-aksen til høyre. Merk at verdiene er gitt for ESR = 1. En individuell vurdering for ESR = 1,3 må derfor gjøres. Generelt anbefales det lengre boltelengde ved dårligere Q-verdier (NGI, 2015).



### 3. Teori



#### Sikringskategorier

- ① Usikret eller spredt bolting
- ② Spredt bolting, **SB**
- ③ Systematisk bolting, fiberforsterket sprøytebetong, 5-6 cm, **B+Sfr**
- ④ Fiberforsterket sprøytebetong og bolting, 6-9 cm, **Sfr (E500)+B**
- ⑤ Fiberforsterket sprøytebetong og bolting, 9-12 cm, **Sfr (E700)+B**
- ⑥ Fiberforsterket sprøytebetong og bolting, 12-15 cm + forsterkede ribber med sprøytebetong og bolting, **Sfr (E700)+RRS I +B**
- ⑦ Fiberforsterket sprøytebetong >15 cm + forsterkede ribber med sprøytebetong og bolting, **Sfr (E1000)+RRS II+B**
- ⑧ Støpt betongforing, **CCA** eller **Sfr (E1000)+RRS III+B**
- ⑨ Spesiell vurdering

Boltavstand er hovedsaklig basert på Ø20 mm

E = Energiabsorpsjon i fiberforsterket sprøytebetong

ESR = Utgravingens sikringsgrad

Områder med prikkede linjer har ingen empiriske data

#### RRS - avstand relatert til Q-verdi

**I** **Si30/6 Ø16 - Ø20 (spennvidde 10m)**  
D40/6+2 Ø16-20 (spennvidde 20m)

**II** **Si35/6 Ø16-20 (spennvidde 5m)**  
**D45/6+2 Ø16-20 (spennvidde 10m)**  
D55/6+4 Ø20 (spennvidde 20m)

**III** **D40/6+4 Ø16-20 (spennvidde 5 m)**  
**D55/6+4 Ø20 (spennvidde 10 m)**  
Spesiell vurdering (spennvidde 20 m)

Si30/6 = Enkelt lag med 6 armeringsjern, 30 cm tykkelse med sprøytebetong

D = Dobbel lag med armeringsjern

Ø16 = Armering diameter er 16 mm

c/c = RSS avstand, senter - senter

**Figur 3.1: Diagram over Q-metoden som viser anbefalt permanent sikring (NGI, 2015). Si/D: enkelt/dobbel lag med kamstålstenger. 45: total buetykkelse. 6: 6 stk kamstålstenger. 16/20: diameter i mm på kamstålstengene. RRS: sprøytebetongbue.**

### 3.3 Forkastninger

Som allerede nevnt forventer Bane NOR (2018) at svakhetssonene enten består av forkastninger, svake bergartslag eller sedimentære lag mellom to RP-strømmer. De steile svakhetssonene består av forkastninger og er tektoniske dannet. Slike bruddsoner har vanligvis storskala plane flater (Nilsen, 2016). Jo steilere sonen er, desto større er sannsynligheten for at den er plan. Bruddsoner av denne typen har som regel ikke stor variasjon i mektighet. Sideberget er ofte svekket av den tektoniske bevegelsen, slik at det er en overgangssone fra sideberg til knusningssone. Sideberget kan være påvirket flere titalls meter normalt fra en stor forkastning (Jernbaneverket, 2008). Bergmassekvaliteten inn mot en forkastning vil derfor minke. En inndeling av svakhetssonene gjort av Bane NOR langs Krokskogtunnelen er vist i tabell 3.2.

**Tabell 3.2: Svakhetssoner med tilhørende antatt bergmasseklasse, samt beskrivelse av de ulike klassene (Bane NOR, 2018).**

<i>Svakhetssoner-klasse</i>	<i>Bergmasse-klasse</i>	<i>Q-verdi</i>	<i>Klassifisering/antatt stabilitet/vannlekkasjer</i>
I	E1	0,2-1	Noe dårlig/brukbare driveforhold, blokkutfall /mulige vannlekkasjer
II	E2	0,1-0,2	Dårlig/blokkutfall, utrasing/mulige vannlekkasjer
III	F	0,01-0,1	Svært dårlig/vanskelige driveforhold, fare for utrasing/mulige vannlekkasjer
IV	G	0,001-0,01	Særdeles dårlig/vanskelige driveforhold, fare for ras foran stuff/mulige vannlekkasjer

### 3.4 Inndrift

En rundesyklus for driving av tunnel består av følgende fire operasjoner:

1. Boring, ladning, sprengning
2. Ventilering
3. Lasting og transport
4. Rensk og bergsikring

Inndriftsestimater kan deles inn i netto og brutto inndrift. Netto inndrift omfatter operasjon 1, 2, 3 og driftsrensk fra operasjon 4. Brutto inndrift ser på alle de fire operasjonene, og dermed alle faktorene som påvirker tunnelens inndrift. I dette kapitlet blir det gått nøyere inn på hva som inngår i netto og brutto inndrift.

#### 3.4.1 Netto inndrift

I denne oppgaven estimeres netto inndrift ved hjelp av Tunsim. Tunsim er en programvare som tar for seg inndrifts- og kostnadsberegninger for tunnel drevet med boring og sprengning. Parameterne med innvirkning på inndrift blir gjennomgått i Zares rapport «*2B-05 DRILL AND BLAST TUNNELING Advance Rate*» (Zare, 2007a). Her blir de tre første operasjonene i rundesyklusen og hva de innebærer presentert i detalj, i tillegg til driftsrensk fra operasjon 4. En beskrivelse av de ulike parametere som inngår i inndriftsestimeringen for netto inndrift er vist i tabell A.1 i vedlegg A. Grafer for bestemmelse av parametere er også gitt i vedlegg A.

#### **Bergmasseegenskaper og sliteegenskaper**

Netto inndrift avhenger blant annet av bergmassenes bergdata. Tunsim benytter borsynkindeks, borbarhet, sprengbarhet og VHNR under inndriftsestimering. Borsynkindeks (DRI) avhenger av sprøhetstall og Sievers J-verdi. Denne leses av fra diagrammet i figur A.2 i vedlegg A. Sprøhetstallet beskriver bergets knusningsmotstand, mens Sievers J-verdien beskriver bergets overflatehardhet (Zare, 2007a). Avhengig av borsynkindeksen gis bergmassen en god, dårlig eller medium borbarhet:

- God borbarhet:  $58 < \text{DRI} < 100$
- Medium borbarhet:  $43 < \text{DRI} < 57$
- Dårlig borbarhet:  $0 < \text{DRI} < 42$

Sprengbarheten (SRP) sier noe om hvor enkel bergmassen er å sprengre. Tunsim skiller mellom god, dårlig og medium sprengbarhet. Dersom bergmassen er sterkt oppsprukket eller tunnelen er orientert parallelt til et sprekkesett, går sprengbarheten ned (Zare, 2007b). En oversikt over typisk sprengbarhet for ulike bergarter er vist i figur A.3 i vedlegg A.

VNHR (Vicker's hardness number rock) er en slitasjeparameter som avhenger av bergartens prosentvise mineralinnhold (NTNU-Anleggsdrift, 1998). Et minerals sliteevne (VHN) ganges med mineralets prosentandel i bergarten. Dette gjøres for hvert mineral bergarten består av. Ved å summere opp disse finnes bergartens VHNR. Normalt ligger VHNR mellom 100 og 1000. VNH for vanlige mineraler er vist i figur A.4 i vedlegg A.

#### **Utvidet tunnelprofil**

Dersom Q-verdien blir lav nok, må tunnelprofilen utvides for å gjøre plass til tung sikring. Dette blir nærmere beskrevet i kapittel 3.4.2. Av inngangsparameterne i Tunsim vil et utvidet tunnelprofil ha innvirkning på:

- Antall borehull
- Faktor for mangel på samtidighet
- Ladetid
- Riggetid, boring og ladning
- Ventilasjonspause
- Normalisert brutto lastekapasitet
- Faktor for overmasse
- Riggetid, lasting og transport
- Tid for driftsrensk

Fra inngangsparameterne gjør Tunsim en rekke utregninger. Av disse er utregningen «volum sprengt stein pr. runde» den eneste som direkte påvirkes av tunnelens tverrsnitt. Utregning er vist i likn. 3.2.

---

*volum sprengt stein pr. runde*

$$= \text{tunneltverrsnitt} * \text{boret lengde} * \text{inndrift pr. runde, pull} \\ * \text{faktor for overmasse} \quad \text{(likn. 3.2)}$$

#### 3.4.2 Brutto inndrift

Brutto inndrift ser på alle aktiviteter som spiller inn på tunnelens inndrift. Alt arbeid som utføres på og foran stuff vil være fremdriftshemmende. Kun aktiviteter som kommer i tillegg til de i netto inndrift blir beskrevet i dette kapitlet. I møte på svakhetssoner som krever tung sikring skal en sikringssone etableres minst 15 m i forkant (Pedersen, et al., 2010). Q-metoden anbefaler når tung sikring er nødvendig. Følgende steg utføres når sikringssonen etableres:

1. Tunnelprofilen utvides
2. Forinjeksjon utføres
3. Forbolting utføres
4. Tung sikring monteres
5. Ny salve med redusert salvelengde

I tillegg til sikringssonen vil også arbeidssikring i form av bolter og sprøytebetong være fremdriftshemmende. Driftsrensk dekkes av netto inndrift og omtales derfor ikke videre her. I denne oppgaven vil kun de aktivitetene nevnt over, inkludert arbeidssikring, bli vurdert. Tilfeller med veldig lave Q-verdier som krever spesielt dimensjonert sikring blir ikke betraktet. Aktiviteter som kjerneboring, frysing av stuff, rørskjerm, jet-grouting, oppdelt tunneltverrsnitt og full utstøpning vurderes derfor ikke. En gjennomgang av de fremdriftshemmende aktivitetene brukt til estimering av brutto inndrift vil nå bli gitt.

#### **Byggherrens halvtime**

Ved driving av tunneler inngår det i kontrakten mellom byggherre og entreprenør at bergkvaliteten skal dokumenteres av en ingeniørgeologi etter hver salve (Rongved, u.å.). Dette

---

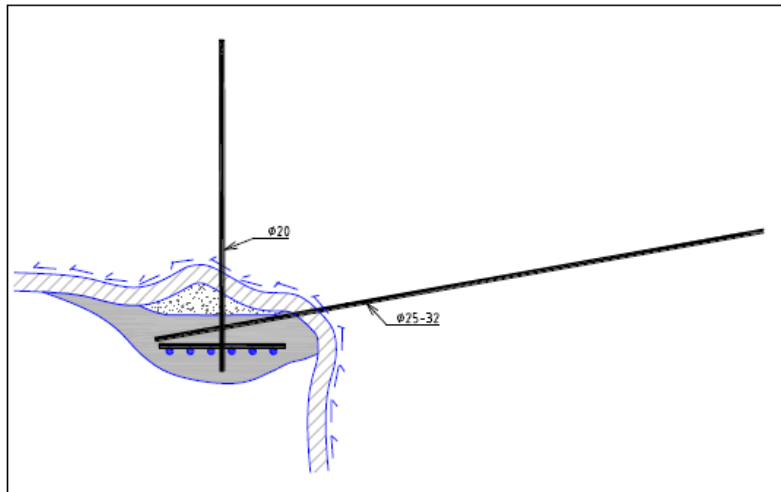
er for å bestemme sikringsbehov. Kartleggingen utføres etter driftsrensk og utlasting av sprengstein. En halvtime settes av til dette.

#### **Arbeidssikring: bolter og sprøytebetong**

Bolter er den vanligste metoden for bergsikring (Nilsen, 2016). De går radielt ut fra tunnelprofilet, og utføres enten spredt eller systematisk. Hovedsakelig utføres bolting bak stuff, men som regel ønsker entreprenøren å installere et minimum av arbeidssikring på stuff. Ifølge NTNU-professor Eivind Grøv er det vanlig at 10-15 bolter installeres etter hvert salve (epost, 21. mai 2020). NTNU-Anleggsdrift (1998) benytter en boltetid på 0,2 timer/m bolt. Dette inkluderer både boring og installering av boltene, og gjelder for polyesterforankrede bolter. Som arbeidssikring er det også vanlig å sprøyte et minimum av sprøytebetong før neste salve skytes. Resten sprøytes bak stuff. Total tid for sprøyting av sprøytebetong finnes fra figur A.19 i vedlegg A. Bolter og sprøytebetong inngår i den permanente sikringen og dekkes derfor av Q-metoden.

#### **Armerte sprøytebetongbuer**

Armerte sprøytebetongbuer er en form for tung sikring som tar mer og mer over for full utstøpning (NFF, 2008). Først påføres et ca. 10 cm tykt jevnt lag med sprøytebetong på heng og vegg. (Nilsen, 2016). Deretter legges armeringsjernet rundt tunnelprofilet, som forankres med radielle bolter. Boltene bør være lange nok til å inngå som en del av den permanente boltesikringen. Til slutt sprøytes bolter og buer inn med sprøytebetong. Alt dette skal være gjort før neste salve skytes. En illustrasjon av en armert sprøytebetongbue montert på stuff er vist i figur 3.2. Dersom doble sprøytebetongbuer benyttes monteres bue nummer to utenpå den første, dette gjøres vanligvis bak stuff (Statens vegvesen, 2016).



**Figur 3.2: Prinsippkisse som viser installasjon av forbolter og armerte sprøytebetongbuer på stoff (Pedersen, et al., 2010). Forbolten er skråstilt, monteringsbolten radiell.**

Ettersom armerte sprøytebetongbuer er en permanent sikring anbefales de av Q-metoden. De kalles der for RRS (reinforced rib steel). En inndeling av RRS I og RRS II etter spennvidde er vist i tabell 3.3. RRS III blir ikke behandlet i denne oppgaven.

**Tabell 3.3: Armerte sprøytebetongbueklasser etter Q-metoden. Si30/6: enkelt lag med 6 armeringsjern, 30 cm tykkelse med sprøytebetong. D: dobbelt lag med armeringsjern. Ø16: armering diameter 16 mm.**

<i>Spennvidde</i>	<i>Enkeltarmert RRS I</i>	<i>Dobbeltarmert RRS II</i>
5 m	-	Si35/6 Ø16-20
10 m	Si30/6 Ø16-20	D45/6+2 Ø16-20
20 m	D40/6 Ø16-20	D55/6+4 Ø20

#### **Redusert salvelengde**

Normal salvelengde er 5 m. Dersom Q-metoden anbefaler innstallering av tung sikring, reduseres salvelengden. Å redusere salvelengden fra 5 til 3 meter er vanlig (Pedersen, et al., 2010). Dette vil gi mindre rystelser ved sprengning, samt fremskynde etableringen av arbeidssikring (NFF, 2008).

#### **Sonderboring**

Sonderboring består av å bore 20-30 m lange hull foran stoff for å innhente informasjon om framtidige vann- og bergforhold. Formålet er å gi en mer forutsigbar tunneldriving, samt redusere risikoen for ras på stoff. I håndbok N500 og V520 (Statens vegvesen 2020; 2016) står det at for vegtunnelen skal sonderboring benyttes:

- For strekninger med definerte innlekkasjekrav
- Ved antatte svakhetssoner og dårlig bergmassekvalitet
- Ved liten og usikker bergoverdekning
- Ved forventet svakt fallende lag som kan fungere som svakhetsplan

Sonderboring inngår som en del av sikringssonen. Boringen skal starte minst 25 m før kritisk område, altså 10 m før resten av elementene i sikringssonen etableres (Statens vegvesen, 2016). Det er viktig at det bores tett nok til å avdekke forholdene så korrekt som mulig. På bakgrunn av resultatene for sonderboringen vurderes det om ytterligere sonderboring er nødvendig, samt behov for forinjeksjon og forbolting av kommende strekning. Dersom systematisk injeksjon benyttes, kan dette erstatte sonderboring. Ved mistanke om flattliggende svakhetssoner, må ekstra sonderhull med større stikning bores i heng og såle for å avdekke slike eventuelle soner. Dette er illustrert i figur 3.3. De ekstra hullene er kortere enn vanlige sonderhull.

Likn. 3.3 viser utregning for total tid for boring av borehull. Total boretid er en sum av boretid  $T_h$ , forflytning mellom hull ( $T_f$ ), tid for stangskjøting ( $T_{st}$ ), tid for bytting av borkrone ( $T_k$ ), tid for mangel på samtidighet ( $T_{sa}$ ) og riggetid ( $T_{rb}$ ). Utregningen for de enkelte leddene er hentet fra «2B-05 Drill and Blast Tunneling Advance Rate» av Zare (2007a). De ulike parameterne er nærmere beskrevet i tabell A.1 i vedlegg A.  $l_h$  og  $N_h$  bestemmes ut ifra forholdene. I vedlegg A ligger diagram for bestemmelse av de resterende parameterne.

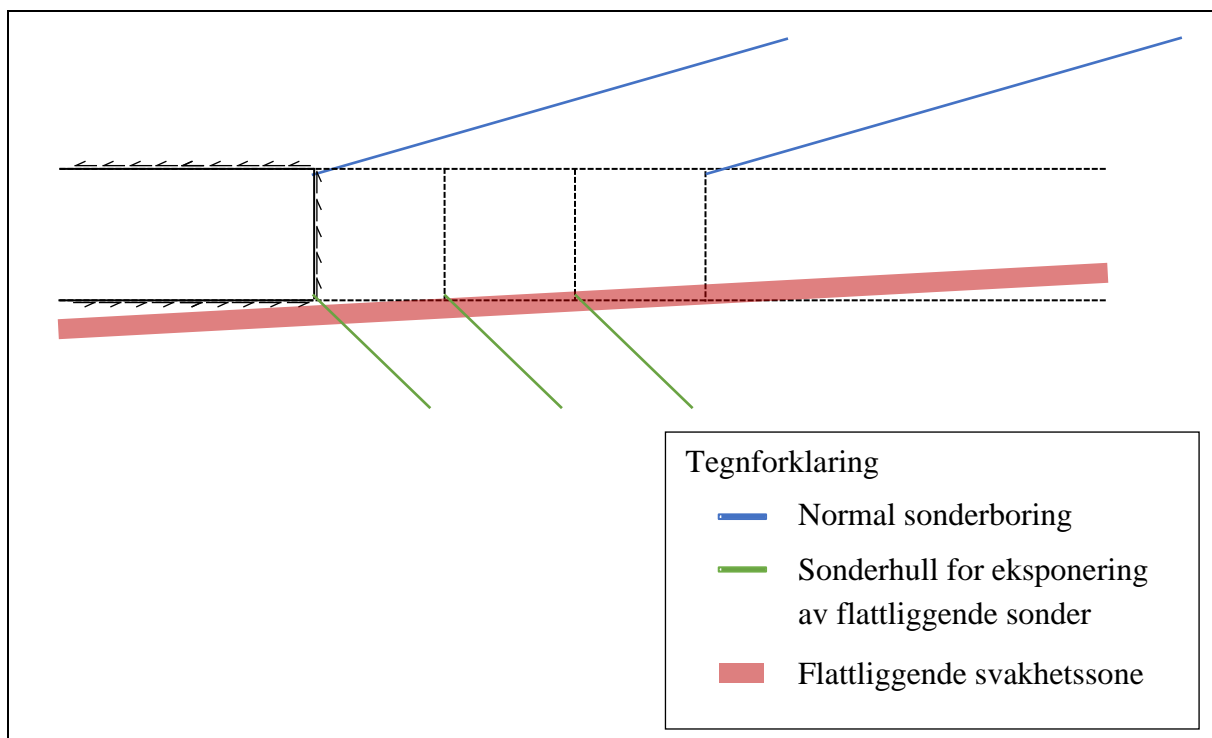
---



### 3. Teori

$$\begin{aligned} T &= T_h + T_f + T_{st} + T_k + T_{sa} + T_{rb} \\ &= \frac{N_h}{N_m} \left[ l_h \left( \frac{1}{v_h} + f_k t_k + \frac{f_{sa}}{v_h} \right) + t_f (1 + f_{sa}) + t_{st} \right] + T_{rb} \end{aligned} \quad \text{(likn. 3.3)}$$

$l_h$	Boret lengde	$T_{rb}$	Riggetid
$N_h$	Antall borehull	$t_{st}$	Enhetstid stangskjøting, 1.8-1.9 min
$v_h$	Netto inntrengningshastighet	$f_k$	Byttefrekvens, borekrone
$N_m$	Antall borhamre	$t_k$	Enhetstid, bytting av borekrone
$t_f$	Forflytningstid per hull	$f_{sa}$	Korreksjonsfaktor for mangel på samtidighet



Figur 3.3: Illustrasjon over sonderboring.

#### Utvidet tunnelprofil

Når armerte sprøytebetongbuer skal installeres, må tunnelverrsnittet utvides for å gjøre plass til den ekstra sikringen. Sikringsbredden normalt på tunnelprofilet til en enkeltarmert sprøytebetongbue er 0,3 m (Statens vegvesen, 2016). For en dobbeltarmert sprøytebetongbue er sikringsbredden 0,6 m. Tunnelverrsnittet må utvides tilsvarende bredden på den tunge sikringen.

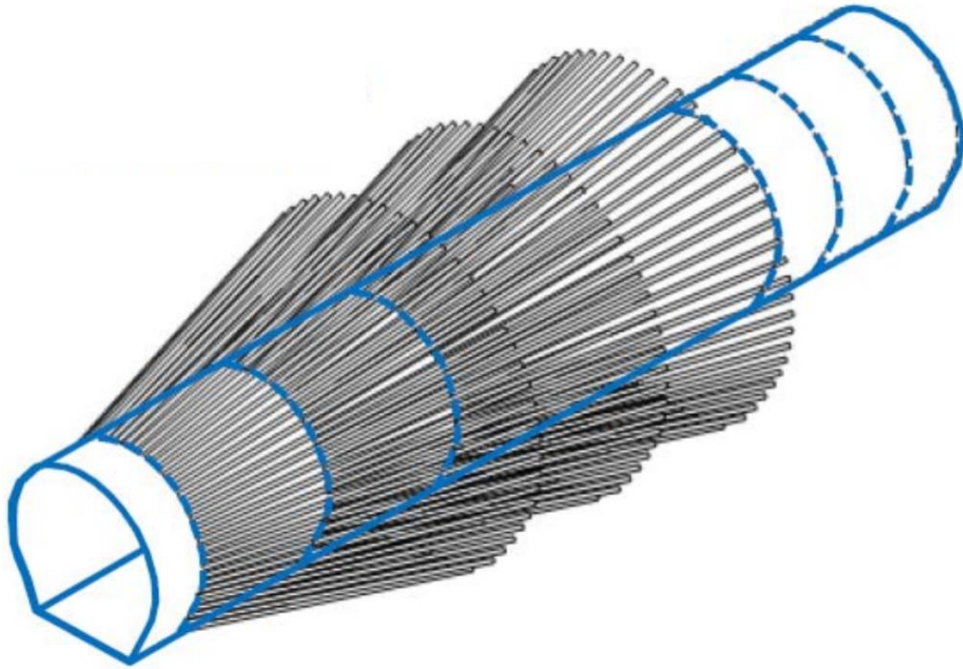
#### Forinjeksjon

Ved driving av tunnel settes det krav til tillatt innlekkasje av vann for å ta hensyn til omgivelsene, anleggsdriften og tunnelens funksjon (NFF, 2010). For å møte disse kravene blir det benyttet forinjeksjon. Tabell 3.4 viser en oversikt over innlekkasjekrav med typiske hullavstander ved ansett. Uavhengig av innlekkasjekravet vil også forinjeksjon benyttes som en del av sikringssonen (Pedersen, et al., 2010).

**Tabell 3.4: Innlekkasjekrav og typisk hullavstand ved ansett (NFF, 2010).**

	<i>Strengt krav</i>	<i>Middels krav</i>	<i>Løst krav</i>
<i>Tillatt innlekkasje</i>	5 l/min/100meter	10 l/min/100meter	20 l/min/100meter
<i>c/c ved ansett</i>	0,5-1,0 m	1,0-1,5 m	1,5-2,5 m

En injeksjonsskjerm etableres ved å injisere hull boret i driveretning med en vinkel ut fra tunnelprofilet. Hele profilet – inkludert sålen – injiseres, i tillegg til hull fra sonderboringen (Pedersen, et al., 2010). Det er viktig at skjermene etableres hyppig nok til å gi en god overlapp på ca. 8 m, slik som vist i figur 3.4. Ved strenge innlekkasjekrav benyttes systematisk injeksjon (Klüver & Kveen, 2004). Er innlekkasjekravene lave benyttes sporadisk injeksjon, hvor resultatene fra sonderboringen bestemmer injeksjonsprosedyren. Høyt sluttrykk under injisering er ønsket. Da går injeksjonen raskere og blir av bedre kvalitet ettersom flere sprekker fylles og eventuell hydraulisk splitting oppstår. Aktiv injeksjon er når trykket økes gradvis under injisering (Andersson, 2005).



**Figur 3.4: Prinsippskisse av injeksjonsskjermer (Garshol, et al., 2013)**

Injeksjonstiden er tiden fra første ansett for boring av ny skjerm, til injeksjon av siste hull er avsluttet (Andersson, 2005). Denne tiden kan deles inn i boretid og injiseringstid. Boretiden regnes ut med likn. 3.3. Dersom empirisk data over masseforbruk og tidsforbruk for en bergmasse er kjent, kan tiden for injisering per meter injeksjonshull regnes ut med likn. 3.4.

$$tid \text{ per } m \text{ inj. hull} = \frac{tid \text{ per } m \text{ inj. tunnel}}{\frac{masse \text{ per } m \text{ inj. tunnel}}{masse \text{ per } m \text{ hull}}} \quad (\text{likn. 3.4})$$

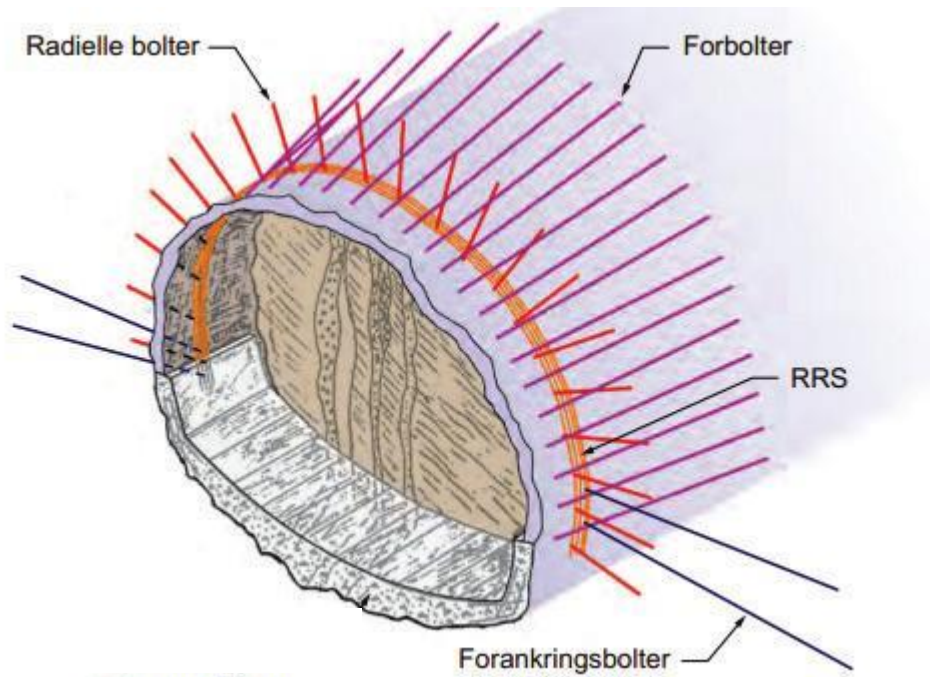
### Forbolter

Forbolter er en arbeidssikring som skal hindre ustabile forhold på stoff, samt sikre at tunnelen oppnår ønsket profil (Pedersen, et al., 2010). Boltene blir boret i driveretning med en vinkel ut fra tunnelprofilen. En illustrasjon er vist i figur 3.2 og figur 3.5. Forbolter er en del av

### 3. Teori

---

sikringssonen og installeres samtidig med tung sikring. Dersom tung sikring består av armerte sprøytebetongbuer blir forboltene installert før sprøytebetongbuene, slik at hver rast med forbolter undersøttes med en sprøytebetongbue (Statens vegvesen, 2016). Heng og eventuelt vegg og såle skal boltes, avhengig av bergmassekvalitet og tunneltverrsnitt.



**Figur 3.5: Modifisert prinsippkisse over forbolter, armerte sprøytebetongbuer og radielle bolter (NFF, 2008).**

## 4 Data og materiale

I dette kapittelet blir data benyttet i oppgaven presentert. Disse består av data tatt inn i Leapfrog for 3D-modellering og data brukt for estimering av inndrift. Modellen laget for strekning A kalles område A, modellen laget for strekning B for område B.

### 4.1 Inndrift

Rådata brukt under estimering av inndrift blir presentert i dette kapittelet. All data som er blitt behandlet presenteres i kapittel 5.1.

#### 4.1.1 Sprøhetstall og Sievers J-verdi

I 2018 ble en rekke bergmekaniske tester for ulike bergarter langs Krokskogtunnelen utført av SINTEF (Eggen 2018; Eggen, Dahlen og Hagen 2018) Alle bergartsprøvene er hentet fra kjerne hull. Resultater for sprøhetstall  $S_{20}$  og Sievers J-verdi er gitt i tabell 4.1. Der det er flere verdier for samme bergart er gjennomsnittsverdien vist. Spriker verdiene veldig i verdi, er verdienes intervall oppgitt. For bergarter som ikke ble testet er typiske data for bergarten hentet fra Yarali & Soyer (2011).

**Tabell 4.1: Verdier for sprøhetstall  $S_{20}$  og Sievers J-verdi fra Eggen (2018), Eggen, Dahlen og Hagen (2018) og <sup>1</sup>Yarali & Soyer (2011).**

	<i>Bærums- og Holegr.</i>	<i>Ringeriksgr.</i>	<i>Askergr.</i>	<i>RP</i>	<i>Basalt</i>	<i>Sandstein</i>
$S_{20}$	61 <sup>1</sup>	45	49	45	37	123 <sup>1</sup>
SJ	47 <sup>1</sup>	77	6-95	4-79	69	64 <sup>1</sup>

### 4.1.2 Systematisk injeksjon

Injeksjonsdata for tilsvarende bergmasser fra nærliggende anlegg er gitt i tabell 4.2. Verdiene er hentet fra strekninger hvor systematisk injeksjon er benyttet under injisering. Med unntak av Askergruppen er høyt sluttrykk benyttet. Verdiene er hentet fra <sup>1</sup>Klüver & Kveen (2004) og <sup>2</sup>Andersson (2005).

**Tabell 4.2: Injeksjonsdata fra nærliggende anlegg fra <sup>1</sup>Klüver & Kveen (2004) og <sup>2</sup>Andersson (2005). RRG: Ringeriksgruppen.**

<i>Bergart</i>	<i>Tunnel peknr.</i>	<i>Innlekk- asjekrav</i>	<i>Masse per m hull</i>	<i>Tid per m inj. tunnel</i>	<i>Masse per time inj.</i>	<i>Masse per m inj. tunnel</i>
	<i>[m]</i>	<i>[l/min per 100 m tunnel]</i>	<i>[kg/m hull]</i>	<i>[time/m inj. tunnel]</i>	<i>[kg/time]</i>	<i>[kg/lm]</i>
Skifer/kalk <sup>2</sup>	Tanum 15925- 16970	4-16	23,2	0,96	1530	1468
Askergruppen <sup>2</sup>	Tanum 16970- 17335	4	26,9	1,59	1397	2223
Basalt/RP/ RRG <sup>1</sup>	Bragernes 400-1900	10-30	81	0,45	1774	1242
Sandstein/ konglomerat <sup>2</sup>	Lunner 3770-3940	10-20	40,8	1,41	1131	1592

### 4.1.3 Forbolter

Typisk data for forbolter er vist i tabell 4.3. Dataen er hentet fra Statens vegvesen (2016) og Pedersen et al. (2019).

**Tabell 4.3: Data benyttet for forbolter.**

<i>Tung sikring</i>	<i>RRS I</i>	<i>RRS II</i>
Diameter	ø25 mm	ø32 mm
Lengde	6 m	6 m
Ansett	c/c maks 0,3	c/c 0,2-0,3 m
Stikning	11°	11°
Salvelengde	3 m	3 m
Hyppighet	Hver salve	Hver salve
Overlapp	2,9 m	2,9 m
Hvor	Heng, evt. vegg	Heng, vegg, såle

## 4.2 3D-modell

All data lagt inn i Leapfrog som er brukt under modellering blir nå presentert.

### 4.2.1 Terrengmodell

To terrengmodeller er hentet fra geonorge.no, en for område A og en for område B (Geonorge, 2013). Modellene er utgitt av Kartverket i et rutenett på 10x10 m. Nøyaktigheten på modellene er  $\pm 2-6$  meter. Modellenes geografiske områder er 6602-3 for område A, 6602-4 for område B. De leveres som DTM-filer i UTM-sone 33, men er konvertert til NTM-sone 10 for å være kompatible med filene fra Bane NOR. For å minske filstørrelsen er modellene klippet til slik at de kun dekker de relevante områdene. Tabell 4.4 er gir en oversikt over koordinatene til terrengmodellene brukt i Leapfrog.

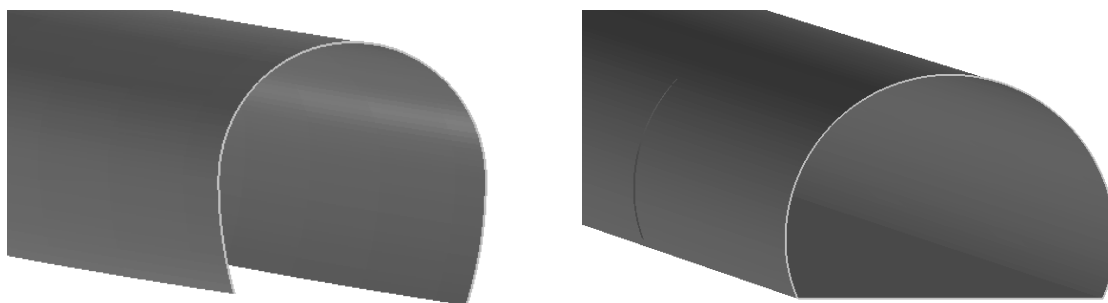
**Tabell 4.4: Oversikt over koordinatene til de to terrengmodellene brukt i Leapfrog. Koordinatene er gitt i NTM-sone 10.**

	<i>OMRÅDE A</i>		<i>OMRÅDE B</i>	
	<i>Øst</i>	<i>Nord</i>	<i>Øst</i>	<i>Nord</i>
<i>Min</i>	96903,72	1209766,34	92320,20	1215778,96
<i>Maks</i>	98642,88	1210966,07	94896,05	1221837,67

### 4.2.2 Tunnelprofil

Langs strekning A går tunnelen i to enkeltspørtunneler, langs strekning B i en dobbeltspørtunnel. Inndriftsestimeringen utføres langs strekning A på det utgående løpet. Inngående løp, tverrslag og adkomsttunneler er ikke tatt med i modellen av område A, ettersom de ikke er relevant for denne oppgaven. Langs strekning B estimeres inndriften for dobbeltspørtunnel. Av samme grunn som for område A er ikke servicetunnelen, tverrslag, adkomsttunneler og rømningsstasjon/brannslukkepunkt tatt med i modellen av område B.

Tunnelprofilene benyttet i Leapfrog er gitt som .dwg-filer fra Bane NOR. Et utsnitt av disse er vist i figur 4.1. Profilene tilsvarer innsiden av tunnelen etter montert bergsikring og avretting av membranen. I området A er enkeltspørtunnelen derfor 1,9 m lavere og 0,8 m smalere enn utsprengt profil. Dobbeltsporet i området B er 1,5 m lavere og 0,8 m smalere enn utsprengt profil.

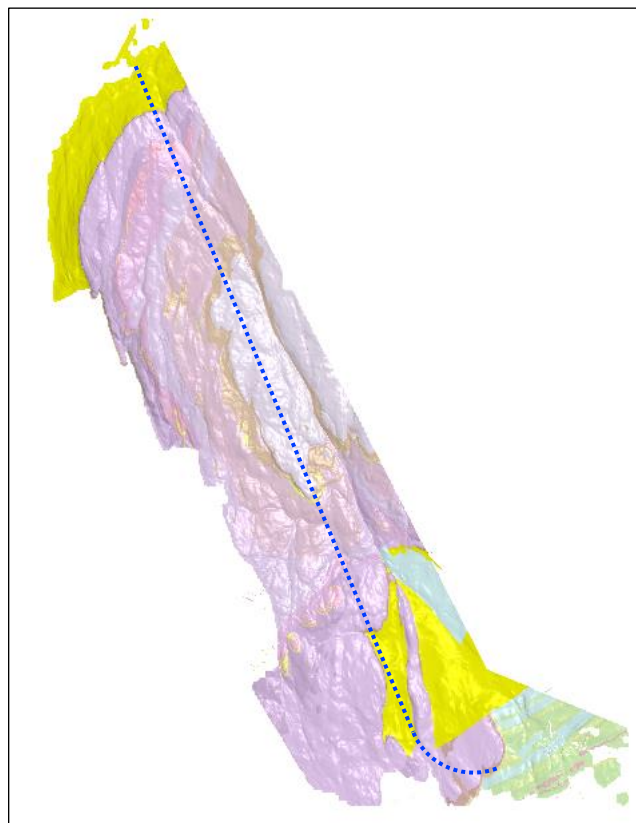


**Figur 4.1: Tunnelprofil benyttet i modellen. Venstre: utgående enkeltspor i område A. Høyre: dobbeltspor i område B. Figurer laget i Leapfrog.**



### 4.2.3 Berggrunnskart

Berggrunnskartet er gitt av Bane NOR som en .dwg-fil, det kommer opprinnelig fra NGU. Kartet er vist i figur 4.2. Hver bergart ligger i sitt eget lag. Bergartenes farger er i henhold til standard fargekart fra NGU (2019), en tegnforklaring over disse er vist i figur 2.7. Kartet er drapert oppå terrenngmodellen. Dette er en forenkling, da det flere steder er stor variasjonen mellom terrengoverflate og bergoverflate.



**Figur 4.2: Berggrunnskart over Krokstogtunnelen brukt i modellen. Omtrentlig plassering av tunnelen er vist i blå stiplet linje. Figur laget i Leapfrog.**

#### 4.2.4 Kjerneboring

Plasseringen og orientering av kjerneboringer brukt under modellering er vist i tabell 4.5. Figur 4.4 viser plasseringen langs tunneltraseen. Data for kjerneboringene er hentet fra rapporter utarbeidet av NAA (2017a; 2017b; 2017c; 2018b; 2018c). De er gitt som PDF-filer, og inneholder blant annet bilder av kjernene, boredata, vanntapsmålinger, avviksmålinger og LogPlot-profil. Kun data lagt inn i Leapfrog er vist i vedlegg B. Noen av disse er behandlet, dette blir nærmere beskrevet i kapittel 5.1.3 og 5.2.3.

**Tabell 4.5: Plassering og orientering av kjernehull. Koordinater er gitt i NTM-sone 10.**

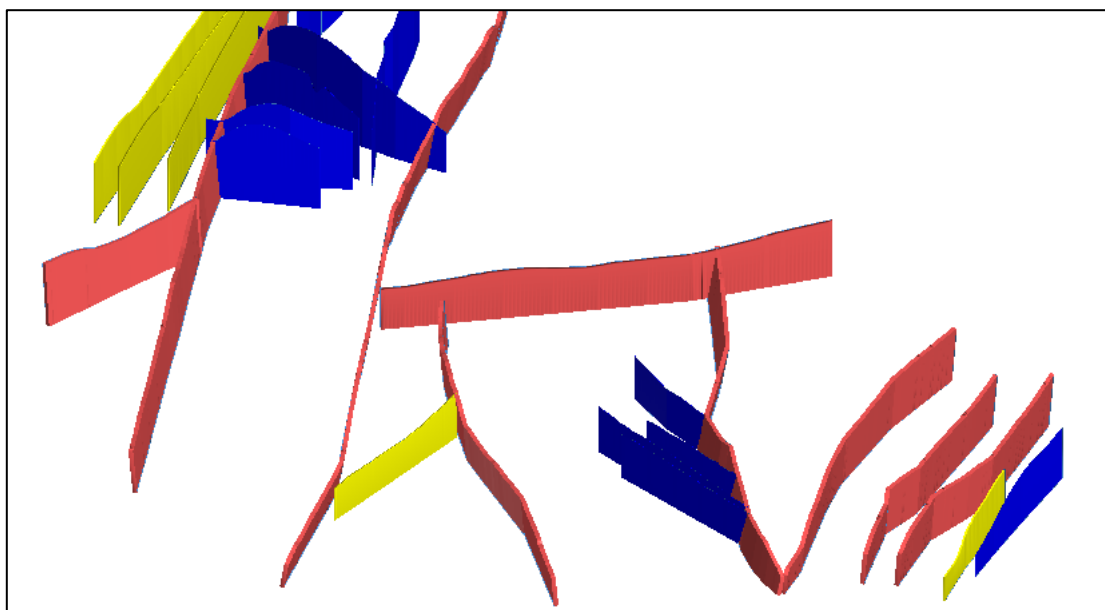
<i>Kjernehull</i>	<i>Strøk/fall</i>	<i>Lengde</i>	<i>Øst</i>	<i>Nord</i>	<i>Høyde</i>
BH02/16	N280°Ø/35°	201,3 m	97649,73	1210116,41	116,62
K02	Fall 90°	174,8 m	97480,89	1210206,20	131,1
K03	N340°Ø/80°	200,8 m	96983,66	1210852,67	181,3
BH09/16	N070°Ø/45°	350,6 m	93364,71	1218126,12	304,72
BH14/16	N180°Ø/86°	301,0 m	92526,98	1221712,26	344,25

#### 4.2.5 Svakhetssoner

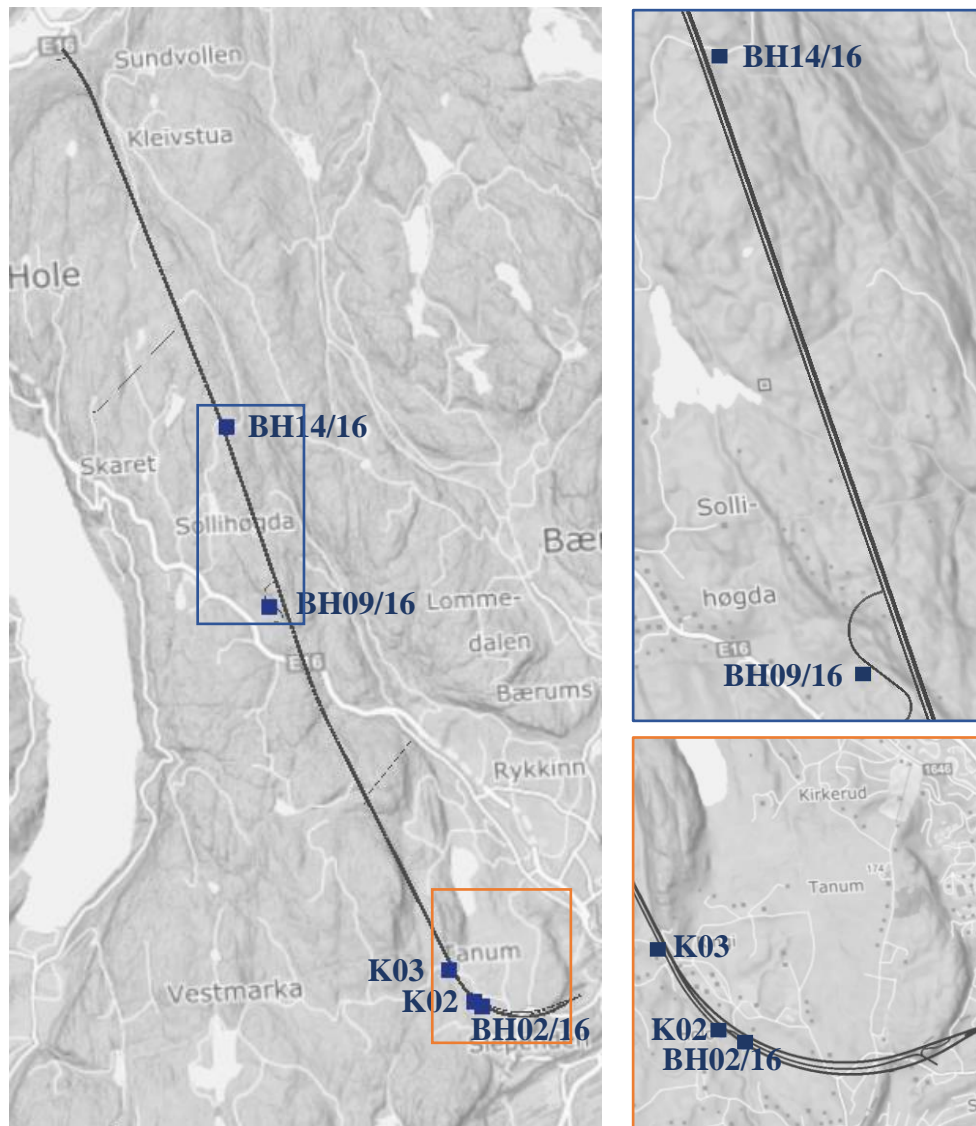
Svakhetssoner Bane NOR antar at ligger langs tunneltraseen er gitt i en .dwg-fil. Et eksempel er vist i figur 4.3. Dette er de steile svakhetssonene som skyldes tektoniske bevegelser. Øvre avgrensning for sonene er topografien, nedre avgrensning er 0 moh. Svakhetssonene er delt inn i tre forskjellige lag basert på antatt bredde:

- Små svakhetssoner har blå farge og antatt bredde 0,5-3 m. Disse ligger i svakhetssonекlasse I. I .dwg-filen har sonene en mektighet på 1 m.
- Store svakhetssoner er gule med antatt bredde 3-10 m og ligger i klasse II. De er 5 m mektige i .dwg-filen.
- Svært store svakhetssoner er røde med antatt bredde over 10 m. De tilhører svakhetssonекlassene III-IV. De er 10 m mektige i .dwg-filen.

Bane NOR har antatt svakhetssonene på bakgrunn av topografiske kart, relieffkart, berggrunnskart, seismikk og kjerneboringer (Bane NOR, 2018). Hvor god dekning hver svakhetszone har varier.



**Figur 4.3: Eksempel på svakhetssoner gitt av Bane NOR. Figur laget i Leapfrog.**



**Figur 4.4: Oversikt over plassering av kjerne hull brukt til modellering. Bakgrunnskartet i er kartserie 1:50000 hentet fra norgeskart.no. Område A er vist i oransje, område B i blått. Figurene er laget i Leapfrog.**

## 5 Metode

Dette kapitlet beskriver fremgangsmåten og hvilke valg som er tatt underveis i oppgaven. En gjennomgang av hvilke data som er valgt å bruke for inndrift og hvordan disse er behandlet blir først presentert. Deretter gjennomgås modelleringen gjort i Leapfrog.

### 5.1 Inndrift

Å komme med et eksakt estimat for tidsbruken til fremdriftshemmende aktiviteter er utfordrende, da tid og gjennomføring vil variere fra prosjekt til prosjekt. En rekke forenklinger er derfor gjort. De omtales fortløpende for hver aktivitet. Antatte og behandlede verdier brukt under inndriftsestimeringen samt mengdeanslag for de fremdriftshemmende aktivitetene blir presentert.

#### 5.1.1 Bergmasse- og slitasjeegenskaper

I dette kapitlet blir bergdata for de ulike bergartene gitt. Borsynkindeksen DRI er funnet ved bruk av figur A.2 i vedlegg A med verdiene gitt i tabell 4.1. For Askergruppen er en middelverdi av de to ekstreme verdiene benyttet. Det antas at basalt og RP har noenlunde lik borbarhet. Etersom basalt har høy borbarhet benyttes den høyeste av de to SJ-verdiene oppgitt for RP under avlesning av DRI. Sprengbarheten SPR er vurdert ut ifra data gitt i figur A.3 i vedlegg A. Bergmassens sprekkesett og hva disse har å si for sprengbarheten vurderes ikke. DRI, borbarhet og sprengbarhet benyttet under inndriftsestimeringen er vist i tabell 5.1.

**Tabell 5.1: DRI, borbarhet og SPR for de ulike bergartene.**

	<i>Bærums- og Holegr.</i>	<i>Ringeriksgr.</i>	<i>Askergr.</i>	<i>RP</i>	<i>Basalt</i>	<i>Sandstein</i>
DRI	60	56	50	56	74	80
Borbarhet	Høy	Høy	Medium	Medium	God	Høy
SPR	Medium	Dårlig	Medium	God	God	Dårlig

En oversikt over utregning av bergartenes VNHR er gitt i tabell 5.2. Bergartenes sammensetning baserer seg på Jensens bok «Bergarter og Mineraler» (Jensen, 2011). VHN er hentet fra figur A.4 i vedlegg A.

**Tabell 5.2: Oversikt over utregning av VNHR.**

<i>Bergart</i>	<i>Mineral VHN</i>	<i>%</i>	<i>Mineral VHN</i>	<i>%</i>	<i>Mineral VHN</i>	<i>%</i>	<i>VHNR</i>
Bærums- og Holegruppen	Illitt 30	45	Kvarts 1060	5	Kalsitt 125	50	<b>129</b>
Ringeriksgruppen	Kvarts 1060	90	Sideritt 50	10			<b>959</b>
Askergruppen	Illitt 30	90	Kvarts 1060	10			<b>133</b>
Rombeporfyr	Kalifeltspat 730	35	Plagioklas 800	65			<b>775</b>
Basalt	Augitt 640	50	Plagioklas 800	50			<b>720</b>
Sandstein	Kvarts 1060	90	Kalsitt 125	10			<b>966</b>

### 5.1.2 Svakhetsoneklasser

Tabell 5.3 viser hvilke data for de ulike svakhetsoneklassene som brukes i denne oppgaven. Disse er valgt på bakgrunn av teori dekket i kapittel 3.3. Kolonnen «påvirket sideberg» forteller hvor langt unna svakhetssonen sideberget forventes å få nedsatt Q-verdi. Det antas at svakhetssoner av klasse I ikke påvirker sidebergets Q-verdi, klasse II påvirker 10 m før og etter, mens klasse III og IV påvirker 20 m unna svakhetssonen.

**Tabell 5.3: Data benyttet for svakhetsoneklasser under inndriftsestimering.**

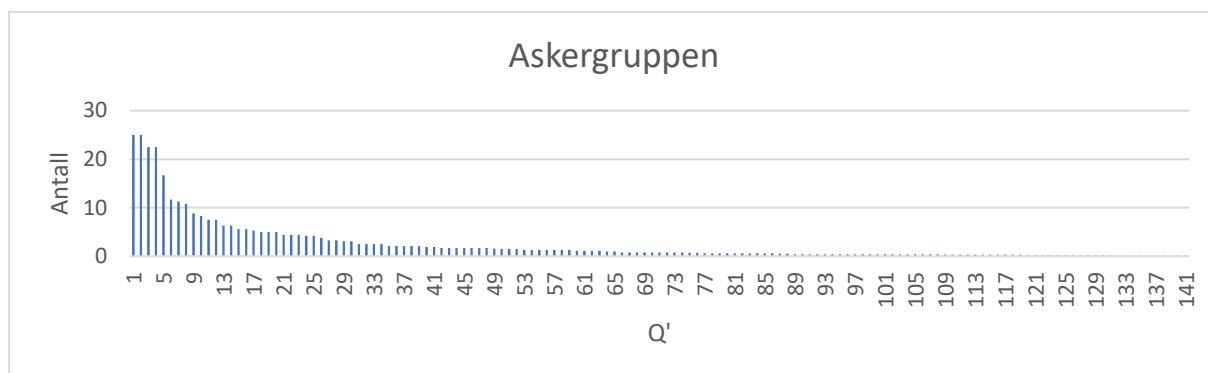
<i>Svakhets- soneklasse</i>	<i>Q-verdi</i>	<i>Tung sikring</i>	<i>Påvirket sideberg</i>
I	0,6	-	-
II	0,2	RRS I	10 m
III	0,1	RRS II	20 m
IV	0,05	RRS II	20 m

For å kunne estimere inndrift er det nødvendig å tildele hver svakhetsone en bergart. Svakhetssonen settes lik bergarten med dårligst bergmasse som sonen krysser gjennom. Bergdata for denne bergmassen brukes ved estimering av inndrift gjennom svakhetssonen.

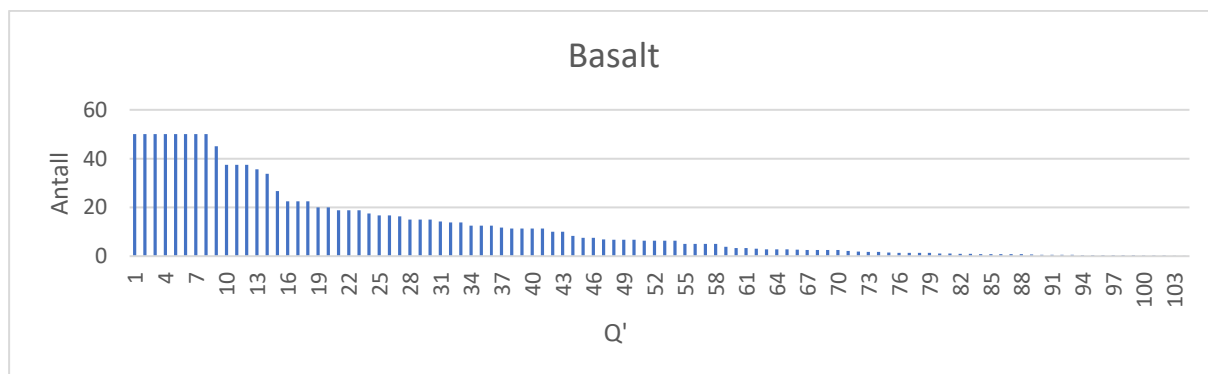
### 5.1.3 Q-verdi

Verdier for RQD, Jn, Jr og Ja fra kjerneboringene BH02/16, BH09/16, BH14/16, K02 og K03 er brukt for å bestemme Q-verdien til bergmassene. Dette er de samme kjerneboringene som er brukt under modellering. Verdiene er ført over fra PDF-dokumentene beskrevet i kapittel 4.2.4 til Excel, hvor hver løpemeter borehull får én verdi av hver parameter. Dette er vist i tabell B.1 i vedlegg B. Av praktiske årsaker er nedre grenser for RQD satt til 10. Der hvor det er oppgitt flere verdier per løpemeter for en parameter, er gjennomsnittet av verdiene tatt. I flere av borehullene er det større strekninger hvor Jn ikke er registrert. Det er i disse tilfellene antatt en verdi på 6, som tilsvarer to sprekkesett + sporadiske sprekker. Q' er regnet ut med likn. 3.1 per løpemeter, hvor Jn og SRF settes lik 1. Stolpediagrammene i figur 5.1 til figur 5.5 viser Q'-verdiene for de ulike bergartene det møtes på i kjerneboringene. Histogram over de samme verdiene er vist i figur B.1 til figur B.5 i vedlegg B.

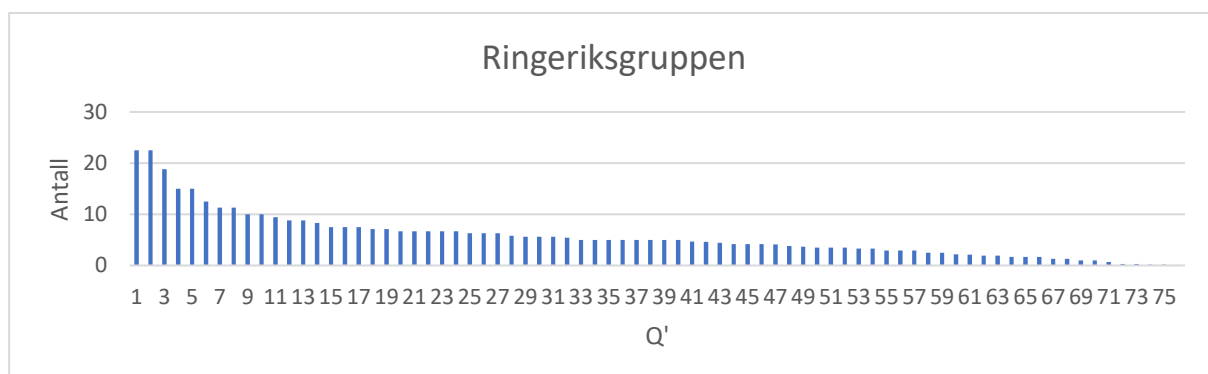
## 5. Metode



**Figur 5.1: Q'-verdier for Askergruppen fra BH02/16, K02 og K03. Til sammen 141 verdier.**



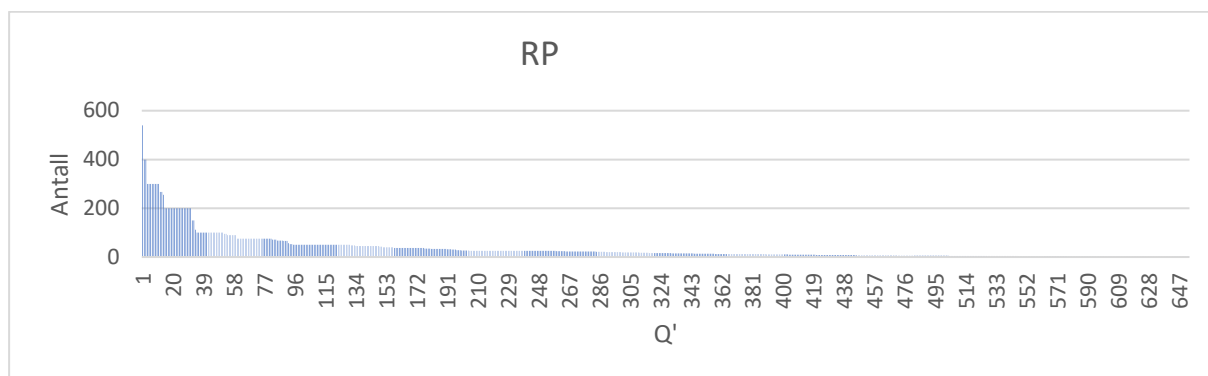
**Figur 5.2: Q'-verdier for basalt fra BH02/16, K02, K03 og BH14/16. Til sammen 104 verdier.**



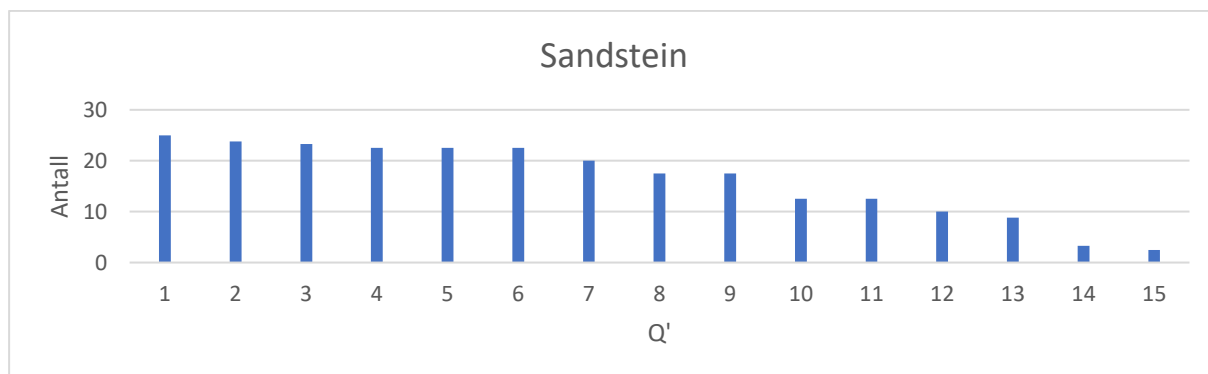
**Figur 5.3: Q'-verdier for Ringeriksgruppen fra K02 og K03. Til sammen 76 verdier.**



## 5. Metode



**Figur 5.4: Q'-verdier for RP (RP1, RP7 og RP8) fra BH02/16, K02, K03, BH09/16 og BH14/16. Til sammen 653 verdier.**



**Figur 5.5: Q'-verdier for sandstein fra BH09/16 og BH14/16. Til sammen 15 verdier.**

Medianen og gjennomsnitt av Q'-verdien for bergartene er gitt i tabell 5.4.

**Tabell 5.4: Median og gjennomsnitt av Q'.**

<i>Bergart</i>	<i>Q' median</i>	<i>Q' gj.snitt</i>
Askergruppen	0,8	2,5
Basalt	6,3	12,0
Ringeriksgruppen	5,0	5,7
RP	16,3	34,7
Sandstein	17,5	16,3

Q-verdiene benyttet til estimeringen av inndrift er vist i tabell 5.5. Verdiene er vurdert ut ifra Q'-verdiene i stolpediagrammene vist over, histogrammene i figur B.1-B.5 i vedlegg B, og median og gjennomsnitt gitt i tabell 5.4. Det benyttes her at  $Q = Q'$ .

**Tabell 5.5: Q-verdier brukt under estimeringen av inndrift.**

<i>Bergart</i>	<i>Q-verdi upåvirket av svakhetszone</i>	<i>Q-verdi påvirket av svakhetszone</i>
Askergruppen	2,5	0,2
Basalt	12	0,4
Ringeriksgruppen	6	1
RP	16	1
Sandstein	16	2

#### 5.1.4 Brutto inndrift

Enkeltportunnelen har en spennvidde på rundt 10 m, dobbeltportunnelen på rundt 14 m. Fra tabell 3.3 i kapittel 3.4.2 fremgår det at RRS I er enkeltarmert og RRS II dobbeltarmert for både enkelt- og dobbeltportunnelen. Dette blir benyttet i denne oppgaven. En oversikt over når RRS I og RRS II innføres for de to tunnelprofilene er vist i tabell 5.6. Ettersom tunnelprofilet må utvides for å gjøre plass til RRS I og RRS II, påvirker de alle de fremdriftshemmende aktivitetene vurdert i denne oppgaven. Grensene vist i tabell 5.6 benyttes derfor som grenser for mengdeanslag for fremdriftshemmende aktiviteter. For bergmasse med verdier under de oppgitt i tabell 5.6 må sikringen dimensjoneres spesielt. Disse blir ikke vurdert.

**Tabell 5.6: Oversikt over anbefalte armerte sprøytebetongbuer basert på Q-metoden.**

	<i>RRS I</i>	<i>RRS II</i>
<i>Enkeltspor, spennvidde/ESR = 7,7</i>	$0,06 < Q < 0,2$	$0,005 < Q < 0,06$
<i>Dobbeltspor, spennvidde/ESR = 14</i>	$0,2 < Q < 0,5$	$0,025 < Q < 0,2$

Det antas at alle aktivitetene utføres separat, slik at intet arbeid pågår parallelt. Så langt det går er Q-metoden brukt for mengdeanslag for de fremdriftshemmende aktivitetene.

Tunsim er kun beregnet for tunnelprofil opptil 120 m<sup>2</sup>. Dette betyr at grafene brukt til å bestemme inngangsparameterne (vist i vedlegg A) kun gjelder opp til dette tverrsnittet. For tverrsnitt over 120 m<sup>2</sup> er grafene blitt ekstrapolert, da de enten er lineære eller konvergerer. Hvilke inngangsparameter dette er relevant for er gitt i kapittel 3.4.1. Der nevnes det også at utregningen «volum sprengt stein per runde» må regnes ut manuelt dersom et tverrsnitt på 120 m<sup>2</sup> overstiges. I slik tilfeller settes tunneltverrsnittet lik maksimumsgrensen 120 m<sup>2</sup> i Tunsim, volum utsprengt stein per runde regnes ut med likn. 3.2, og utregnet verdien erstattes med verdien Tunsim gir for 120 m<sup>2</sup>.

Tidsestimatet for de fremdriftshemmende aktivitetene inneholder boretid, boltetid, injiseringstid og sprøytetid. Det antas at driftsrenskanalen dekket av Tunsim er tilfredsstillende. Hvilke aktiviteter som inngår de de ulike leddene er:

- Boretid: boring av sonderhull og injeksjonshull.
- Boltetid: boring og innsalling av bolter for arbeidssikring, montering av armerte sprøytebetongbuer og forbolter.
- Injeseringstid: tid for injeksjon.
- Sprøytetid: total sprøytetid for sprøytebetong til arbeidssikring og armerte sprøytebetongbuer.

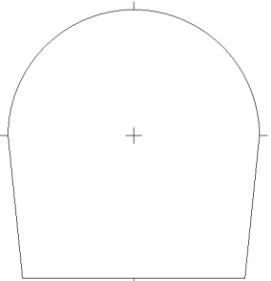
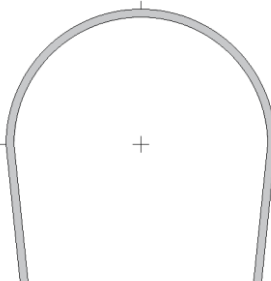
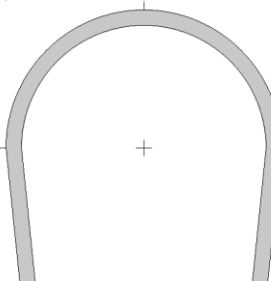
For estimering av boltetid benyttes 0,2 m/time (NTNU-Anleggsdrift, 1998). Boretiden regnes ut med likn. 3.3 og sprøytetiden finnes fra vedlegg A.19 i vedlegg A. Injiseringstiden finnes fra empirisk data for tilsvarende bergmasser.

### *5.1.5 Utvidet tunnelprofil*

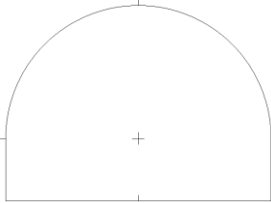
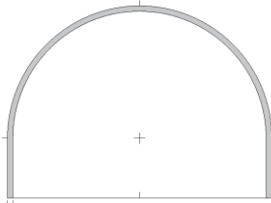
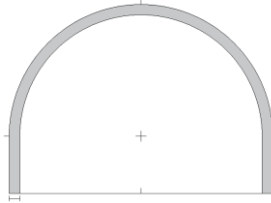
Ved installering av enkeltarmerte sprøytebetongbuer blir tunnelprofilet utvidet med 0,3 m. For dobbeltarmerte sprøytebetongbuer bli tunnelprofilet utvidet med 0,6 m. Dette er vist i tabell 5.7 og

tabell 5.8. Tunnelprofilenes dimensjoner er hentet fra figur 9-4 og 9-5 i Bane NOR sin detaljplan/teknisk plan over Krokskogtunnelen (Bane NOR, 2018).

**Tabell 5.7: Tunnelprofil over enkeltspørtunnel laget i AutoCAD. Originalprofil hentet fra Bane NOR (2018). Tegninger og dimensjoner hentet fra AutoCAD.**

		<i>Enkeltspor</i>		
				
			0,3 m	0,6 m
<b>Q-verdi</b>		> 0,2	0,06-0,2 (RRS I)	0,005-0,06 (RRS II)
<b>Areal</b>	[m <sup>2</sup> ]	83	91,2	99,4
<b>Vegg</b>	[m]	5,39	5,39	5,39
<b>Såle</b>	[m]	8,4	9	9,6
<b>Heng</b>	[m]	15	15,7	16,8

**Tabell 5.8: Tunnelprofil over dobbeltspørtunnel laget i AutoCAD. Originalprofil hentet fra Bane NOR (2018). Tegninger og dimensjoner hentet fra AutoCAD.**

		<i>Dobbeltspor</i>		
				
			0,3 m	0,6 m
<b>Q-verdi</b>		> 0,5	0,2-0,5 (RRS I)	0,025-0,2 (RRS II)
<b>Areal</b>	[m <sup>2</sup> ]	123	131,7	140,7
<b>Vegg</b>	[m]	3,29	3,29	3,29
<b>Såle</b>	[m]	14	14,6	15,2
<b>Heng</b>	[m]	22	22,9	23,9

### 5.1.6 Redusert salvelengde

En oversikt over når salvelengden reduseres er vist i tabell 5.9 for enkelt- og dobbeltspørtunnelen. Q-verdiene er basert på når Q-metoden anbefaler tung sikring. Når salvelengden reduseres er også tidspunktet sikringssonen etableres.

**Tabell 5.9: Redusert salvelengde avhengig av Q-verdi.**

	<i>Q-verdi</i>	<i>Salvelengde</i>
		[m]
<i>Enkeltspor</i>	> 0,2	5
	0,005-0,2	3
<i>Dobbeltspor</i>	> 0,5	5
	0,025-0,5	3

### 5.1.7 Armerte sprøytebetongbuer

I denne oppgaven forenkles tiden for installering av armerte sprøytebetongbuer til å bestå av boltetid og sprøytetid, og at RRS II monteres bak stuff. Installering av RSS II blir derfor ikke behandlet her. For RRS I blir Si30/6 Ø16-20 fra tabell 3.3 benyttet. Det vil si et enkelt lag med 6 armeringsjern, 30 cm tykkelse sprøytebetong, og diameter armering 16-20 mm.

Tabell 5.10 viser mengdeanslag for monteringsbolter. Boltelengden er vurdert ut ifra Q-metoden og anbefalingen fra Håndbok V520 (Statens vegvesen, 2020) om en minimum boltelengde på 3 m for montering av armerte sprøytebetongbuer. Boltene brukt til montering av buene kommer i tillegg til bolter brukt til arbeidssikring. Bueavstand er funnet gjennom Q-metoden.

**Tabell 5.10: Mengdeanslag for monteringsbolter til sprøytebetongbue, for Si30/6 Ø16-20.**

		<i>SÅLE</i>		<i>TAK OG VEGGER</i>				<i>TOTALT</i>	
	<i>Q-verdi</i>	<i>Antall bolter</i>	<i>Bolte-lengde</i>	<i>Omkrets</i>	<i>Bolte-lengde</i>	<i>Ansett c/c</i>	<i>Antall bolter</i>	<i>Totalt lengde bolter</i>	<i>Ansett c/c bue</i>
		<i>[stk/bue]</i>	<i>[m]</i>	<i>[m]</i>	<i>[m]</i>	<i>[m]</i>	<i>[stk/bue]</i>	<i>[m/bue]</i>	<i>[m]</i>
<i>Enkeltspor</i>	> 0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,06-0,2	2	4	35,48	4	1,5	23,65	102,60	4,5
	0,005-0,06	2	4	37,18	4	1,5	24,79	107,16	4,5
<i>Dobbeltspor</i>	> 0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,2-0,5	2	6	44,08	5	1,5	29,39	158,95	3,5
	0,025-0,2	2	6	45,68	5	1,5	30,45	164,25	3,5

Tabell 5.11 viser mengdeanslag for sprøytebetong brukt for å sprøyte inn en sikringsbue. Buebredde er 67 cm (Pedersen, et al., 2010). Volumet av sprøytebetong inkluderer ikke jevningslaget som påføres før montering, det antas at det 10 cm tykke laget med sprøytebetong påført som arbeidssikring er tilfredsstillende til montering av sikringsbuene. Sprøytetiden er funnet fra figur A.19 i vedlegg A. Det er benyttet en korreksjonsfaktor på 1.

**Tabell 5.11: Mengdeanslag for sprøytebetong til armerte sprøytebetongbuer, for Si20/6 Ø16-20. Uten jevningslag på 10 cm.**

	<i>Q-verdi</i>	<i>Omkrets, heng og vegger</i>	<i>Volum sprøytebetong</i>	<i>Ansett c/c bue</i>	<i>Total sprøytetid per m<sup>3</sup></i>
		[m]	[m <sup>3</sup> /bue]	[m]	[time/m <sup>3</sup> ]
<i>Enkeltspor</i>	> 0,2	-	-	-	0,12
	0,06-0,2	26,48	7,13	4,5	0,12
	0,005-0,06	27,58	7,47	4,5	0,115
<i>Dobbeltspor</i>	> 0,5	-	-	-	0,115
	0,2-0,5	29,48	8,86	3,5	0,115
	0,025-0,2	30,48	9,18	3,5	0,115

### 5.1.8 Arbeidssikring: bolter og sprøytebetong

I denne oppgaven opereres det med et behov for 15 bolter på stoff etter anbefaling fra NTNU-professor Eivind Grøv (epost, 21. mai 2020). Lengde på boltene er vurdert ut ifra anbefalinger fra Q-metoden, de er noe oppjustert. Et mengdeanslag for bolter til arbeidssikring er vist i tabell 5.12.

**Tabell 5.12: Mengdeanslag for bolter til arbeidssikring.**

	<i>Q-verdi</i>	<i>Ant. bolter</i>	<i>Boltelengde</i>	<i>Total lengde bolter</i>
		[stk/salve]	[m]	[m/salve]
<i>Enkeltspor</i>	> 0,2	15	4	60
	0,06-0,2	15	4	60
	0,005-0,6	15	4	60
<i>Dobbeltspor</i>	> 0,5	15	5	75
	0,2-0,5	15	5	75
	0,025-0,2	15	5	75

Det antas at et 10 cm tykt lag med sprøytebetong påføres etter hver salve. Total sprøytetid er funnet fra figur A.19 i vedlegg A. Det er benyttet en korreksjonsfaktor på 1.

**Tabell 5.13: Mengdeanslag for sprøytebetong til arbeidssikring.**

	<i>Q-verdi</i>	<i>Omkr., heng og vegger</i>	<i>Volum sprøytebetong</i>	<i>Volum sprøytebetong</i>	<i>Total sprøytetid</i>
		[m]	[m <sup>3</sup> /lm]	[m <sup>3</sup> /salve]	[time/m <sup>3</sup> ]
<i>Enkeltspor</i>	> 0,2	25,78	2,578	12,890	0,12
	0,06-0,2	26,48	2,648	7,944	0,12
	0,005-0,6	27,58	2,758	8,274	0,115
<i>Dobbeltspor</i>	> 0,5	27,58	2,758	13,790	0,115
	0,2-0,5	29,48	2,948	8,844	0,115
	0,025-0,2	30,48	3,048	9,144	0,115

### 5.1.9 Sonderboring

Data brukt i mengdeanslaget for sonderboring er vist i tabell 5.14. Stikning og lengde på hullene er valgt med tanke på ønsket overlapp.

I oppgaven erstatter boring av injeksjonshull de normale sonderhullene der systematisk injeksjon benyttes. Ved innføring av sikringssonen bores altså kun ekstra sonderhull for å avdekke mulige flattliggende soner. Utenfor sikringssonen bores både normale og ekstra sonderhull. Mengdeanslaget for sonderhull er vist i tabell 5.15.



Tabell 5.14: Data brukt for sonderboring.

		<i>Normal systematisk sonderboring</i>	<i>Ekstra hull for flattliggende soner</i>
<b>Salvelengde 5 m</b>	Antall hull	6	4
	Hyppighet	Hver 3. salve	Hver salve
	Stikning	10°	45°
	Lengde	25	8
	Overlapp	9,6 m	0,6
<b>Salvelengde 3 m</b>	Antall hull	6	4
	Hyppighet	Hver 5. salve	Hver salve
	Stikning	10°	60°
	Lengde	25 m	7
	Overlapp	9,6 m	0,5 m

Tabell 5.15: Mengdeanslag for sonderhull.

	<i>Q-verdi</i>	<i>Antall normale hull</i>	<i>Lengde normale hull</i>	<i>Antall ekstra hull</i>	<i>Lengde ekstra hull</i>
			[m]	[stk/salve]	[m]
<b>Enkelt-spor</b>	> 0,2	6 stk per 3. salve	25	4	8
	0,005-0,2	-	25	4	7
<b>Dobbelt-spor</b>	> 0,5	6 stk per 5. salve	25	4	8
	0,025-0,5	-	25	4	7

### 5.1.10 Forinjeksjon

Både langs strekning A og B er innlekkasjekravet  $< 7l/\text{min}$  per 100 m tunnel. Dette tilsvarer middels strenge innlekkasjekrav. Det antas derfor at systematisk injeksjon kun er nødvendig når sikringszone innføres, og at sporadisk injeksjon utføres der hvor data fra sonderboring tilsier dette. I denne oppgaven blir kun systematisk injeksjon i forbindelse med innføring av sikringszone vurdert. Tabell 5.16 viser mengdeanslag for injeksjonshull. Boring av sonderhull er ikke med.

**Tabell 5.16: Mengdeanslag for injeksjonshull.**

	<i>Q-verdi</i>	<i>Hyppighet skjerm</i>	<i>Omkrets</i>	<i>Ansett c/c</i>	<i>Antall borehull</i>	<i>Borehullslengde</i>
			[m]	[m]	[stk/runde]	[m]
<i>Enkeltspor</i>	> 0,2	-	-	-	-	-
	0,06-0,2	Hver 5. salve	35,48	1	35,48	21
	0,005-0,6	Hver 5. salve	37,18	1	37,18	21
<i>Dobbeltspor</i>	> 0,5	-	-	-	-	-
	0,2-0,5	Hver 5. salve	44,08	1	44,08	21
	0,025-0,2	Hver 5. salve	45,68	1	45,68	21

Klüver og Kveen (2004) deler bergarter inn i fire ulike bergartstyper fra A til D, hvor A er enklest å injisere. Både rombeporfyr, basalt og sandstein ligger i bergartstype A. Ettersom injeksjonsdata for Ringeriksgruppen (sandstein) mangler, antas den å ha samme injeksjonsdata som rombeporfyr og basalt. Injeksjonsdata fra nærliggende anlegg er vist i tabell 5.17. Tid per meter injisert hull er regnet ut med likn. 3.4. Det antas at høyt slutttrykk er benyttet under injisering. Data er hentet fra <sup>1</sup>Klüver og Kveen (2004) og <sup>2</sup>Andersson (2005).

Tabell 5.17: Injeksjonsdata fra nærliggende anlegg.

<i>Bergart</i>	<i>Masse per m hull</i>	<i>Tid per m inj. tunnel</i>	<i>Masse per time inj.</i>	<i>Masse per m inj. tunnel</i>	<i>Tid per m inj. hull</i>
	<i>[kg/m hull]</i>	<i>[time/m inj. tunnel]</i>	<i>[kg/time]</i>	<i>[kg/lm]</i>	<i>[time/m hull]</i>
Skifer/kalk <sup>2</sup>	23.2	0.96	1530	1468	0.02
Askergruppen <sup>2</sup>	26.9	1.59	1397	2223	0.02
Basalt/RP/RRG <sup>1</sup>	81	0.45	1774	1242	0.03
Sandstein/konglomerat <sup>2</sup>	40.8	1.41	1131	1592	0.04

### 5.1.11 Forbolter

Et mengdeanslag for forbolter brukt under inndriftsestimering er vist i tabell 5.18. Data brukt for mengdeanslaget er gitt i tabell 4.3.










Tabell 5.18: Mengdeanslag for forbolter.

	<i>Q-verdi</i>	<i>Omkræts</i>	<i>Ansett c/c</i>	<i>Antall bolter</i>	<i>Boltelengde</i>
		<i>[m]</i>	<i>[m]</i>	<i>[stk/salve]</i>	<i>[m]</i>
<i>Enkeltspor</i>	> 0,2	-	-	-	-
	0,06-0,2	Heng: 15,7	0,3	52,33	6
	0,005-0,06	Heng+vegg+såle: 37,18	0,3	123,93	6
<i>Dobbelspor</i>	> 0,5	-	-	-	-
	0,2-0,5	Heng: 22,9	0,3	76,33	6
	0,025-0,2	Heng+vegg+såle: 45,68	0,3	152,27	6

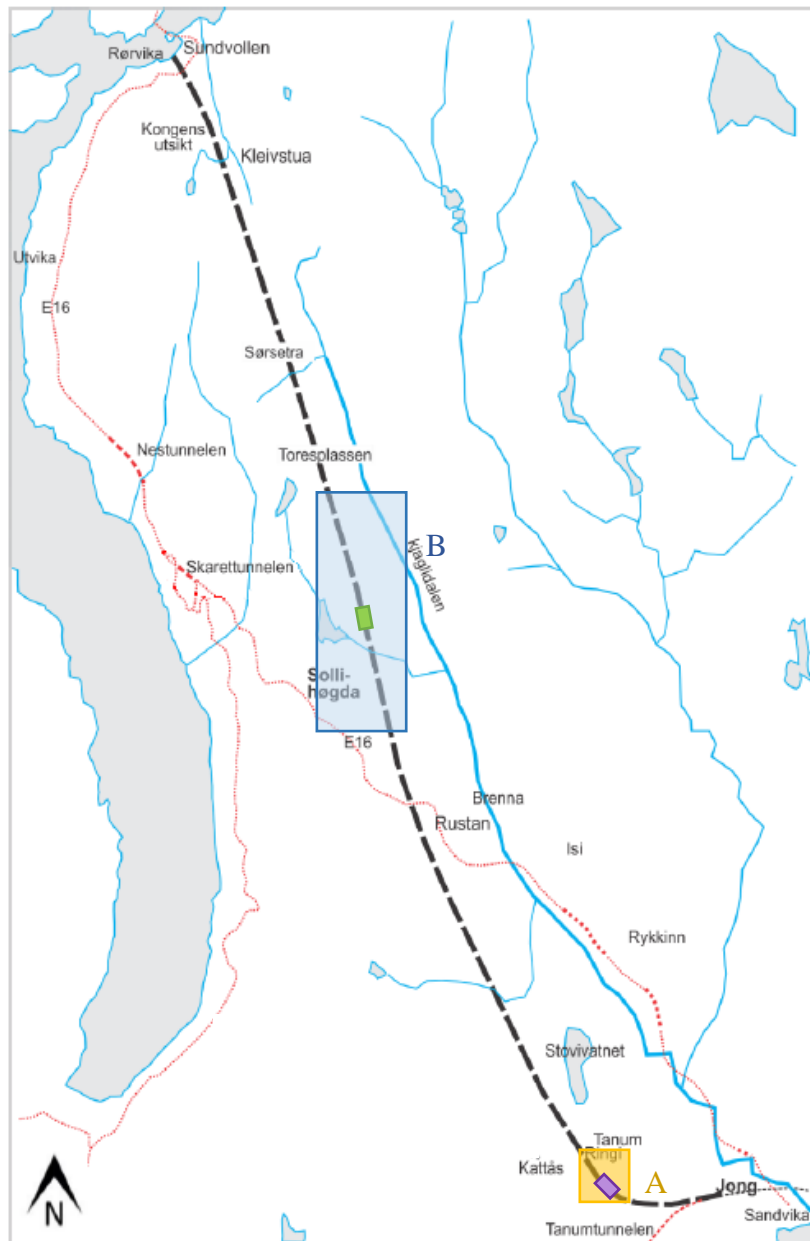
## 5.2 3D-modellering av område A og B

Dette kapittelet tar for seg de to geologimodellene til område A og B laget i Leapfrog. En gjennomgang av hvordan data er behandlet, hvilke antagelser og avgjørelser som er tatt og hvordan selve modellen er laget vil bli gitt. En oversikt over plasseringen av de to områdene er vist i figur 5.7, med strekningen inndrift estimeres for vist innen hvert område. Hensikten til modellene over de to områdene er å gjøre rede for geologien langs strekningene slik at dette kan benyttes til inndriftsestimering.

En tegnforklaring for bergartene brukt i modelleringen er gitt i figur 5.6. Fargene er i henhold til NGUs fargekart. Unntaket er «Diverse» og «Forkastning» som er gitt egne farger, da disse ikke er faktiske bergarter.

TEGNFORKLARING	
	Askergruppen
	B1
	Ringeriksgruppen
	RP1
	RP7
	RP8
	Sandstein
	Diverse
	Forkastning

**Figur 5.6: Tegnforklaring for modellene laget i Leapfrog.**



**Figur 5.7: Oversiktskart over Krokskogtunnelen og plassering av område A vist i oransje og område B vist i blått. Lille viser strekning A, grønt viser strekning B. Bakgrunnskart er hentet fra Bane NOR (2018).**

### 5.2.1 Modellenes områder

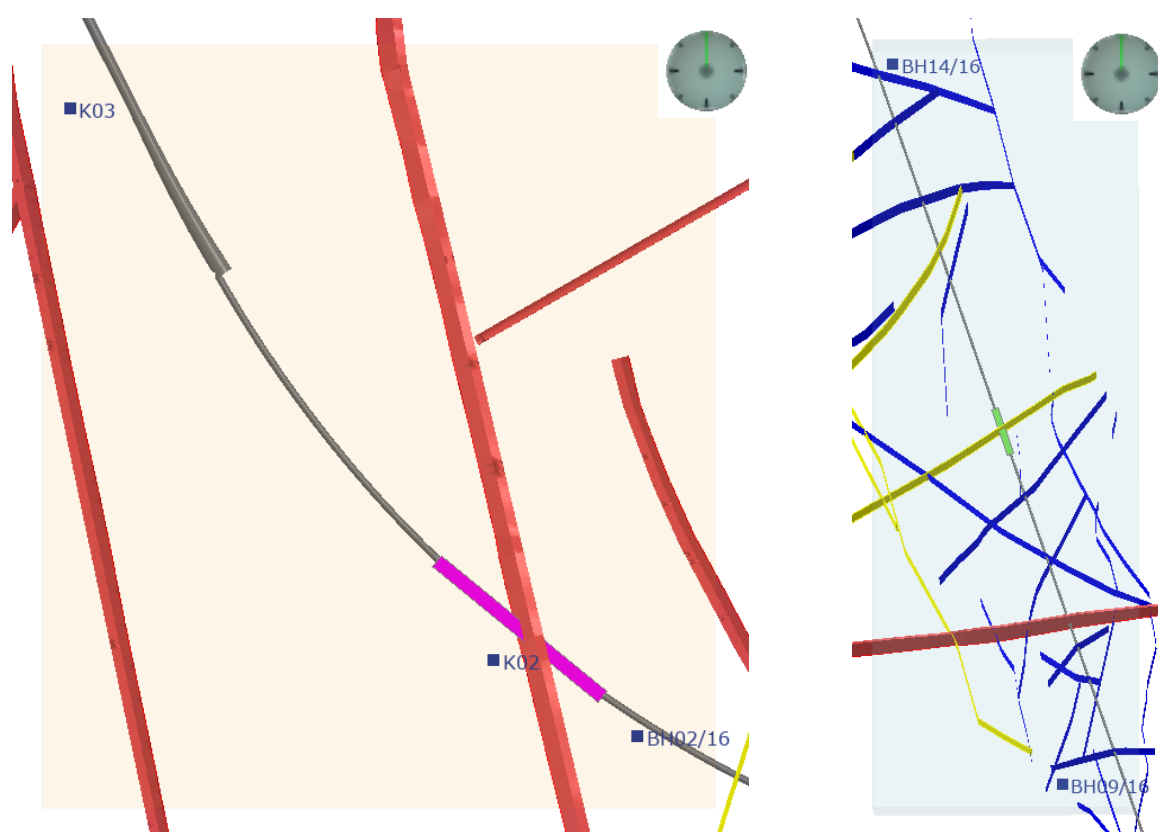
De eksakte koordinatene til område A og B brukt i modellene er gitt i tabell 5.19. Modellenes oppløsning er satt til 30.

**Tabell 5.19: Koordinater til område A og B (NTM-sone 10).**

	<i>OMRÅDE A</i>		<i>OMRÅDE B</i>	
	<i>Min</i>	<i>Maks</i>	<i>Min</i>	<i>Maks</i>
<i>Øst</i>	96951,32	97742,3	92429,5	93743,1
<i>Nord</i>	1210032,6	1210928,44	1218002,2	1221821,0
<i>Høyde</i>	-36,0	233,6	-36,0	450,0

Størrelse og plassering av områdene er valgt med hensyn på svakhetssoner og plassering av kjerneboringer. Område A er 790 m bredt og 896 m langt. Det inkluderer kjerneborene BH02/16, K02 og K03, med ansett som ligger henholdsvis 46 m, 14 m og 715 m unna strekning A. Alle borehullene ligger i samme blokk som deler av strekning A, slik som vist til venstre i figur 5.8. BH01/16 og K01 er to ytterligere nærliggende borehull med ansett henholdsvis 225 m og 865 m unna strekning A. Størrelsen til område A er valgt slik at disse ikke blir inkludert, da en eller flere store forkastninger med antatt stort forkastningsprang skiller de fra strekning A. Oppgaven begrenses til å kun modellere geologien til de to blokkene strekning A antas å gå gjennom.

Område B er 1314 m bredt og 3819 m langt. Det strekker seg mye lenger unna strekningen modellen har som mål gjøre rede for geologien for enn hos område A. Årsaken til dette er avstanden til de nærmeste kjerneboringerne. BH09/16 har ansett 1675 m unna strekning B, BH14/16 1770 m unna. Som vist til høyre i figur 5.8 ligger en rekke svakhetssoner mellom de to kjerneborene og strekning B. De antas å ikke ha betydelige forkastningsprang, slik at informasjonen fra borehull BH09/16 og BH14/16 direkte kan overføres til strekning B. Område B velges derfor stort nok til å inkludere disse. Svakhetssoner og forkastninger går nøyere gjennom i nå.

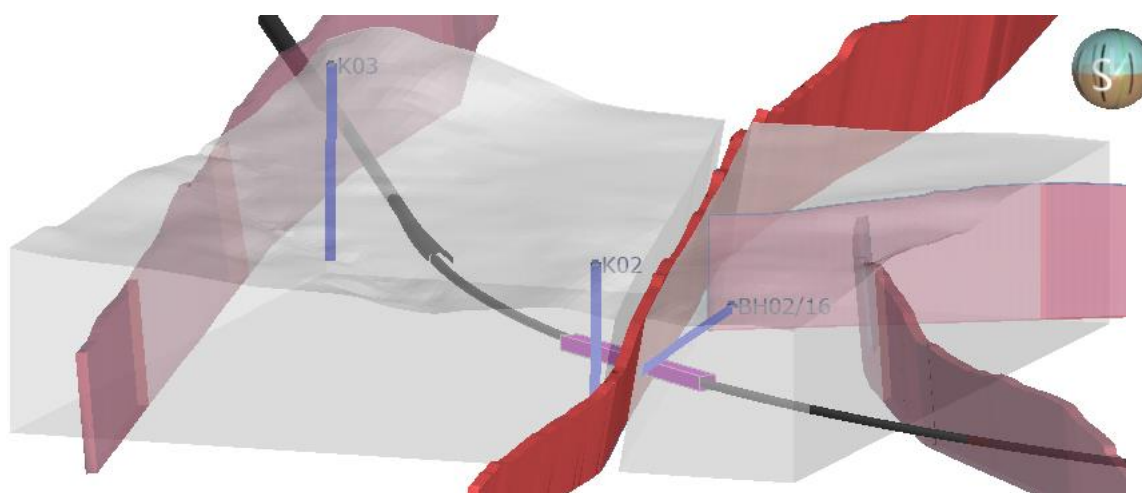


**Figur 5.8: Område A (til venstre) og B (til høyre). Lilla viser strekning A, grønt viser strekning B. Figurer laget i Leapfrog.**

### 5.2.2 Forkastninger

Område A krysses av til sammen fire svakhetssoner av klasse III-IV. Kun svakhetssonen med sterk rød farge i figur 5.9 er modellert som en forkastning. De tre andre svakhetssonene vil ikke påvirke strekning A – vist i lilla langs tunneltraseen – da de ikke ligger i samme forkastningsblokk som strekning A. Etersom kjerneboringene som benyttes i modelleringen ligger i de samme to blokkene som strekning A går gjennom, blir kun svakhetssonen som krysser selve strekning A lagt inn som en forkastning i modellen. Bane NOR (2018) antar at svakhetssonen er av klasse IV og har en mektighet på 40 m. Antagelsen er basert på geofysiske målinger og kjerneboring. I Leapfrog er .dwg-filen for svakhetssonen lagt inn som et mesh. Fra .dwg-filen har svakhetssonen en bredde på ca. 10 m. For at forkastningen skal få ønsket bredde er meshet flyttet 12 m øst og 12 m nord. Et identisk mesh er flyttet 12 m vest og 12 m sør. Disse to meshene avgrenser da en svakhetszone med mektighet 40 m. Det antas at forkastningen har

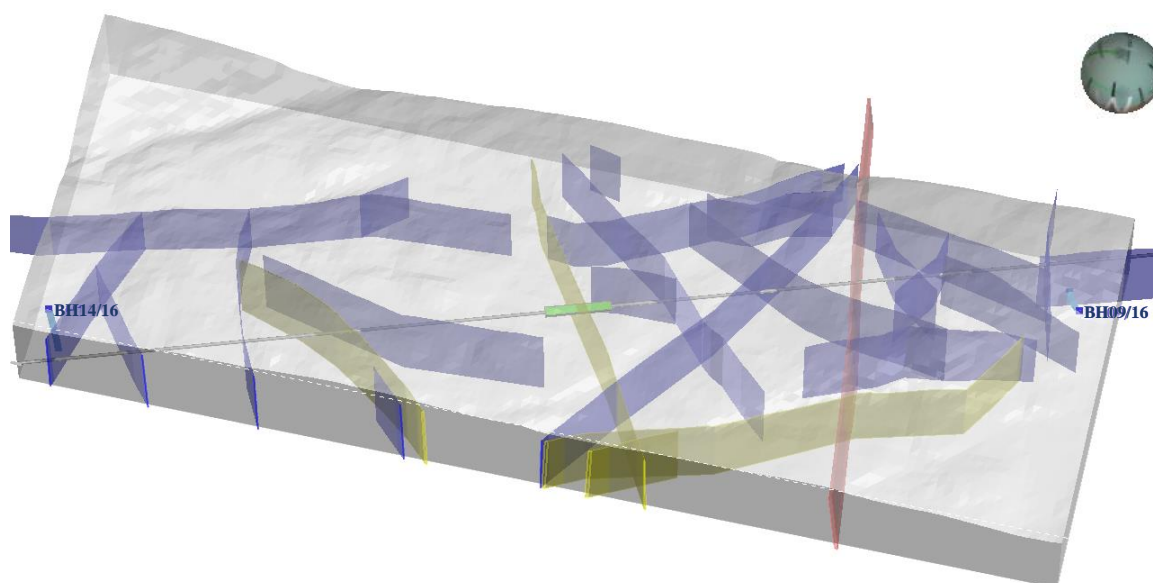
tilnærmet plane flater og konstant bredde mot dypet, se kapittel 3.3. En forkastning er laget ut av hvert av meshene. Dette deler område A i tre blokker; Blokk øst, Blokk vest og Blokk forkastning. I figur 5.9 ligger Blokk øst til venstre, Blokk vest til høyre, mens Blokk forkastning ligger mellom Blokk øst og Blokk vest. Fargen til Blokk forkastning er skrudd av for illustrasjonens skyld. Grensene mellom blokkene tilsvarer de forskjøvede flatene til svakhetssonen gitt av Bane NOR.



**Figur 5.9: Svakhetssoner og geologiske blokker i område A. Strekning A vist i lilla. Figur laget i Leapfrog.**

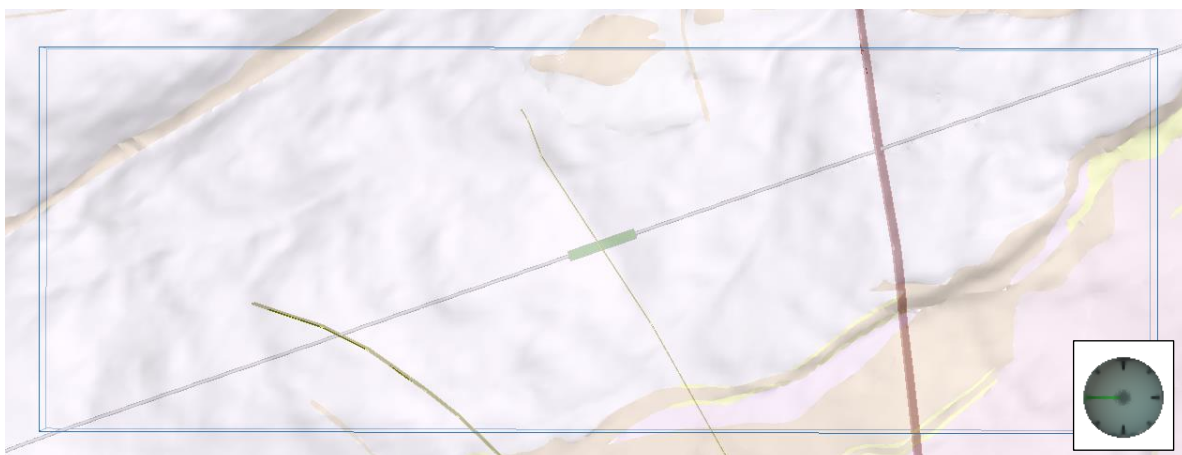
En rekke svakhetssoner befinner seg i område B, disse er vist figur 5.10. Strekning B er vist med grønn farge langs tunneltraseen. De blå svakhetssonene tilhører klasse I, som Bane NOR (2018) antar er uten forkastningssprang. Ettersom ingen av disse krysser strekning B, blir de ikke behandlet videre i denne oppgaven. Mellom BH14/16 og strekning B ligger en svakhetszone av antatt klasse II. Svakhetssonen er vist i gul i figur 5.10. Mellom BH09/16 og strekning B ligger er svakhetszone antatt å ligge i klasse II, denne vist i rødt. Svakhetssonen som krysser strekning B er antatt å ligge i klasse II.





**Figur 5.10: Svakhetssoner og geologisk blokk i område B. Strekning B vist i grønn.  
Figur laget i Leapfrog.**

Figur 5.11 viser berggrunnskartet og svakhetssonene av klasse II nevnt over i område B. Bane NOR (2018) har antatt de tre svakhetssonene gjennom tolkning av topografiske kart, berggrunnskart og relieffkart. Av berggrunnskartet i figur 5.11 fremgår det ingen klare forkastningssprang langs svakhetssonene. Det antas derfor under modellering at hele område B består av én blokk, med samme bergartsforløp på hver side av svakhetssonene. Svakhetssonen som krysser strekning B er modellert inn som en forkastning, dette for å illustrere bredden av sonen og synliggjøre at svakhetssonen og bergmassen rundt vil ha lavere Q-verdi enn bergmassen ellers. Det er derimot ikke tatt hensyn til noe forkastningssprang under modellering. Bane NOR antar at svakhetssonens bredde er 10 m. På samme måte som for område A blir to identiske mesh av svakhetssonen lagt inn. Det ene er flyttet 2,66 m østover og 4,24 m nordover, det andre 2,66 m vestover og 4,24 m sørover. En forkastning er modellert ut ifra hvert av meshene, som gir en geologisk blokk med bredde 10 m som representerer svakhetssonen.



**Figur 5.11: Berggrunnskart over område B og de tre svakhetssonene av klasse II som krysser tunnelen. Område B markert i blått, strekning B i grønn. Figur laget i Leapfrog.**

### 5.2.3 Kjerneboringer

Informasjon fra kjerne rapportene er ført over fra PDF inn i Excel og lagret som en .txt-fil slik at den kan leses av Leapfrog. De ulike fanene lagt inn er:

- Collar
- Avviksmålinger
- Geologi

En fane med Q-verdiparametere er også laget. Denne er ikke brukt inn i modellen, og omtales derfor i kapittel 5.1. De ulike fanene blir nå gått gjennom.

#### Collar

Informasjon om borehullenes orientering, startkoordinater og lengde er hentet direkte fra PDF-dokumentene. Koordinatene til BH09/16 er endret da de åpenbart er feil, ettersom de gitte koordinatene ikke passer med hvor kjernehullet er vist å ligge på oversiktskart. Nye koordinater er funnet ved å se på koordinatene til omtrentlig plassering på kart. Collar lagt inn i Leapfrog er vist i tabell 5.20.

**Tabell 5.20: Collar lagt inn i Leapfrog.**

<i>HullID</i>	<i>Øst</i>	<i>Nord</i>	<i>Høyde</i>	<i>Lengde</i>	<i>Område</i>
BH02/16	97649,73	1210116,41	116,62	201,0	A
K02	97480,89	1210206,2	131,1	175,0	A
K03	96983,66	1210852,67	181,3	200,0	A
BH09/16	93315,85	1216822,72	298,44	350,6	B
BH14/16	92526,98	1221712,26	344,25	301,0	B

**Avviksmålinger**

Informasjon om borehullenes orientering, startkoordinater og lengde er hentet direkte fra PDF-dokumentene. Et eksempel på avviksmålinger lagt inn i Leapfrog er vist i tabell 5.21. Tabell over avviksmålinger for alle kjernehullene er vist i tabell B.2 i vedlegg B.

**Tabell 5.21: Eksempel på avviksmålinger lagt inn i Leapfrog.**

<i>HullID</i>	<i>Avstand</i>	<i>Azimut</i>	<i>Dip</i>
K03	4	339,85	79,82
K03	7	338,37	79,88
K03	10	337,66	79,90
K03	13	337,45	79,87
K03	16	337,23	79,82
K03	19	339,48	79,76
K03	22	338,97	79,80

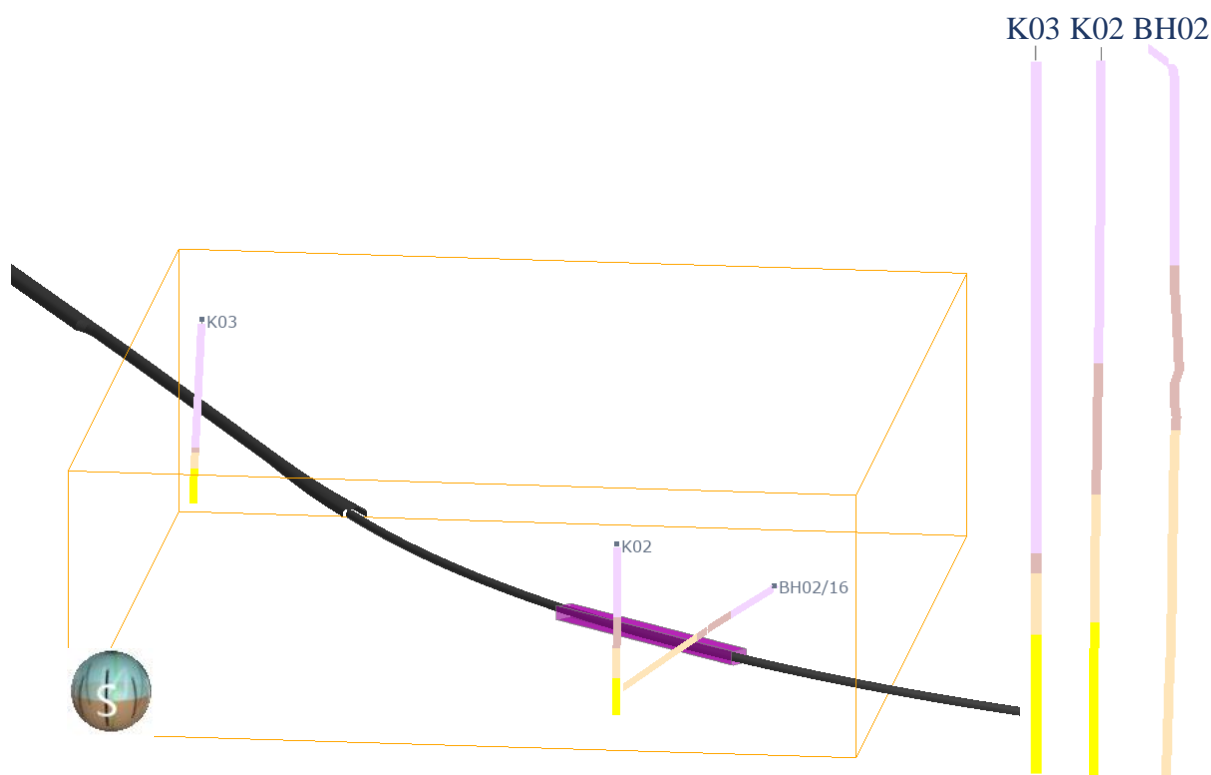
## Geologi

Tabell 5.22 viser geologien lagt inn i Leapfrog. Knust kjerne og kjernetap blir ikke vurdert i denne oppgaven, og er ikke lagt inn i Leapfrog. Geologisk beskrivelse er heller ikke inkludert. Geologien i kjernehullene viser derfor kun bergarter, i tillegg til laget «diverse». Dette laget blir nærmere beskrevet under.

**Tabell 5.22: Geologi lagt inn i Leapfrog.**

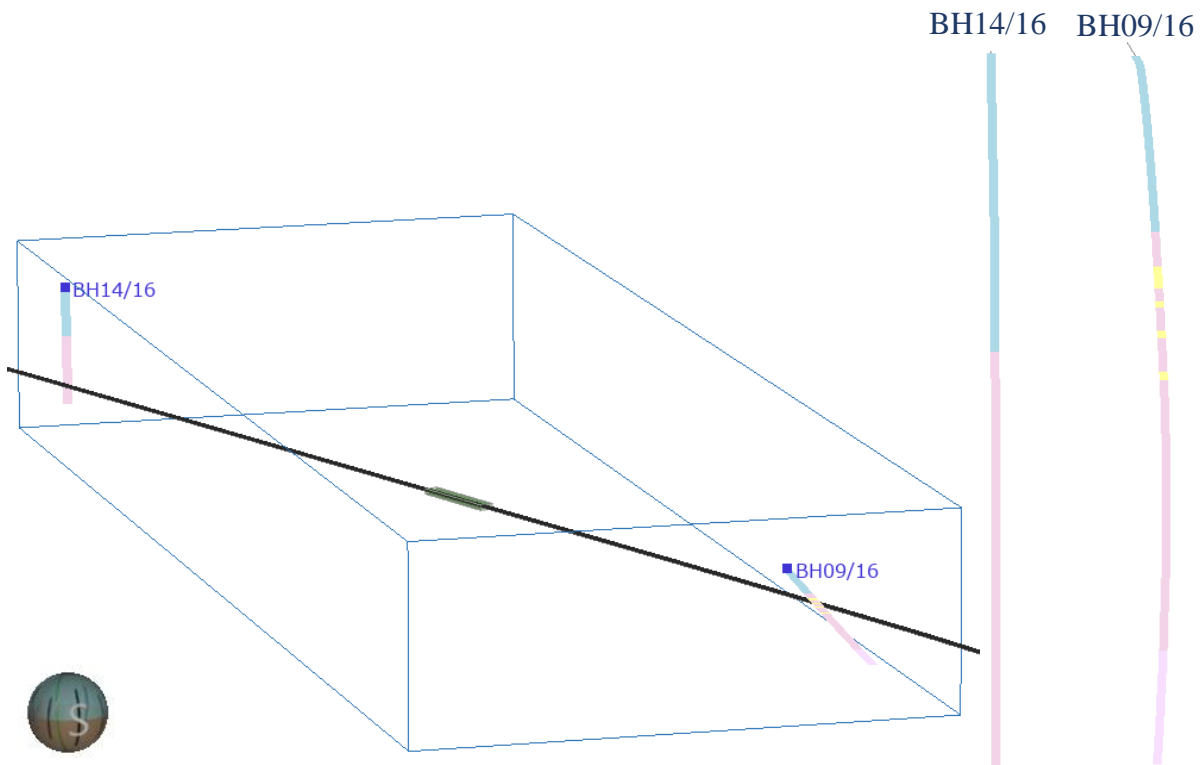
<i>HullID</i>	<i>Fra</i>	<i>Til</i>	<i>Geologi</i>	<i>HullID</i>	<i>Fra</i>	<i>Til</i>	<i>Geologi</i>
BH02/16	0	61,4	RP1	BH09/16	7	93	Diverse
BH02/16	61,4	106,5	B1	BH09/16	93	110	RP8
BH02/16	106,5	184	Askergruppen	BH09/16	110	121	Sandstein
BH02/16	184	201	Askergruppen	BH09/16	121	127	RP8/RP9
K02	3,0	75,6	RP1	BH09/16	127	130	Sandstein
K02	75,6	106,8	B1	BH09/16	130	141	RP8
K02	106,8	137,5	Askergruppen	BH09/16	141	145	RP/sandstein
K02	137,5	175	Ringerikssandstein	BH09/16	145	161	RP8
K03	4,2	65,4	RP1	BH09/16	161	165	RP/sandstein
K03	65,4	139,4	RP1	BH09/16	165	296	RP8
K03	139,4	145	B1	BH09/16	296	350,6	RP7
K03	145	162	Askergruppen	BH14/16	1	126	Diverse
K03	162	200	Ringerikssandstein	BH14/16	126	131	RP8
				BH14/16	131	134	Diabas
				BH14/16	134	155	RP8
				BH14/16	155	173	Diabas
				BH14/16	173	301	RP8

I borehull BH02, K02 og K03 er alle bergartene gjengitt slik de er logget. Plasseringen av borehullene og borehullenes geologi brukt under modellering vist i figur 5.12.



**Figur 5.12: Kjerneboringer brukt i modellen til område A. Figur laget i Leapfrog.**

Borehullene brukt under modellering av område B er vist i figur 5.13. Tunnelen ligger ca. 125 moh. langs strekning B. Øvre grense for RP8 ligger på rundt 220 moh. i de to borehullene. Det antas at lagene over RP8 ikke vil påvirke geologien på tunnelnivå, da det er nesten 100 m som skiller de fra tunnelen. Lagene over RP8 er derfor forenklet til et lag kalt «diverse». Resten av geologien i borehullene er gjengitt slik de er logget. I Leapfrog er geologien i BH09/16 og BH14/16 gruppert i fire grupper; diverse, RP7, RP8 og sandstein. RP8 består av RP8, diabas og RP8/RP9. Sandstein består av sandstein og sandstein/RP. Diabas opptrer to ganger i BH14/16, men er valgt å ikke ta hensyn til i oppgaven. Diabas ligger i RP8-laget, og i rapporten for BH14/16 står at disse lagene kan være enten diabas eller RP (NAA, 2017c). I denne oppgaven er den derfor valgt å behandles som RP.



**Figur 5.13: Kjerneboringer brukt i modellen til område B. Figur laget i Leapfrog.**

#### 5.2.4 Berggrunnskart

I område A er berggrunnskartet brukt for å bekrefte at å modellere inn RP1 som øvre bergartslag stemmer med NGU sine data. Nordøst av område A er dekket av Ringeriksgruppen, rett sør et lag med B1. En forkastning skiller hver av disse fra de to forkastningsblokkene strekning A ligger i; de ligger ikke i samme forkastningsblokk som strekning A. Disse to lagene blir derfor ikke tatt hensyn til under modellering. I område B er berggrunnskart benyttet til å sammenkoble et sandsteinslag vest for område B med et av sandsteinslagene registrert i BH09/16. Dette beskrives nærmere under.

#### 5.2.5 Bergartsgrenser

I dette kapittelet blir modellering av bergartenes grenser forklart. Øvre bergartsgrense i begge modellene er satt til å være terrengoverflaten. Det antas at tunnelen har stor nok berg-

overdekning i begge områdene til at løsmassedekket ligger godt over tunnelen, og at å bruke den topografiske flaten som øvre grense er en forenkling som ikke påvirker modellering av geologien på tunnelnivå. Løsmasser er derfor ikke modellert inn. Det er heller ikke modellert inn gangbergarter (hovedsakelig diabas). Samtlige bergartsgrenser idealiseres til å være plane flater. Det antas også at lagene er stablet oppå hverandre, med eldste lag nederst. Alle bergartsgrensene er laget med funksjonen «New Erosion». En nærmere beskrivelse av modelleringen av bergartsgrensene til område A og B blir nå gitt.

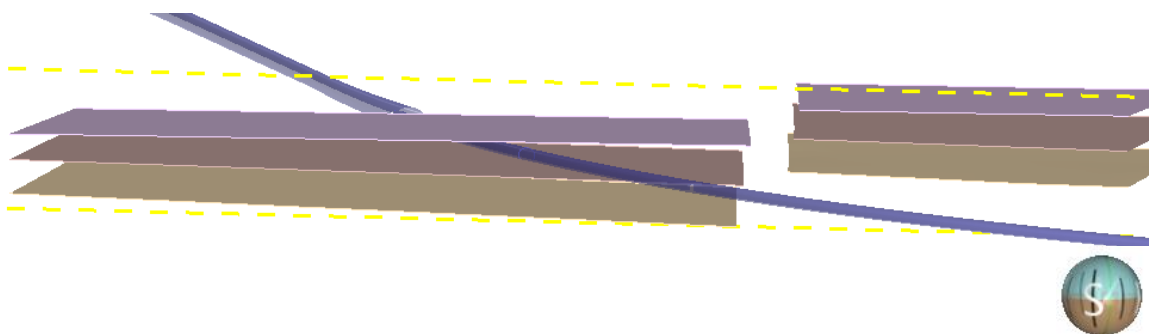
### Område A

Som beskrevet tidligere er område A delt inn i Blokk øst, Blokk vest og Blokk forkastning. Borehullene K02, K03 og deler av BH02/16 ligger i Blokk vest. Bergartsgrensene for Blokk vest modelleres først, da denne har mest data. Ettersom Blokk øst kun inneholder deler av BH02/16, blir trenden funnet i Blokk vest overført til Blokk øst. Da antas det at det ikke har foregått noen relativ vridning av blokkene, slik at bergartene i Blokk øst og Blokk vest har samme orientering. Et snitt over bergartsgrensene er vist i figur 5.14. Bergartsgrensene er modellert på følgende måte:

1. Bergartsgrensen Ringriksgruppen – Askergruppen i Blokk vest er laget som en erosjonsflate med kontaktpunkter mellom Ringeriksgruppen og Askergruppen fra K02 og K03. Grenseflaten får et fall på  $1,95^\circ$  i retning N143°Ø.
2. Askergruppen – B1 er laget på samme måte; erosjonsflate med kontaktpunkter fra K02 og K03 som input. Denne flaten har orienteringen  $0,93^\circ$ /N143°Ø.
3. Siste grense i Blokk vest, B1 – RP1, er laget slik som i de to forrige punktene. Denne har  $0,83^\circ$  fall i retning N323°Ø.
4. Første bergartsgrense laget i Blokk øst er grensen B1 – RP1, ettersom denne grensen vises i BH02/16. En erosjonsflate med dette kontaktpunktet som input ble laget. Det antas at bergartene i Blokk øst har samme fall som de i Blokk vest. Grensen B1 – RP1 ble derfor gitt samme fall som i Blokk vest, nemlig  $0,83^\circ$ /N323°Ø.
5. Grensen Askergruppen – B1 dekkes av borehull BH02/16, og denne grensen er laget på samme måte som i punkt 4., med kontaktpunktet i kjerneloggen og strøk/fall  $0,93^\circ$ /N143°Ø som input.
6. BH02/16 går over fra Blokk øst til Blokk vest mens borehullet fortsatt går gjennom Askergruppen. Den nedre delen av Blokk øst har derfor ingen data, og den potensielle grensen Ringeriksgruppen – Askergruppen er uten data. Det antas at denne grensen

finnes i Blokk øst slik som i Blokk vest, og med samme orientering. I sør av Blokk vest er mektigheten til Askergruppen 32 m. Planet  $1,95^\circ/N142^\circ\text{Ø}$ , altså orienteringen til grensen Ringeriksgruppen – Askergruppen i Blokk vest, flyttes 32 m opp da Blokk vest har falt ned relativt til Blokk øst. En polyline lages oppå dette laget. Grensen Ringeriksgruppen – Askergruppen i Blokk øst lages med en erosjonsflate med denne polylinen som input.

7. Ingen grenser er laget i Blokk forkastning. Leapfrog gir den da geologien «ukjent». Dette er gjort ettersom bergartsfordelingen i svakhetssoner ikke blir tatt hensyn til under estimeringen av inndrift, kun svakhetsoneklassen.



**Figur 5.14: Snitt over bergartsgrenser modellert i område A. Tunnelen vist i blått. Blokk vest til venstre, Blokk øst til høyre. Figur laget i Leapfrog.**

### Område B

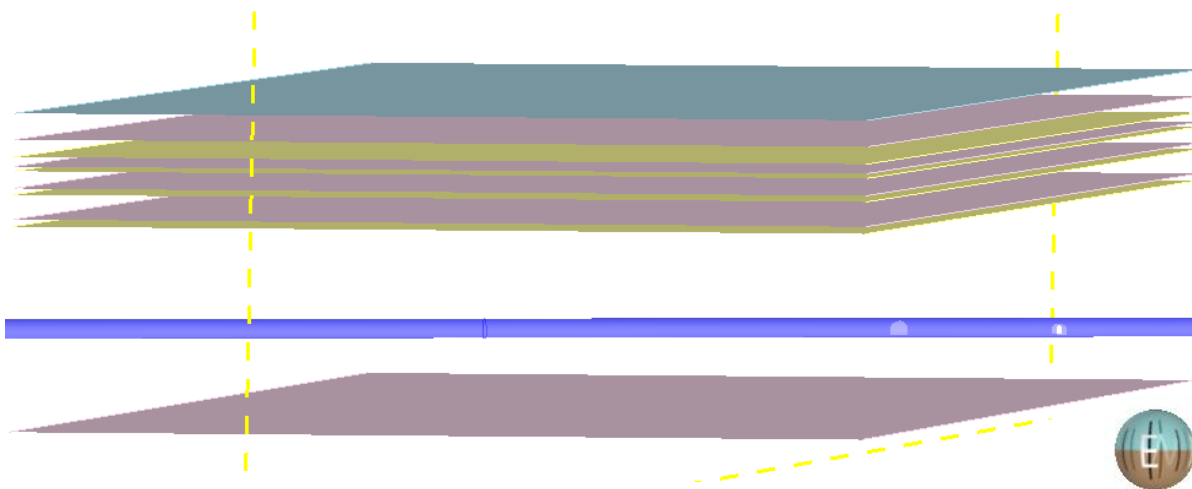
Det antas at alle lagene i område B har samme orientering, og at forkastningene som krysser området ikke har noen forkastningssprang av betydning. Området er derfor blitt modellert som én stor blokk. Først etter at de ulike bergartsgrensen er laget deles området inn i Blokk nord, Blokk sør og Blokk forkastning. Et snitt over bergartsgrensene er vist i figur 5.15. De ulike bergartsgrensene er modellert som erosjonsflater på følgende måte:

1. Første grense som modelleres er grensen Diverse – RP8. En erosjonsflate er laget med kontaktpunktene mellom RP8 og Diverse i BH09/16 og BH14/16. Denne flaten har orientering  $0,32^\circ/N357^\circ\text{Ø}$ .
2. Det øverste av de fire sandsteinslagene er gitt samme orientering som grensen Diverse – RP8. Dette er gjort ved å benytte funksjonen «Constant offset» til grensen Diverse –



RP8. Avstanden er satt til 17 m for øvre grense av laget, og 28 m for nedre grense. Disse avstandene er funnet ved hjelp av observasjoner i BH09/16. Dette er sandsteinslaget med størst mektighet registrert i BH09/14. Planet den øvre grensen ligger i skjærer gjennom et sandsteinslag som kommer ut i dagen ca. 2,7 km lengre vest for strekning B. Det er ikke registrert sandstein der hvor laget krysser BH14/16.

- De tre underliggende sandsteinslagene observert i BH09/16 er lagt inn på samme måte som i punkt 2. Avstanden til grensen Diverse – RP8 er:
  - øvre grense 25,05 m, nedre grense 27,31 m
  - øvre grense 35,10 m, nedre grense 38,14 m
  - øvre grense 49,54 m, nedre grense 52,82 mHeller ingen av disse sandsteinslagene er observert i BH14/16.
- Grensen mellom RP7 og RP8 er laget med kontaktpunktet i BH09/14, og gitt samme orientering ( $0,32^\circ/N357^\circ\text{Ø}$ ) som de overliggende lagene. I BH14/16 krysser denne grensen borehullet 25 m før borehullets ende. Her er det registrert RP8.



**Figur 5.15: Snitt over bergartsgrenser modellert i område B. Tunnelen vist i blått.  
Figur laget i Leapfrog.**



## 6 Resultater

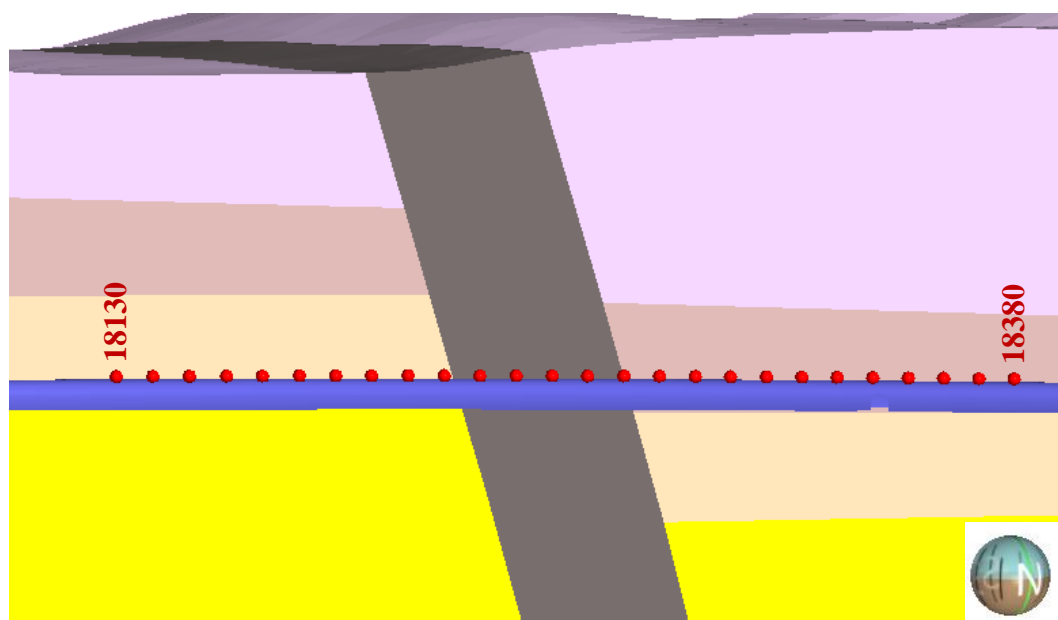
Modellerte og estimerte resultater for strekning A og B blir i dette kapittelet lagt fram.

### 6.1 Strekning A

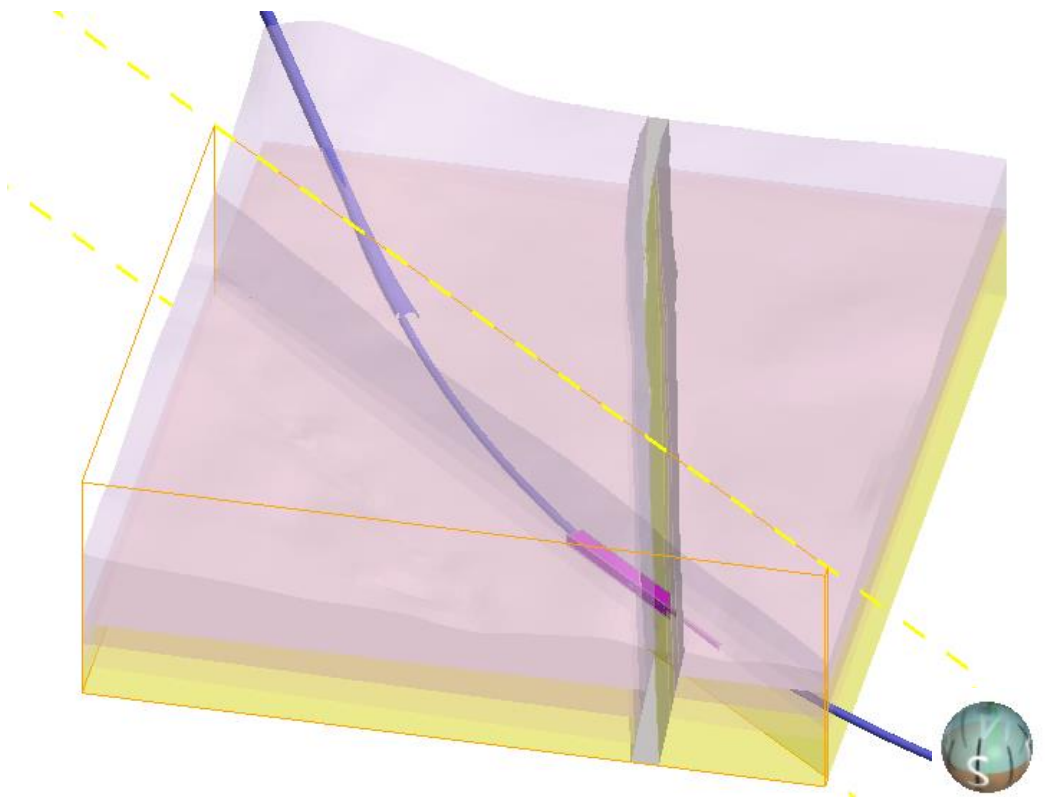
Bergartsfordelingen modellert i Leapfrog langs strekning A blir først presentert, deretter en bergmasseoversikt langs strekningen. Til slutt kommer resultater for netto og brutto inndrift for de ulike bergmassene.

#### 6.1.1 Resultat, modell

Snittet vist i figur 6.1 viser geologien langs strekning A modellert i Leapfrog. Snittet ser mot sørvest. En plassering av hvor snittet er tatt i område A er vist i figur 6.2. De første 95 meterne inn mot forkastningen har Ringeriksgruppen i sålen og Askergruppen i hengen (pelnr. 18130-18225). Deretter kommer forkastningen, som for tunnelen oppleves å være 45 m bred (pelnr. 18225-18270). Etter forkastningen går tunnelen i basalt i 110 m (pelnr. 18270-18380).



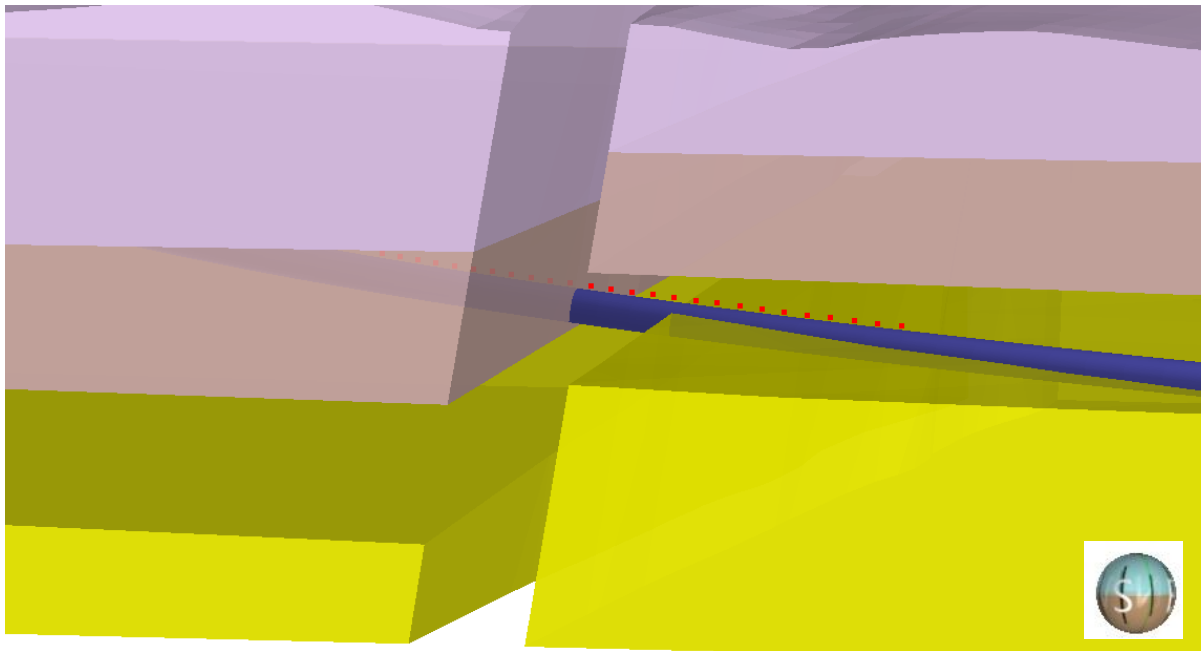
**Figur 6.1: Snitt av område A som viser strekning A. Figur laget i Leapfrog.**



**Figur 6.2: Oversikt over område A som viser hvor snitt vist i figur 6.1 er tatt.  
Figur laget i Leapfrog.**

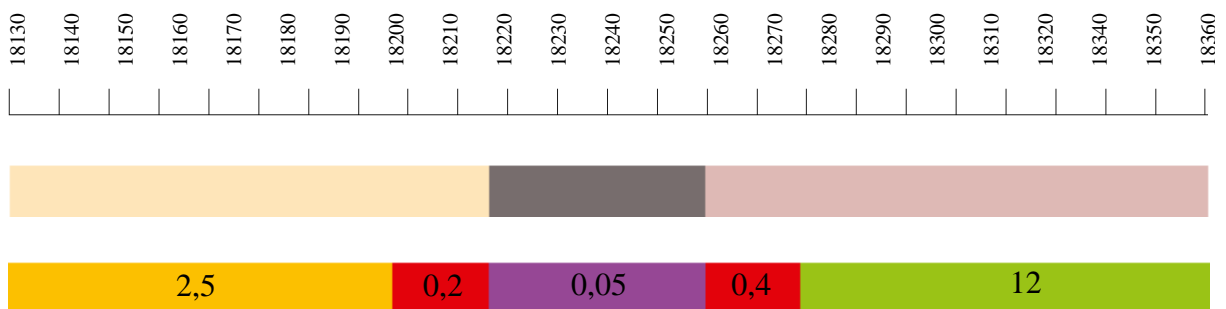
Figur 6.3 viser nøyere hvor tunnelen går på vei inn mot forkastningen. Figuren ser fra motsatt side av modellen enn snittet over strekning A, altså mot nordøst. Laget med Askergruppen er slått av for enklere å illustrere tunnelens plassering. Det fremgår av modellen at tunnelen ligger i grensen mellom Askergruppen og Ringeriksgruppen. Ettersom Askergruppen havner i hengen, er denne bergarten benyttet for pelnr. 18130-18225.

## 6. Resultater



**Figur 6.3: Figur fra område A sett mot nordøst. Laget med Askergruppen er skjult. Figur er laget i Leapfrog.**

Figur 6.4 viser bergmassenes Q-verdi langs strekning A. Berget 20 m til hver side for forkastningen har redusert Q-verdi.



**Figur 6.4: Bergartsfordeling og Q-verdier langs strekning A.**

### 6.1.2 Inndrift

#### Netto

Estimert netto inndrift for de ulike bergmassene langs strekning A er vist i tabell 6.1. Inndriften er regnet ut for 101 timers arbeidsuker. Parameterne benyttet i Tunsim er vist i tabell C.1 i vedlegg C.

**Tabell 6.1: Estimert netto inndrift langs strekning A ved 101 timers arbeidsuker.**

		Askergr.	Askergr.	Askergr.	Forkast.	Basalt	Basalt
Q-verdi		2,5	0,2	0,2	0,05	0,4	12
Pelnr.	[m]	18130	18190	18005	18225	18270	18290
		-	-	-	-	-	-
		18190	18205	18225	18270	18290	18380
Netto rundesyklus	[min/salve]	429,4	322,3	322,3	343,4	416,8	416,8
<b>Netto ukentlig inndrift</b>	<b>[m/uke]</b>	<b>64,1</b>	<b>51,3</b>	<b>51,3</b>	<b>48,2</b>	<b>66,2</b>	<b>66,2</b>

#### Brutto

En oversikt over hvilke fremdriftshemmende aktiviteter som utføres langs ulike deler av strekning A er vist i tabell 6.2. Estimert brutto inndrift med tid for hver fremdriftshemmende aktivitet er vist i tabell 6.3, også denne for 101 timers arbeidsuker. Total til for driving av strekning A er estimer til å være 62,97 uker. En mer detaljert tabell er gitt i tabell C.2 i vedlegg C.

## 6. Resultater

**Tabell 6.2: Fremdriftshemmende aktiviteter utført langs strekning A.**

		<b>Askergr.</b>	<b>Askergr.</b>	<b>Askergr.</b>	<b>Forkastn.</b>	<b>Basalt</b>	<b>Basalt</b>
Q-verdi		2,5	2,5	0,2	0,05	0,4	12
Pelnr.	[m]	18130	18190	18205	18225	18270	18290
		-	-	-	-	-	-
		18190	18205	18225	18270	18290	18380
Lengde	[m]	60	15	20	45	20	90
Tung sikring		-	RRS I	RRS II	RRS II	RRS II	-
Sonderboring		Alle hull	Kun ekstra	Kun ekstra	Kun ekstra	Kun ekstra	Alle hull
Forinjeksjon		-	Systematisk	Systematisk	Systematisk	Systematisk	-
Tunneltverrsnitt	[m <sup>2</sup> ]	83	91,2	99,4	99,4	99,4	83
Forbolter		Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei
Arbeids sikring		Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Salvelengde	[m]	5	3	3	3	3	5

## 6. Resultater

**Tabell 6.3: Estimert brutto inndrift langs strekning A for 101 timers arbeidsuker.**

		Askergr.	Askergr.	Askergr.	Forkastn.	Basalt	Basalt
Q-verdi		2,5	2,5	0,2	0,05	0,4	12
Pelnr.	[m]	18130	18190	18205	18225	18270	18290
		-	-	-	-	-	-
		18190	18205	18225	18270	18290	18380
Boretid, normale sonderhull	[min/salve]	7,70	0	0	0	0	8,78
Boretid, ekstra sonderhull	[min/salve]	23,79	23,54	24,54	24,54	25,15	24,49
Boretid, injeksjonshull	[min/salve]	0	8,99	9,44	9,44	12,82	0
Injiseringstid	[min/salve]	32	40,90	42,55	42,55	100,90	75
Boltetid, tung sikring	[min/salve]	0	756,8	793,28	793,28	793,28	0
Boltetid, forbolter	[min/salve]	0	3816	8928	8928	8928	0
Boltetid, arbeidssikring	[min/salve]	720	720	720	720	720	720
Sprøytetid	[min/salve]	0	34,22	34,36	34,36	34,36	0
Sprøytetid	[min/salve]	96,68	57,20	57,09	57,09	57,09	96,68
Byggherrens halvtid	[min/salve]	30	30	30	30	30	30
Netto inndrift	[min/salve]	416,1	322,3	322,3	343,4	416,8	416,8
Netto inndrift	[m/uke]	64,1	51,3	51,3	48,2	66,2	66,2
Brutto inndrift	[min/salve]	1325,84	5809,96	10961,56	10982,66	11118,4	1371,63
Brutto inndrift	[min/m]	265,17	1936,65	3653,85	3660,89	3706,13	274,33
Arbeidstid i uka	[min/uke]	6060	6060	6060	6060	6060	6060
<b>Brutto inndrift</b>	<b>[m/uke]</b>	<b>22,85</b>	<b>3,13</b>	<b>1,66</b>	<b>1,66</b>	<b>1,64</b>	<b>22,09</b>
Total drivetid	[uker]	2,63	4,79	12,06	27,18	12,23	4,07
<b>Total drivetid</b>	<b>[uker]</b>	<b>62,97</b>					

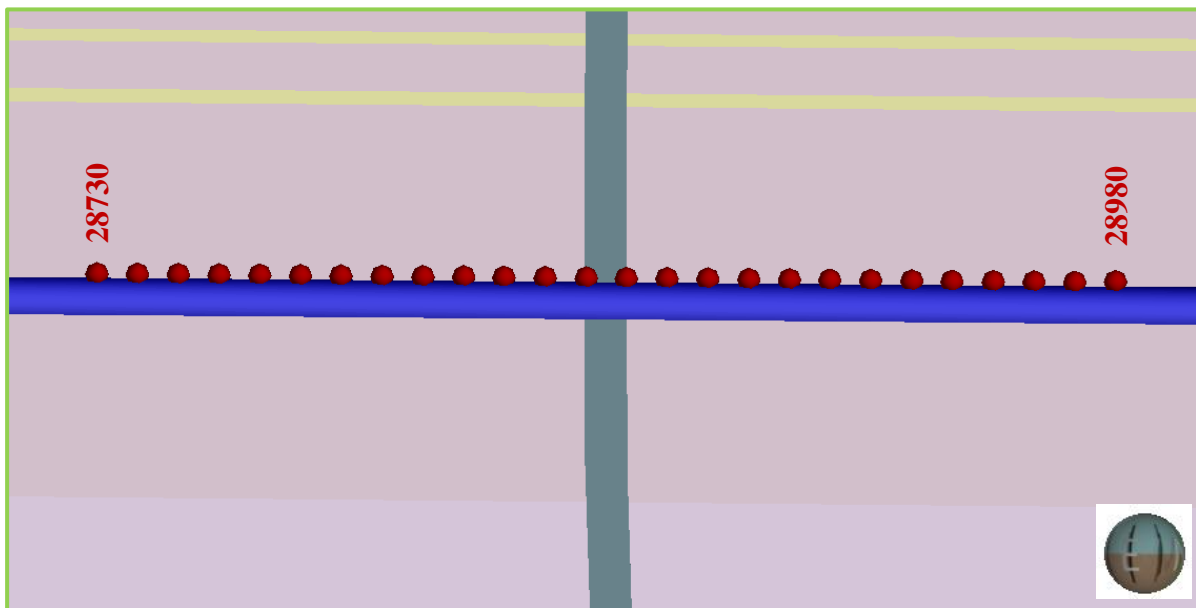


## 6.2 Område B, strekning B

Bergartsfordelingen modellert i Leapfrog langs streking B blir først presentert, deretter en bergmasseoversikt langs strekningen. Til slutt kommer resultater for netto og brutto inndrift for de ulike bergmassene.

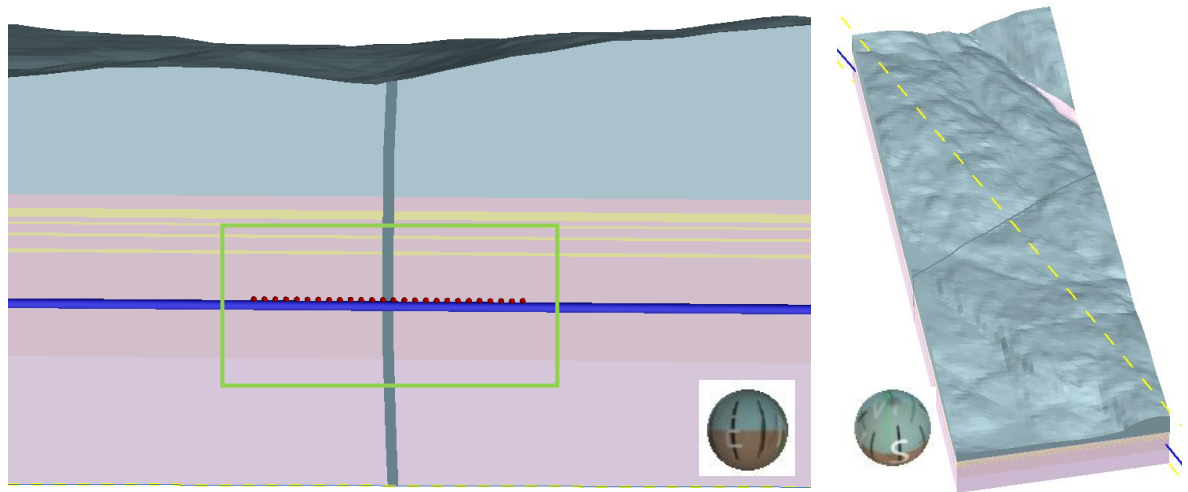
### 6.2.1 Resultat, modell

Snittet vist i figur 6.5 figur 6.6 viser geologien langs streking B modellert i Leapfrog. Snittet ser mot vest. Plasseringen av snittet er vist i figur 6.6. Hele strekning B er forventet å ligge i RP8. Svakhetssonen er 10 m bred, og møtes på etter 120 m (pelnr. 28850-28860). Tunnelen treffer ingen overliggende sandsteinslag.



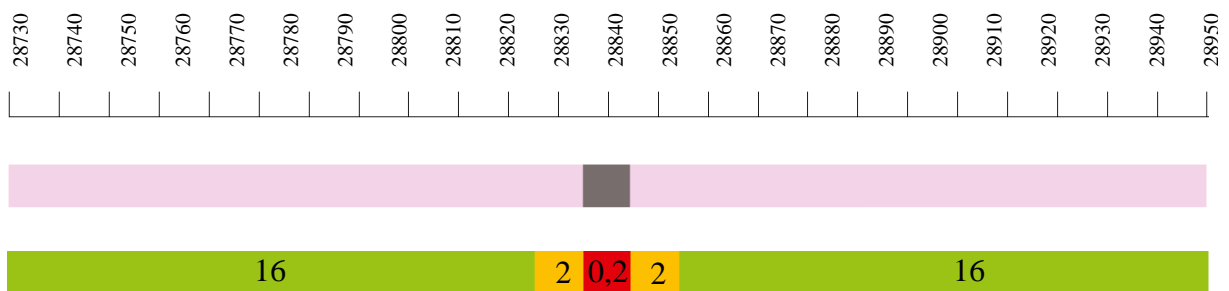
**Figur 6.5: Snitt over strekning B. Figur laget i Leapfrog.**

## 6. Resultater



**Figur 6.6: Oversikt over plassering av hvor snittet er tatt. Figurer laget i Leapfrog.**

Figur 6.7 viser bergmassenes Q-verdi lang strekning B. Berget 10 m til hver side for svakhetssonen har redusert Q-verdi.



**Figur 6.7: Bergartsfordeling og Q-verdier langs strekning B.**

## 6.2.2 Inndrift

### Netto

Estimert netto inndrift for de ulike bergmassene langs strekning B er vist i tabell 6.4. Inndriften er regnet ut for 101 timers arbeidsuker. Parameterne benyttet i Tunsim er vist i tabell C.1 i vedlegg C.

**Tabell 6.4: Estimert netto inndrift langs strekning B for 101 timers arbeidsuker.**

	Enhet	RP8	RP8	Forkastning	RP8	RP8
Q-verdi		16	2	0,2	2	16
Pelnr.	[m]	28730- 28840	18840- 18850	288540- 28860	28860- 28870	28870- 28980
Faktisk volum per rundt	[m <sup>3</sup> / salve]	641,4	412,03	412,03	412,03	641,4
Netto rundesyklus	[min/ salve]	653,7	653,7	492,3	653,7	653,7
<b>Netto ukentlig inndrift</b>	[min/ uke]	<b>42,2</b>	<b>42,2</b>	<b>33,8</b>	<b>42,2</b>	<b>42,2</b>

### Brutto

En oversikt over hvilke fremdriftshemmende aktiviteter som utføres langs ulike deler av strekning B er vist i tabell 6.5.

## 6. Resultater

**Tabell 6.5: Fremdriftshemmende aktiviteter utført langs strekning B.**

		<b>RP8</b>	<b>RP8</b>	<b>Forkastning</b>	<b>RP8</b>	<b>RP8</b>
Q-verdi		16	2	0.2	2	2
Pelnr.	<i>[m]</i>	28730	18840	28850	28860	28870
		-	-	-	-	-
		28840	18850	28860	28870	28980
Lengde	<i>[m]</i>	110	10	10	10	110
Tung sikring			RRS I	RRS I	RRS I	
Sonderboring		Alle hull	Ekstra	Ekstra	Ekstra	Alle hull
Forinjeksjon		-	Systematisk	Systematisk	Systematisk	-
Tunneltverrsnitt	<i>[m<sup>2</sup>]</i>	123	131,7	131,7	131,7	123
Forbolter		Nei	Ja	Ja	Ja	Nei
Arbeidssikring		Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Salvelengde	<i>[m]</i>	5	3	3	3	5

Estimert brutto inndrift med tid for hver fremdriftshemmende aktivitet er vist i tabell 6.6, også denne for 101 timers arbeidsuker. Total til for driving av strekning B er estimert til å være 27,67 uker. En mer detaljert tabell er gitt i tabell C.3 i vedlegg C.

## 6. Resultater

**Tabell 6.6: Estimert brutto inndrift langs strekning B for 101 timers arbeidsuker.**

	Enhet	RP8	RP8	Forkastn.	RP8	RP8
Q-verdi		16	2	0,2	2	2
Pelnr.	[m]	28730	18840	28850	28860	28870
		-	-	-	-	-
Boretid, normale sonderhull	[min/salve]	10,27	0	0	0	10,27
Boretid, ekstra sonderhull	[min/salve]	28,58	28,23	28,23	28,23	28,58
Boretid, injeksjonshull	[min/salve]	0	16,08	16,04	16,04	0
Injiseringstid	[min/salve]	75	116,78	116,78	116,78	75
Boltetid, tung sikring	[min/salve]	0	1511,49	1511,49	1511,49	0
Boltetid, forbolter	[min/salve]	0	5544	5544	5544	0
Boltetid, arbeidssikring	[min/salve]	900	900	900	900	900
Sprøytetid	[min/salve]	0	52,40	52,40	52,40	0
Sprøytetid	[min/salve]	95,15	61,02	61,02	61,02	95,15
Byggherrens halvtime	[min/salve]	30	30	30	30	30
Netto inndrift	[min/salve]	653,7	653,7	492,3	653,7	653,7
Netto inndrift	[m/uke]	42,2	42,2	33,8	42,2	42,2
Brutto inndrift	[min/salve]	1792,58	8913,70	8752,26	8913,66	1792,58
Brutto inndrift	[min/m]	358,52	2971,23	2917,42	2971,22	358,52
Arbeidstid i uka	[min/uke]	6060	6060	6060	6060	6060
<b>Brutto inndrift</b>	<b>[m/uke]</b>	<b>16,90</b>	<b>2,04</b>	<b>2,08</b>	<b>2,04</b>	<b>16,90</b>
Total drivetid	[uker]	6,51	4,90	4,81	4,90	6,51
<b>Total drivetid</b>	<b>[uker]</b>	<b>27,64</b>				

## 6. Resultater

---

# 7 Diskusjon

I dette kapittelet gjøres det rede for antagelser og forenklinger gjort underveis, og eventuelle påvirkninger de vil ha på inndrift. Deretter blir to snitt fra Bane NOR sin geologimodell sammenlignet med snitt langs strekning A og B laget i Leapfrog. Til slutt diskuteres nytteverdien av denne oppgaven.

## 7.1 Antagelser og forenklinger

Under estimering av inndrift betraktes kun enkeltspørtunnelen langs strekning A og dobbeltspørtunnelen langs strekning B. Mulig påvirkning tverrslag, servicetunnel og motgående spor har for inndrift blir ikke betraktet. Restriksjoner knyttet til tillatte rystelser, støy, setninger osv. er heller ikke tatt hensyn til under estimeringen. Restriksjoner vil i så fall senke inndriften.

### **Netto**

For inngangsparametere i Tunsim som avhenger av tunnelverrsnitt er kurven ekstrapolert dersom tverrsnitt overstiger  $120 \text{ m}^2$ . Dette anses som akseptabelt da kurvene enten konvergerer eller er lineære.

DRI og borbarhet er bestemt fra bergartsprøver tatt fra kjerneboringer. For bergarter det mangler verdier for er verdier fra tilsvarende bergarter fra andre undersøkelser benyttet. Sprengbarhet er valgt ut ifra typiske verdier for bergartene. VHNR avhenger av bergartenes mineralske sammensetning. Denne er ikke blitt undersøkt for bergartene langs Krokskogtunnelen. Den mineralske sammensetningen er derfor hentet fra analyser av bergarter lengre unna, eller for tilsvarende bergarter. Som det fremgår er data brukt for bergmasse- og slitasjeegenskaper svært usikker, noe som også gjør inndrifts estimatet usikkert. DRI og borbarhet påvirker inntrengningshastighet, sprengbarhet bestemmer antall store borehull og tid for driftsrensk mens VHNR påvirker faktor for bytting av borekrone. Tabell 7.1 viser hvordan inndriften påvirkes dersom bergadataen endres. Eksempelet er for Askergruppen i enkeltspørtunnelen med Q-verdi 2,5. Verdien til DRI er spesielt usikker. Under de bergmekaniske testene utført av SINTEF ble det registrert et spenn i DRI-verdier fra 13 til 100.

## 7. Diskusjon

Brukes DRI = 13 vil inndriften avta med 54 min/salve i forhold til inndriften estimert for DRI = 100. En middelvei av disse to ekstreme verdiene er valgt i oppgaven.

**Tabell 7.1: Variasjon av netto inndrift avhengig av bergdata for Askergruppen i enkeltsportunnelen med Q-verdi 2,5.**

		DRI = 50 Borbarhet = Medium	DRI = 13 Borbarhet = Dårlig	DRI = 100 Borbarhet = God
Inntr.hastighet	[cm/min]	218	150	316
<b>Netto inndrift</b>	<b>[min/salve]</b>	<b>429,4</b>	<b>448,2</b>	<b>394,2</b>
		SPR = Medium	SPR = Dårlig	SPR = God
Ant. borehull	[stk/salve]	110	120	100
Ant. store borehull	[stk/salve]	3	3	3
Ladetid	[min/runde]	58	60	54
Tid for driftsrensk	[min/salve]	64	90	40
<b>Netto inndrift</b>	<b>[min/salve]</b>	<b>429,4</b>	<b>466,5</b>	<b>392,1</b>
		VHNR = 133	VHNR = 600	VHNR = 1000
Faktor for bytting av borekrone		0,005	0,028	0,06
<b>Netto inndrift</b>	<b>[min/salve]</b>	<b>429,4</b>	<b>440,5</b>	<b>456,0</b>

### Brutto

Hvor representativ data til et kjerne hull er for bergmassen i bakken varierer, da et kjerne hull kun er som et lite nålstikk i bakken. Kjerne hullet vil ikke fange opp den laterale variasjonen i bergmassen. For svakhetssoner er det en betydelig usikkerhet knyttet til Bane NOR sine vurderinger om plassering, klassifisering, orientering og bredde. I denne oppgaven er det ikke stilt spørsmål til gyldigheten av disse dataene. De er antatt å være representative og korrekte, noe de mest sannsynlig ikke er.

Under vurderingen av Q-verdi både for bergmasse påvirket og upåvirket av en nærliggende svakhetssone ble alle verdiene av Q' fra de fem kjerne hullene benyttet. Svakhetsoneklassenes Q-verdier er vurdert ut ifra Bane NOR sine anbefalinger. En mer eksakt metode å vurdere svakhetssoneklassenes Q-verdi på vil være å se på kjerne hull som krysser en antatt forkastning,



## 7. Diskusjon

---

og vurdere Q-verdi for den lengden av kjernehuslet som går gjennom antatt forkastning. Slik kan også Q-verdien og bredden av påvirket sideberg vurderes, ved å utelukkende betrakte Q-verdier som antas å gjelde for påvirket sideberg. Normal Q-verdi kan hentes for resten av borehuslet som regnes å være upåvirket. Av kjernehuslene brukt i denne oppgaven er det kun BH02/16 som krysser en antatt svakhetsone. Ut ifra kjernehuslet er det vanskelig å vurdere omfanget av påvirket sideberg da Q-verdien generelt er lav og borehuslet stopper ikke lenge etter krysningen av svakhetsonen (i forkant av svakhetsonen er det kun 20 m med Askergruppen før berget går over i B1). Upåvirket og påvirket Q-verdi er derfor bestemt ut ifra alle Q'-verdier tilgjengelig for en bergart. Bergmassenes Q-verdi har dermed stor usikkerhet. Påvirket sideberg til de ulike svakhetsoneklassene er vurdert ut ifra skjønn, noe som også innebærer en betydelig usikkerhet.

Å basere bergmassenes Q-verdi på kjernedata innebærer at SRF og  $J_w$  settes lik 1. Dette tilsvarer tørt bergrom og middels høye, gunstig orienterte spenninger. Dersom det ikke er tilfellet – typisk at det er større innlekkasje slik at  $J_w < 1$  – vil Q-verdien avta. Er bergmassene gitt for høy Q-verdi i forhold til hva som er tilfellet vil spesielt svakhetsoner og påvirket sideberg langs strekning A og B kunne kreve mer sikring. Disse bergmassene har allerede lave Q-verdier, og innføringen av fremdriftshemmende aktiviteter benyttet i denne oppgaven er spesielt følsom for variasjoner ved lave Q-verdier. En senkning av Q-verdi vil derfor kunne spille negativt inn på inndrift. Dersom det motsatte skulle skje, nemlig at Q-verdien er høyere enn forventet, vil berget kunne kreve mindre sikring enn hva som er estimert. Ved forinjeksjon vil injeksjonsmassene kunne bidra til å bedre bergets kvalitet. En økning av Q-verdier vil kunne spille positivt inn på inndrift. Denne effekten er ikke betraktet i denne oppgaven.

Inndriften er estimert under den forenklingen om at alle aktiviteter utføres separat. Det regnes med at det kreves én runde forinjeksjon, og at høyt sluttrykk benyttes. Tiden for eventuelle avviksmålninger og herding er ikke medregnet. Estimering av injeksjon er veldig usikker, da den vil variere fra bergmasse til bergmasse. Usikkerheten er forsøkt begrenset ved å benytte empirisk data for lignende tilfeller. Det er ikke lagt til ekstra tid for rensk, driftsrensk inkludert i utregningen av netto inndrift anses som tilstrekkelig. Estimert av brutto inndrift forutsetter at sprøytebetong påføres etter hver salve, og at stoff ikke blir sprøytet. Sprøytes det i praksis flere salvelengder om gangen vil brutto inndrift øke. Boltetiden er estimert med bakgrunn i at alle boltene er gyste kamstålbolter med diameter 48 mm, slik at boltetiden 0,2 timer/m kan benyttes (NTNU-Anleggsdrift, 1998). Oppgaven tar utgangspunkt i at RRS I monteres på stoff mens RRS II monteres bak stoff, da dette er den vanligste praksisen. Alle disse forenklingene viser at beste tilfellet generelt er vurdert, at alt går etter planen og at ingen uforutsette hendelser

---

## 7. Diskusjon

---

oppstår. Dette vil sjeldent være tilfellet i praksis. Ettersom inndriften kun er ment som en pekepinn på hvor driving forventes å være tidskrevende og hvor den forventes å være uproblematisk, anses en idealisering av forholdene som akseptabelt. Å estimere eksakte verdier er ikke hensiktsmessig, da tiden for alle faktorene som faktisk påvirker inndriften aldri kan gjøre redes for på forhånd.

Svakhetssonenes orientering vurderes kun med tanke på hvor lang strekningen den berører tunnelen er. Ugunstig orientering i forhold til stabilitet betraktes ikke. Det blir heller ikke sett på bergmassenes sprekkeorientering. Ugunstig sprekkeorientering og/eller stor oppsprekking vil gi en lavere sprengbarhet, som igjen vil gi lavere netto inndrift. Ettersom sikringen baserer seg på Q-metoden, er kun svakhetssonenes Q-verdi vektlagt.

Tabell 7.2 viser inndrift estimert i denne oppgaven og inndrift estimert av Bane NOR (NAA, 2018a). Upåvirket bm. vil si bergmasse upåvirket av svakhetszone. Det antas at verdiene fra Bane NOR også gjelder slik upåvirket bergmasse og at de derfor kan sammenlignes med denne oppgavens resultater for upåvirket bergmasse. Masteroppgavens estimer er gjort fullstendig uavhengig av Bane NOR sine tids- og mengdeanslag. Bane NORs estimer er for betydelig lengre strekninger enn masteroppgavens.

**Tabell 7.2: Brutto inndrift for 101 timer/uke. Verdier fra Bane NOR er hentet fra «Fagrappport Anleggsgjennomføring og Drivemetode» (NAA, 2018a).**

	Brutto inndrift, upåvirket bm.	Brutto inndrift, Bane NOR
	<i>[m/uke]</i>	<i>[m/uke]</i>
Askergruppen	22,85	13,7
Basalt	22,09	21,9
RP	16,90	24

Som det fremgår av tabellen er masteroppgavens inndrift merkbart høyere for Askergruppen enn inndrift estimert av Bane NOR. Bane NOR antar at forinjeksjon utføres i stor grad, at 90 % av boltene til arbeidssikring monteres på stoff, 80 % av total mengde sprøytebetong sprøytes på stoff, og 70 % av sprøytebetongbuene monteres på stoff (NAA, 2018a). De tar også hensyn til restriksjoner knyttet til pigging, boring, sprengning osv. Dette forklarer hvorfor de regner

---

med en mye lavere inndrift i en problematisk bergart som Askergruppen, som krever mye sikring. De to estimatene for basalt stemmer godt med hverandre. For RP antar Bane NOR en høyere inndrift enn hva som er estimert i denne oppgaven. Årsaken til dette er ikke sikkert, men inngangsparametere som inntrengnings-hastighet – som igjen avhenger av verdien for DRI – vil påvirke inndriften. Inngangsparametere brukt av Bane NOR under estimeringen er ikke undersøkt.

### **Modell**

Data fra Bane NOR, hovedsakelig fra kjerneboringer og om svakhetssoner, er ukritisk benyttet. En modell kan aldri bli bedre enn det dataene tillater. Dersom dataen som tas inn i modellen ikke er representativ for de faktiske forholdene, vil modellen bli feil.

Et kjernehus representerer kun det begrensede området kjernen er hentet fra. Det er ingen garanti for at den omkringliggende bergmassen har tilsvarende forholdene som i kjernehuset. Kjernehusene inkludert i de to modellene ligger i nærmest tilfelle 43 m unna aktuell strekning. At forholdene langs de to strekningene er lik de som vises i kjernehusene er lite sannsynlig. Gyldigheten av data fra kjernehusene er derfor diskutabel. Knust kjerne og kjernetap er ikke tatt hensyn til under modellering nettopp på grunn av dette. Gangbergarter er heller ikke modellert, da de opptrer sporadisk og er vanskelige å forutsi. Dersom gangbergarter møtes på, må det forventes å benytte systematisk injeksjon. Dette vil i så fall senke brutto inndrift.

En rekke forenklinger er gjort under modelleringen. Alle bergartslag er modellert som plane flater og forkastningene er gitt konstant bredde mot dypet. I virkeligheten oppfører ikke naturen seg perfekt. Disse forenklingene er blitt gjort for å begrense oppgaven. En annen forenkling er at terrengoverflata brukes som øvre avgrensning for bergartene under modellering. Løsmassedekket er dermed ikke vurdert. Tunnelen ligger i begge områdene godt under terrengoverflaten, ca. 80 og 220 m for henholdsvis strekning A og B. Eventuelle dyprenner antas å ikke nå ned på dette dypet, og tunnelen antas også å ha tilstrekkelig med bergoverdekning til at et gunstig spenningsforhold for stabiliteten oppnås ( $SRF = 1$ ). Dersom spenningsforholdene er ugunstige som følge av lav bergoverdekning, eller dyprenner møtes på under driving, vil dette ha negativ innvirkning på brutto inndrift.

Blokk øst i område A har kun én kjerneboring. Dette gir ikke nok informasjon til å vurdere om en vridning av forkastningsblokken har skjedd. Det antas at ingen relativ vridning av de to

## 7. Diskusjon

---

blokkene i område A har funnet sted. Lagene er derfor gitt lik orientering i begge blokkene, men ligger på ulike høyder før og etter forkastningen som følge av forkastningssprang.

Hele område B er modellert som én stor forkastningsblokk på 1,3x3,8 km. I dette området befinner det seg tre svakhetssoner med 3-10 meters bredde, en svakhetszone > 10 meter bred, og en rekke svakhetssoner < 3 meter brede. At ingen av forkastningene mellom strekning B og de to kjerneboringene har et merkbart forkastningssprang er lite sannsynlig. Bergartsfordelingen i berggrunnskartet viser derimot ingen tydelige forkastningssprang. Ettersom det også kun er to kjerneboringer i dette området er heller ikke disse nok til å bestemme eventuelt forkastningssprang. Å modellere område B både med og uten forkastningsblokker innebærer begge stor usikkerhet. Som en forenkling og i mangel på mer data er én blokk valgt å modelleres i denne oppgaven.

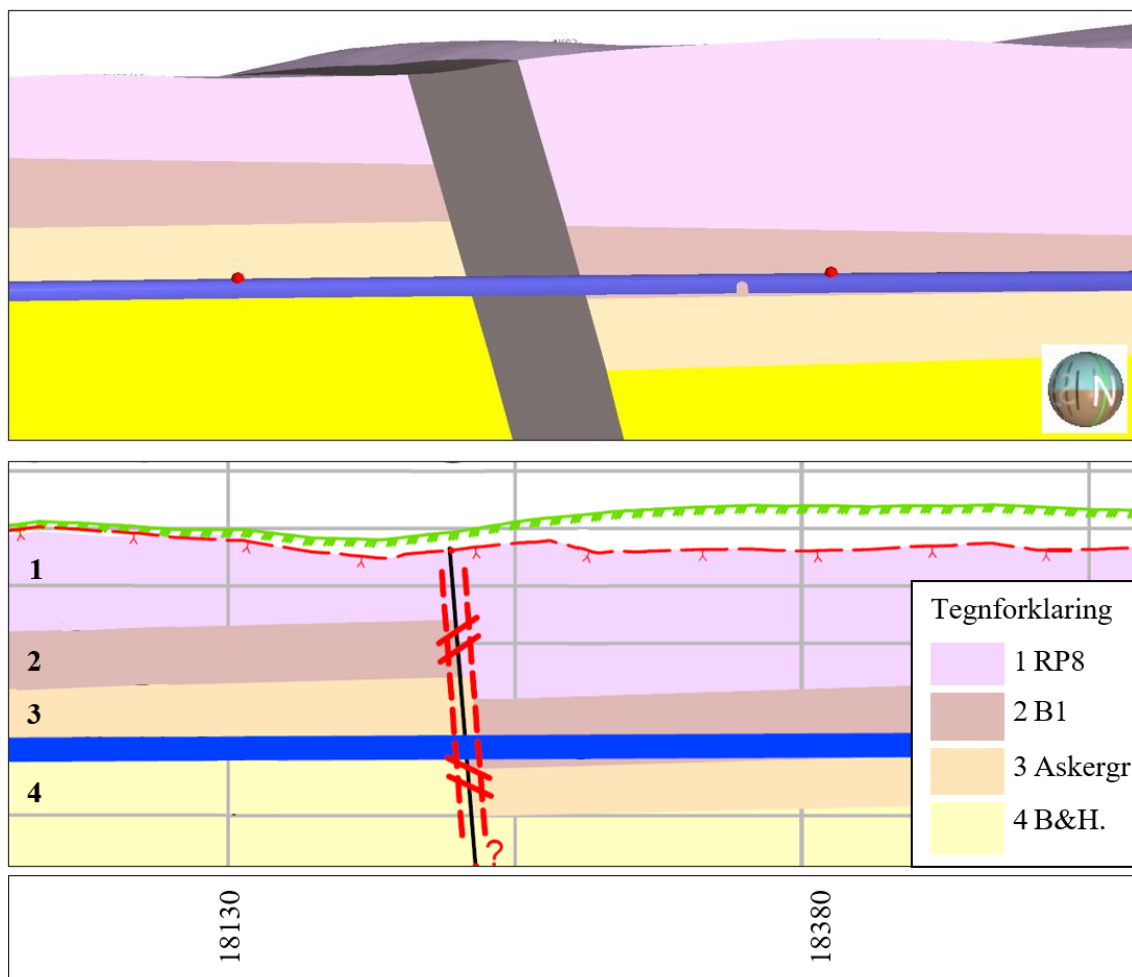
I område B er kun øvre grense for RP8 registrert i begge kjernehullene. I fravær av mer informasjon er resten av bergartsgrensene gitt samme orientering som flaten disse grensene gir. I denne delen av tunnelen består geologien av vulkanske bergarter. Disse er blitt avsatt lagvis oppå hverandre (Ramberg, et al., 2007). Det er da nærliggende å anta at lagene innenfor en forkastningsblokk har samme orientering. Med RP8s orientering treffer det øverste sandsteinslaget i BH09/16 et sandsteinslag registrert på berggrunnskartet lengre vest for område B. Dette støtter forenklingene om at én forkastningsblokk, plane grenser og lik orientering av bergartslag er gyldig (forutsatt at ingen forkastninger med betydelig forkastningssprang skiller område B og dette sandsteinslaget lengre vest). Lagene over RP8 i område B er slått sammen til laget «diverse». Denne grensen ligger på ca. 228 moh., mens tunnelstraseen ligger på ca. 125 moh. Forenklingen er valgt å gjøre da det antas at de om lag 100 meterne med berg som skiller tunnelen fra dette forenklete laget anses som mektig nok til at geologien i «diverse» ikke vil påvirke geologien på tunnelnivå.

Geologien i BH09/16 mer omfattende enn i BH14/16. Sandsteinslagene og RP8/RP7-grensen registrert i BH09/16 er ikke observert i BH14/16. På dette dypet er det kun registrert RP8. Som tidligere nevnt representerer et kjernehull kun forholdene i selve kjernehullet, og ikke nødvendigvis den omkringliggende bergmassen. De ulike RP-enhetene kan være vanskelige å skille fra hverandre (NAA, 2017c). At RP7-RP8 grensen treffer BH14/16 på et dypt hvor det kun er registrert RP8 kan derfor aksepteres. At derimot ingen av sandsteinslagene i BH09/16 kommer til syne i BH14/16 gir grunn til mistanke om at modellen ikke representerer virkeligheten. En mulig forklaring er at sandsteinslagene ikke er like utholdende som antatt.

Det er også mulig at det befinner seg forkastninger i dypet som ligger skjult under yngre lag avsatt i ettertid.

## 7.2 Sammenligning av modeller

Et snitt av strekning A og B fra modellene vist i Navisworks og Leapfrog er vist i henholdsvis figur 7.1 og figur 7.2. Å sammenligne snittene fra de to programmene med hverandre gir en indikator på usikkerhet. Stemmer de godt overens, er sannsynligheten større for at snittene viser de faktiske forholdene i bakken. Merk at modellene i Navisworks og Leapfrog er basert på mange av de samme grunnundersøkelsene. Antagelser, forenklinger og tolkninger vil derfor være hovedårsaken til eventuelle forskjeller i snittene.



**Figur 7.1: Snitt fra modellen i Leapfrog (øverst) og Navisworks (nederst) for strekning A. Snittet fra Navisworks er hentet fra Bane NOR (2018).**

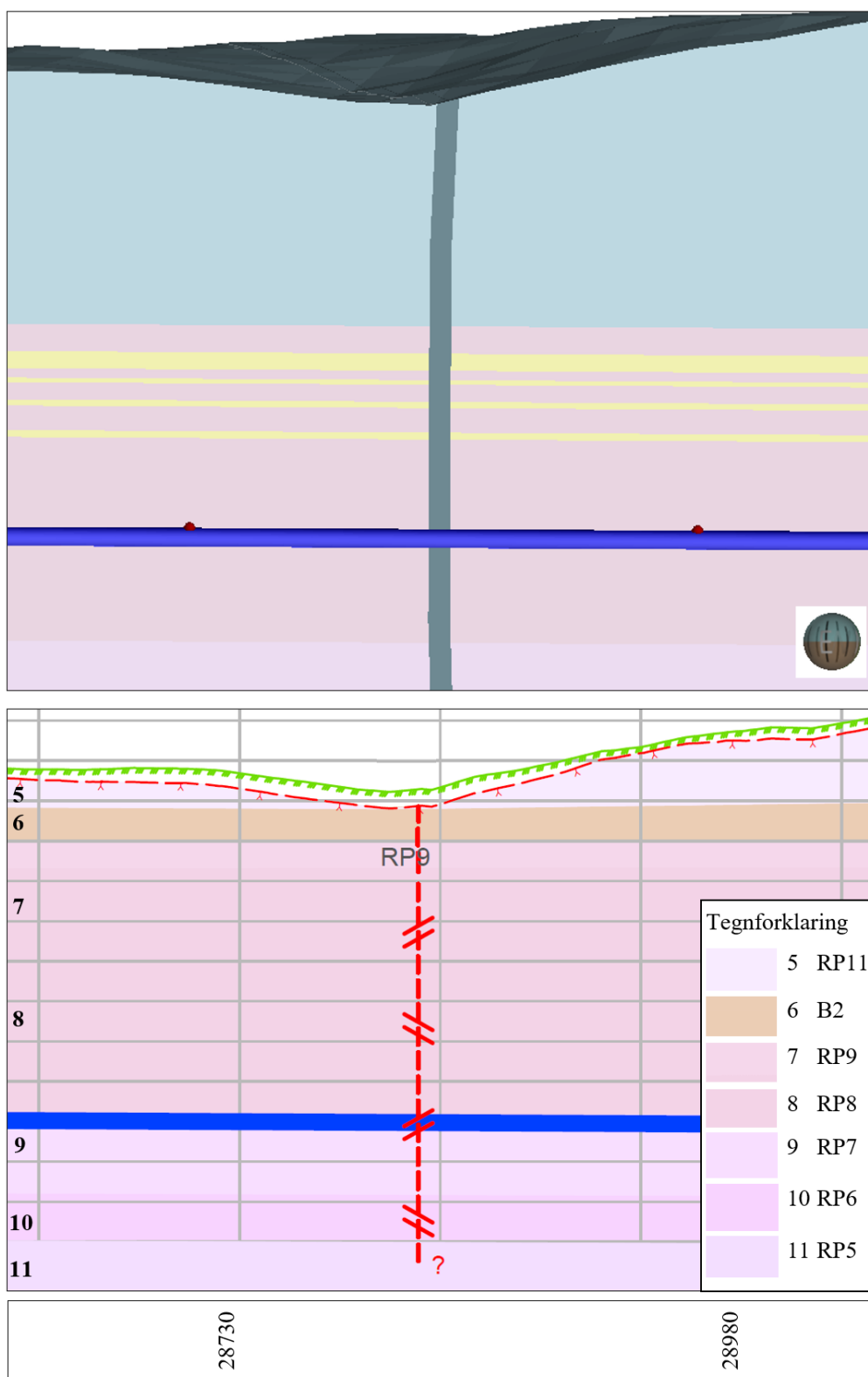
## 7. Diskusjon

---

Følgende punkter utmerker seg når de to snittene for strekning A i figur 7.1 sammenlignes:

- I Navisworks ligger Bærums- og Holegruppen under Askergruppen. I Leapfrog ligger Ringriksgruppen under Askergruppen.
- Forkastningen har i Navisworks et steilere fall enn i Leapfrog.
- Svakhetssonens antatte bredde er vist i Leapfrog, men ikke i Navisworks.
- Grensen mellom RP1 og B1 har størst fall i Navisworks, hvor det følger fallet til den underliggende grensen mellom B1 og Askergruppen. I Leapfrog faller grensen mellom RP1 og B1 tilnærmet horisontalt.
- I begge snittene har lagene lik orientering på hver side av forkastningen.
- I Navisworks er antatt bergoverflate vist. Denne er ikke vist i Leapfrog.
- Askergruppens mektighet til høyre for forkastningen er større i Leapfrog enn i Navisworks. Utenom dette har lagene så å si samme mektighet i de to snittene.
- I Navisworks går tunneltraseen i tunnelen gjennom Askergruppen/Bærums- og Holegruppen til venstre for forkastningen, B1 til høyre. I Leapfrog går tunnelen i Askergruppen/Ringeriksgruppen til venstre for forkastningen, B1 til høyre.

## 7. Diskusjon



**Figur 7.2: Snitt fra modellen i Leapfrog (øverst) og Navisworks (nederst) for strekning B. Snittet fra Navisworks er hentet fra Bane NOR (2018).**

## 7. Diskusjon

---

En sammenligning av snittene langs strekning B gir følgende observasjoner:

- Navisworks og Leapfrog viser utelukkende tilnærmet flattliggende lag.
- I Leapfrog er all geologi over 228 moh. slått sammen til laget «diverse» i motsetning til i Navisworks hvor denne delen består av RP11, B2 og RP9.
- De ulike RP-lagene har ulik plassering i de to snittene.
- Leapfrog har kun RP8 og RP7, mens Navisworks i tillegg til RP11 og RP9 også viser RP6 og RP5.
- RP-lagene i Navisworks har mindre mektig enn i Leapfrog.
- I Navisworks ligger tunnelen i grensen mellom RP8 og RP7. I Leapfrog går tunnelen gjennom RP8, med god avstand ned til RP7.
- Ulike sandsteinslag er modellert inn i Leapfrog. Disse er ikke vist i Navisworks.
- Slik som for strekning A viser Leapfrog forkastningssonens bredde, i motsetning til Navisworks som kun viser plasseringen.
- I begge snitt fortsetter bergartsforløpet likt på hver side av forkastningen.
- I Navisworks er antatt bergoverflate vist. Denne er ikke vist i Leapfrog.

Bane NOR har laget en modell langs hele tunnelens trasé på ca. 23 km. Dette har mest sannsynlig gitt de en bedre geologisk forståelse enn hva som er oppnådd ved å kun modellere område A og B. Sannsynligheten er stor for at de er bedre rustet til å gjøre korrekte geologiske vurderinger for områder med lite data. Område B er et slikt tilfelle. Det regnes med at modellen vist i Navisworks inneholder flere RP-enheter enn modellen i Leapfrog fordi Bane NOR har tolket dette til å være tilfellet. Modellen i Leapfrog har derimot fokusert mer på informasjonen som gis i de to kjerneloggene. I område A har Navisworks Bærums- og Holegruppen plassert under Askergruppen. I Leapfrog ligger Ringeriksgruppen under Askergruppen, da dette er registrert i kjernehellene. Den geologiske forståelsen kan også her være årsaken til at Bane NOR har valgt å ikke blindt følge informasjonen fra kjerneloggene.

På den andre siden fokuserer de to modellene i Leapfrog kun på to områder, og det er dedikert mye tid til å modellere en så detaljert geologi som mulig. Modellen vist i Navisworks er en grovere modell som kun inkluderer lag av større mektigheter. Sandsteinslagene i område B er derfor ikke lagt inn her. I tillegg er kun en korridor på 40 m modellert i Navisworks, mens områdene i Leapfrog er rundt 800 og 1300 m brede. At modellene i Leapfrog ikke kun ser på geologien i umiddelbar nærhet til traseen antas å være en fordel.



For inndriftsestimeringen er det kun av interesse å se på hvilke bergarter tunnelen drives gjennom. Begge snittene over strekning A sier at tunnelen vil møte på Askergruppen på vei inn mot svakhetssonen, for så å gå i basalt på den andre siden. Estimater for inndrift langs strekning A vil derfor være det samme for begge snittene. Snittet fra Navisworks sier at strekning B går gjennom en overgang mellom RP8 og RP7, mens snittet fra Leapfrog viser at tunnelen kun går gjennom RP8. På grunn av denne RP-overgangen ville inndriften mest sannsynlig blitt estimert lavere for snittet vist i Navisworks.

### 7.3 Nytteverdi

Det er en stor fordel å være forberedt på forholdene foran stoff, da avgjørelser for driving kan blir tatt tidsnok. Det forventes ikke at inndriftsestimater gjort i denne oppgaven er korrekt, men at det kan brukes som en pekepinn på hvor det er forventet dårligere forhold, og når forundersøkelser under driving er hensiktsmessig å innføre. Selv om plasseringen av de ulike bergartene i Leapfrogs modell skulle avvike med virkeligheten, vil inndriftsestimater for de ulike bergmassene allikevel kunne være til nytte under driving. Dersom forundersøkelser avdekker en av bergmassene vurdert i denne oppgaven, vil inndriftsestimater være til hjelp for å forutsi forholdene foran stoff.

Inndriftsestimeringen tar utgangspunkt i bergartsfordelingen fra modellene laget i Leapfrog. Den allerede ferdigstilte geologiske modellen fra Bane NOR kunne også vært brukt som utgangspunkt for inndriftsestimater. En sammenligning av snittene fra Navisworks og Leapfrog er nyttig, da det viser at geologien i område A og B er utfordrende å forstå. Modellene laget i Leapfrog har derfor vært til stor nytte. Et usikkerhetsestimater er ikke gjort for modellene i Leapfrog. Geologien som presenteres her fremvises derfor som korrekt.

## 7. Diskusjon

---

# 8 Konklusjon

- Langs strekning A forventes tunnelen å gå gjennom 95 m med Askergruppen, 45 m med svakhetsone av klasse IV og 110 m med basalt B1.
- Forkastningen og Askergruppen innen sikringssonen forventes å ha lavest brutto inndrift med 1,66 m/uke. Askergruppens inndrift varierer ellers mellom 3,13 og 22,85 m/uke, mens basalt har en inndrift mellom 1,64 og 22,09 m/uke for henholdsvis påvirket og upåvirket bergmasse. Total estimert tid for driving av strekning A er **62,97 uker**.
- Langs strekning B forventes tunnelen å gå gjennom 120 m med RP8, før den møter på en svakhetsone av klasse II i 10 m. Deretter går tunnelen gjennom 120 nye m med RP8.
- Langs strekning B har forkastningen og påvirket sideberg en estimert brutto inndrift på henholdsvis 2,08 og 2,04 m/uke. Upåvirket RP8 har en inndrift på 16,9 m/uke. Total estimert tid for driving av strekning B er **27,64 uker**.
- Inndriftsestimeringen er kun et estimat av idealiserte tilfeller med mange forenklinger gjort underveis. Inndriften regnes i virkeligheten med å være en del høyere enn estimert, da gode forhold er antatt i oppgaven og uforutsette hendelser mest sannsynlig vil oppstå.
- Sammenlignet med inndriftsestimeringer utført av Bane NOR er inndrift for Askergruppen estimert mye høyere i denne oppgaven, inndrift for basalt er nesten lik som estimatet fra Bane NOR, mens RP er estimert til å være en del lavere enn hva Bane NOR har estimert.
- Inndrift er estimert for bruk av systematisk injeksjon kun fra og med etablering av sikringssone. I praksis regnes med at det går med mer injeksjon enn det estimatet tar høyde for. Det vil i så fall gi en lavere inndrift.
- Modellene i begge program har sine fordeler og ulemper. Bane NOR antas å ha en god kontroll på de store geologiske forholdene, mens modellene i Leapfrog har et mer detaljert fokus og avdekker sandsteinslag som ikke er inkludert i Navisworks.
- Det er en stor usikkerhet knyttet til bredden av påvirket sideberg og bergmassenes Q-verdi. Q-verdien kan både være dårligere (SRF og Jw er forenklet til 1) og bedre (sfa. injeksjon) enn antatt.
- Det er knyttet stor usikkerhet til bergdata for de ulike bergartene. Dette kan gi merkbare utslag på inndrift.

## 8. Konklusjon

---

## 9 Videre arbeid

For å øke nytteverdien av modellen og inndriftsestimatet foreslås det at det videre arbeides med følgende:

- Fremstille usikkerhet i modellen.
- Legge inn bergoverflaten og modellere løsmassedekket.
- Oppdatere modellen ettersom nye data innhentes, både før og under driving.
- Nøyere bestemmelse av bergmassenes Q-verdi.
- Nøyere undersøke av bergmasse- og slitasjeegenskaper.
- Utføre et mer eksakt mengdeanslag og tidsestimat for fremdriftshemmende aktiviteter med færre forenklinger, eventuelt inkludere flere aktiviteter som påvirker fremdrift.



## Referanseliste

Andersson, H., 2005. *Injeksjon - erfaringer fra Jong-Askertunnelene*, Oslo: Statens vegvesen.

Bane NOR, 2018. *Sandvika - Sundvollen. Deltaljplan og teknisk plan. Fagrappport ingeniørgeologi. Strekning 1*, Oslo: Bane NOR.

Bane NOR, 2019. *Jernbanen i tall*. [Internett]

Available at: <https://www.banenor.no/Jernbanen/Jernbanen-i-tall/>

[Funnet 2 mai 2020].

Bruland, A., 1998. *13A-98 Borbarhet Testmetoder*, Trondheim: NTNU.

buildingSMART, 2019. *Bli med på BIM-standardisering for infrastruktur*. [Internett]

Available at: <https://buildingsmart.no/nyhetsbrev/2019-06/bli-med-pa-bim-standardisering-for-infrastruktur>

[Funnet 7 mai 2020].

Christensen, L. C., 2015. *Inlegg: Engelskmennene gir gass og lanserer ny strategi for ekte BIM bruk*. [Internett]

Available at: <http://www.bygg.no/article/1228053>

[Funnet 7 mai 2020].

Eggen, J., 2018. *Prøvingsrapport. Bestemmelse av bergmekaniske og ingeniørgeologiske egenskaper. Laboratorieanalyser av bergarts- og sleppeprøver for Fellesprosjektet Ringeriksbanen E16 (FRE16)*, Trondheim: SINTEF.

Eggen, J., Dahlen, K. & Hagen, S. A., 2018. *Prøvingsrapport. Bestemmelse av bergmekaniske og ingeniørgeologiske egenskaper. Laboratorieanalyser av bergarts- og sleppeprøver for Fellesprosjektet Ringeriksbanen E16 (FRE16)*, Trondheim: SINTEF.

Garshol, K. F. et al., 2013. *Deep subsea rock tunnels in Hong Kong*, Geneva, Sveits: World Tunnel Congress.

Geonorge, 2013. *DTM 10 Terrengmodell (UTM33)*. [Internett]

Available at: <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/dtm-10-terrengmodell-utm33/dddbb667-1303-4ac5-8640-7ec04c0e3918>

[Funnet 13 mai 2020].

---

Isachsen, G., 2020. *Fra modell til ferdig tunnel. Grensesnitt mellom design og utførelse*. Oslo, Bane NOR.

Jensen, E. S., 2011. *Bergarter og mineraler*. Oslo: Cappelan Damm.

Jernbaneverket, 2008. *Vestfoldbanen Holm-Holmestrand-Nykirke. Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi. Detaljplan*, Oslo: Jernbaneverket.

Klüver, B. H. & Kveen, A., 2004. *Berginjeksjon i praksis*. Oslo: Vegdirektoratet.

Leapfrog, 2019. *How to: create planned boreholes in Leapfrog Works*. [Internett]  
Available at: <https://www.seequent.com/how-to-create-planned-boreholes-in-leapfrog-works/>  
[Funnet 10 mai 2020].

Leapfrog, u.å.. *Capabilities. Leapfrog Works*. [Internett]  
Available at: <https://www.leapfrog3d.com/products/leapfrog-works/capabilities#interoperability>  
[Funnet mai 10 2020].

Lothe, E. & Hegge, S., 2018. *DigiTUN. BuildingSmart - Status og kartlegging i tunnelbransjen*. [Internett]  
Available at:  
<https://www.tekna.no/contentassets/580bd5e807c943d4a73fbccecc0d75e8/20181213-presentasjon-tekna.pdf>  
[Funnet 9 mai 2020].

NAA, 2017a. *Ringeriksbanen. Sandvika - Sundvollen. Detaljplan og teknisk plan. Datarapport Ingeniørgeologi vedlegg 2 BH02/16. Strekning 1*, Oslo: Bane NOR.

NAA, 2017b. *Ringeriksbanen. Sandvika - Sundvollen. Detaljplan og teknisk plan. Datarapport Ingeniørgeologi vedlegg 5. BH09/16. Strekning 1*, Oslo: Bane NOR.

NAA, 2017c. *Ringeriksbanen. Sandvika - Sundvollen. Detaljplan og teknisk plan. Datarapport Ingeniørgeologi vedlegg 6 BH14/16. Strekning 1*, Oslo: Bane NOR.

NAA, 2018a. *Sandvika - Sundvollen. Detaljplan og teknisk plan. Fagrapport Anleggsgjennomføring og Drivemetode*, Oslo: Bane NOR.

NAA, 2018b. *Ringeriksbanen. Sandvika - Sundvollen. Konkurranseplan og teknisk plan. Datarapport Ingeniørgeologi vedlegg 13. K01.*, Oslo: Bane NOR.

---



- NAA, 2018c. *Ringeriksbanen. Sandvika - Sundvollen. Konkurransplan og teknisk plan. Datarapport Ingeniørgeologi vedlegg 14. K02*, Oslo: Bane NOR.
- NAA, 2018. *Norconsult, Aas-Jakobsen, Asplan Viak. N-NAA-143 Geologimodell - valg og usikkerhet*, Sandvika: Bane NOR.
- Nestegård, D. H., 2019. *Vegar gjennom fjell: historia om sju norske tunneler*. Førde: Selja forlag.
- NFF, 2008. *Håndbok nr. 05. Tung bergsikring i undergrunnsanlegg*. Oslo: NFF.
- NFF, 2010. *Praktisk berginjesjon for underjordsanlegg*. Oslo: Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk.
- NFF, 2019. *Digitalisation in Norwegian Tunneling*, Oslo: Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk.
- NGI, 2015. *Bruk av Q-systemet*, Oslo: NGI.
- NGU, 2019. *Berggrunn - nasjonal berggrunnsdatabase*. [Internett]  
Available at: <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>  
[Funnet 17 oktober 2019].
- Nilsen, B., 2016. *Ingeniørgeologi - Berg grunnkurdkompendium*. 1 red. Trondheim: NTNU, Institutt for geologi og bergteknikk.
- NTNU-Anleggsdrift, 1998. *Prosjektrapport 13A-98 BORBARHET Testmetoder*, Trondheim: NTNU.
- NTNU-Anleggsdrift, 1999. *Prosjektrapport 2F-99 TUNNELDRIFT, Enhetstidsystem for driving, sikring og innregning. Prosjektrapport*, Trondheim: NTNU.
- Pedersen, K. B., Kompen, R. & Kveen, A., 2010. *Arbeider foran stoff og stabilitetssikring i vegg-tunneler*, Oslo: Statens vegvesen.
- Presno, J. G. d., 2019. *Inndriftsestimering og beskrivelse av ingeniørgeologiske forhold langs deler av Ringeriksbanen*, Trondheim: ikke publisert.
- Ramberg, I. B., Bryhni, I., Nøttvedt, A. & Rangnes, K., 2007. *Landet blir til. Norges geologi*. 2. utg. red. Trondheim: Norges geologiske forening.
-

Rambøll, 2017. *Norconsult/FRE. Ringeriksbanen geofysiske undersøkelser*, København: Rambøll.

Rongved, N., u.å.. *Byggherrens halvtime*. [Internett]  
Available at: <http://www.nvfnorden.org/lislib/getfile.aspx?itemid=4984>  
[Funnet 17 mai 2020].

Statens vegvesen, 2016. *Håndbok V520*. [Internett]  
Available at:  
[https://www.vegvesen.no/attachment/1597247/binary/1144089?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+V520+Tunnelveiledning.pdf](https://www.vegvesen.no/attachment/1597247/binary/1144089?fast_title=H%C3%A5ndbok+V520+Tunnelveiledning.pdf)  
[Funnet 11 desember 2019].

Statens vegvesen, 2020. *Håndbok N500*. Oslo: Vegdirektoratet.

WSP, 2020. *Tunneler*. [Internett]  
Available at: <https://www.wsp.com/nb-NO/sektorer/tunneler>  
[Funnet 2 mai 2020].

Yarali, O. & Soyer, E., 2011. *The effect of mechanical rock properties and brittleness on drillability*, Zonguldak, Tyrkia: Zonguldak Karaelmas University.

Zare, S., 2007a. *Drill and Blast Tunneling Advance Rate*. PhD avhandling. Trondheim: NTNU.

Zare, S., 2007b. *Drill and Blast Tunneling Design*. PhD. avhandling. Trondheim: NTNU.

---

# Vedlegg

Vedlegg A - Teori.....	1
Vedlegg B - Metode.....	25
Vedlegg C - Resultater.....	47

---

---

---

## Vedlegg A - Teori

---

---

Q-verdi

1 Oppsprekkestall (Rock Quality Designation)	pr. m3	RQD
A Meget sterkt oppsprukket	>27	0-25
B Sterkt oppsprukket	20-27	25-50
C Moderat oppsprukket	13-19	50-75
D Lite oppsprukket	8-12	75-90
E Meget lite oppsprukket	0-7	90-100

Anm.: i) Når RQD er  $\leq 10$  (inkludert 0), blir verdien 10 brukt ved utregning av Q-verdi  
ii) RQD-intervaller på 5, dvs. 100, 95, 90 osv er tilstrekkelig nøyaktlig

2 Tall for sprekkesett	J <sub>n</sub>
A Massivt, ingen eller få sprekker	0,5-1,0
B Ett sprekkesett	2
C Ett sprekkesett + sporadiske sprekker	3
D To sprekkesett	4
E To sprekkesett + sporadiske sprekker	6
F Tre sprekkesett	9
G Tre sprekkesett + sporadiske sprekker	12
H Fire eller flere sprekkesett, meget sterkt oppsprukket, sukkerbit-berg osv	15
E Oppknust berg, jordaktig	20

Anm.: i) Ved tunnekryss brukes (3 x J<sub>n</sub>)  
ii) I portaler brukes (2 x J<sub>n</sub>)

3 Sprekkeruhetstall	J <sub>r</sub>
a) Bergkontakt, og b) bergkontakt for 10 cm skjærdeformasjon	
A Diskontinuerlig, hakkete (ru eller glatte)	4
B Ru, bølgete	3
C Glatte, bølgete	2
D Glidespill, bølgete	1,5
E Ru, plane	1,5
F Glatte, plane	1
G Glidespill, plane	0,5

Anm.: Første del av beskrivelsen (Ru, glatt etc.) gjelder ruhet/glatthet Andre del gjelder ujevnheter i størrelsesorden dm, m.

c) Ingen bergkontakt ved skjærdeformasjon	
H Sprekkefylling med leir, silt, sand, grus eller knust berg tykk nok til å hindre bergkontakt	1

Anm.: i) Når sprekkeavstanden i det aktuelle sprekkesettet er mer enn 3 m adderes 1 til ruhetstallet  
ii) J<sub>r</sub>=0,5 brukes for plane sprekker med glidespill og lineasjon der lineasjon er orientert langs sannsynlig bevegelsesretning

4 Tall for sprekkefylling	Φ <sub>r</sub> (ca)	J <sub>a</sub>
a) Bergkontakt		
A Sammenvekste sprekker med harde mineraler som kvarts, feltspat, epidot		0,75
B Uomvandlede sprekkeflater, bare overflateoksidasjon	25-35°	1
C Svakt omvandlede sprekkeflater. Uoppbløtelig mineralbelegg, sandpartikler, oppknust berg, uten leir.	25-30°	2
D Siltig eller sandig sprekkebelegg, litt leir (ikke svelleleire)	20-25°	3
E Oppbløtelig leirbelegg med lav friksjon f.eks kaolinit eller glimmer. Også klontt, talk, gips, grafit o.a. Kun små mengder svelleleire.	8-16°	4
b) Bergkontakt for 10 cm skjærdeformasjon (tynn mineralutfylling)		
F Sandige partikler, oppknust berg, ikke leir	25-30°	4
G Sterkt overkonsolidert (hardpakket), uoppbløtelig fylling av leirmateriale (kontinuerlig, tykkelse < 5 mm)	16-24°	6
H Middels eller litt overkonsolidert fylling av oppbløtelig leirmateriale (kontinuerlig, tykkelse < 5 mm)	12-16°	8
J Fylling av svelleleire (kontinuerlig, tykkelse < 5 mm). Ja-verdien avhenger av prosentvis innhold av svelleleire.	6-12°	8-12
c) Ingen bergkontakt ved skjærdeformasjon (tykk mineralutfylling)		
K Soner og bånd av knust eller desintegert berg og leir. Sterkt overkonsolidert (hardpakket) uoppbløtelig fylling.	16-24°	6
L Soner og bånd av knust eller desintegert berg og leir. Middels til litt overkonsolidert uoppbløtelig fylling.	12-16°	8
M Soner og bånd av leir eller knust eller desintegert berg. Ja-verdien avhenger av prosentvis innhold av svelleleire.	6-12°	8-12
N Tykke, kontinuerlige soner eller bånd med leir, silt eller sand. Sterkt overkonsolidert (hardpakket), uoppbløtelig.	16-24°	10
O Tykke, kontinuerlige soner eller bånd med leir. Middels til litt overkonsolidert, oppbløtelig.	12-16°	13
P Tykke, kontinuerlige soner eller bånd med leir. Ja-verdien avhenger av prosentvis innhold av svelleleire.	6-12°	13-20

Ref. R. Lien og F. Løeche

5 Sprekkevannsfaktor	J <sub>w</sub>
A Tørre bergrom, fukt eller spredte drypp	1
B Dryppregn, Stedvis utvasking av sprekkefylling	0,66
C Stor innlekkasje eller høyt trykk i berg med sprekker uten tylling	0,5
D Stor innlekkasje eller høyt trykk. Utvasking av sprekkefylling.	0,33
E Meget stor innlekkasje eller vanntrykk ved utsprenning, avtagende med tiden.	0,2-0,1
F Meget stor innlekkasje eller vanntrykk. Ikke avtagende med tiden. Ofte utvasking av knust bergmasse	0,1-0,05

Anm.: i) Faktorene C til F er antatte. J<sub>w</sub>-verdien økes når dreneringsilttak blir utoørt  
ii) Spesielle stabilitetsproblemer ved isdannelse er ikke vurdert

6 Spenningsfaktor	σ <sub>v</sub> /σ <sub>1</sub>		σ <sub>2</sub> /σ <sub>3</sub>	SRF
a) Svakhetssoner som skjærer tunnelen og som kan medføre nedfall				
A Hyppig oppreden av svakhetssoner som inneholder leir eller kjemisk omvandlet berg. Avspent sideberg. Alle dybder.				10
B Hyppig oppreden av svakhetssoner i kompetente (stive) bergarter (uten leir). Avspent sideberg. Alle dybder.				7,5
C Enkle svakhetssoner med eller uten leir eller kjemisk omvandlet berg. Anleggets dybde $\leq 50$ m.				5
D Ukonsoliderte, åpne sprekker, sterkt oppsprukket, sukkertiltberg. Alle dybder.				5
E Enkle svakhetssoner med eller uten leir eller kjemisk omvandlet berg. Anleggets dybde $> 50$ m.				2,5

Anm.: i) SRF-verdiene reduseres med 25-50% når svakhetssonene bare innvirker på stabiliteten, men ikke skjærer anlegget.

b) Harde, kompetente bergarter, bergtrykksproblemer	σ <sub>v</sub> /σ <sub>1</sub>	σ <sub>2</sub> /σ <sub>3</sub>	SRF
H Lave spenninger, åpne sprekker. Utfall av blokker pga. lav spenning. Vanligvis nær overflaten.	>200	<0,01	2,5
J Middels høye spenninger, gunstige spenningsforhold.	200-10	0,01-0,3	1
K Høye spenninger. Vanligvis gunstige stabilitetsforhold. Kan være ugunstig for veggstabilitet	10-5	0,3-0,4	0,5-2
L Moderat avskalling etter mer enn 1 time i massivt berg.	5-3	0,5-0,65	5-50
M Avskalling og bergslag etter få minutter i massivt berg.	3-2	0,65-1	50-200
N Intenst bergslag og umiddelbart dynamisk deformasjonsbrudd i massivt berg.	<2	>1	200-400

Anm.: ii) I tilfeller med sterkt anisotropi, jømfruelig spenningsfelt (dersom målinger foreligger): når  $5 \leq \sigma_1 / 10 \leq \sigma_3$ , reduseres  $\sigma_2$  til  $0,75 \sigma_3$ . Når  $\sigma_1 / \sigma_3 > 10$ , reduseres  $\sigma_1$  til  $0,5 \sigma_3$ , hvor  $\sigma_3$  = enaksial trykklasthet,  $\sigma_1$  og  $\sigma_2$  er henholdsvis største og minste hovedspenning og  $\sigma_3$  = maksimal tangentialspenning (antatt fra elastisitetsteori).  
iii) Når tunnelhengens dybde under fjelloverflaten er mindre enn spennvidden, økes SRF fra 2,5 til 5, uttatt ved høye horisontalspenninger (se H)

c) Tyteberg: plastisk flytning av inkompetente bergarter under påvirkning av høye spenninger	σ <sub>v</sub> /σ <sub>c</sub>	SRF
O Moderat tyteberg	1-5	5-10
P Intenst tyteberg	>5	10-20

Anm.: iv) Tilfeller av tyteberg kan forekomme for dybder H>350 Q1/3 (Singh et al., 1992). Bergmassenes trykkfasthet kan estimeres fra  $s_{cm} = s_c / 100 \times 0,7 \times g \times Q^{1/3}$  (MPa) hvor g = bergartens egenvekt i kN/m<sup>3</sup>, og s<sub>cm</sub> = bergmassens trykkfasthet.

d) Svellende berg. Kjemisk svelleaktivitet som avhenger av tilgangen på vann	SRF
R Moderat svelling	5-10
S Intenst svelling	10-15

Anm.: For J<sub>r</sub> og J<sub>a</sub> brukes verdier fra det sprekkesettet som er mest ugunstig for stabiliteten både med hensyn til orientering og skjærstyrke τ = σ<sub>n</sub> tan<sup>-1</sup>(J<sub>r</sub>/J<sub>a</sub>). Velg sprekkesett eller diskontinuitet hvor utglidning mest sannsynlig vil skje.

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$



Statens vegvesen

Figur A.1: Klassifisering av inngangsparameterne brukt i beregning av Q-verdi (Pedersen, et al., 2010).

## Inngangsparametere i Tunsim

**Tabell A.1: Inngangsparametere for estimering av netto inndrift i Tunsim (Zare, 2007a).**

<i>Parameter</i>	<i>Beskrivelse</i>
<b><i>Tunneldata</i></b>	
Tverrsnitt	
Tunnellengde	Avhenger av hvor mange stuffer det drives fra samtidig. Tunnellengden blir derfor avstanden mellom to stuffer som drives mot hverandre. Maks lengde 10 000 m.
Borehullslengde	Vanlig borelengde er 5 m. Dersom forholdene er krevende reduseres borelenden.
Borehulldiameter	De vanligste diameterne er 48 mm eller 64 mm.
Diameter, store borehull	Den vanligste diameteren er 102 mm.
<b><i>Bergdata</i></b>	
Borsynkindeksen, DRI	Borsynkindensen <i>DRI</i> bestemmes ut ifra sprøhetstallet <i>S</i> og Sievers <i>J</i> -verdi <i>SJ</i> , som vist i figur A.2.
Borbarhet	Borbarheten deles inn i god, medium og dårlig basert på borsynkindeksen. Dårlig: $0 < DRI < 42$ . Medium: $43 < DRI < 57$ . God: $58 < DRI < 100$ .
Sprengbarhet, <i>SPR</i>	Figur A.3 viser sprengbarheten <i>SPR</i> for et begrenset antall prøver for sprengning gjort i dagen. <i>SPR</i> deles inn i god, middels og dårlig.
VHNR	Hvert minerals prosentandel i bergarten ganges med tilhørende minerals hardhet. Dette summeres opp til VHNR. VHNR er et mål på bergartens sliteevne. En oversikt over de vanligste mineralenes hardhet er vist i figur A.4.
<b><i>Generelt</i></b>	
Ferdighetsnivå	Høyt eller lavt. Vanligst å anta høyt ferdighetsnivå.
Excavation method	Sporløs eller med spor.
<b><i>Boring og ladning</i></b>	
Type borhammer	COP 1838 er standardinstillingen.
Antall borhamre	Vanlig med 4 borhamre for tverrsnitt over 80 m <sup>2</sup> .
Type sprengstoff	Vanlig med ANFO for sporbunden tunneldriving, og emulsjon for sporløs tunneldriving.
<b><i>Lasting og transport</i></b>	
Maskin, lasting	Maskin til lasting på stuff.



## Vedlegg A - Teori

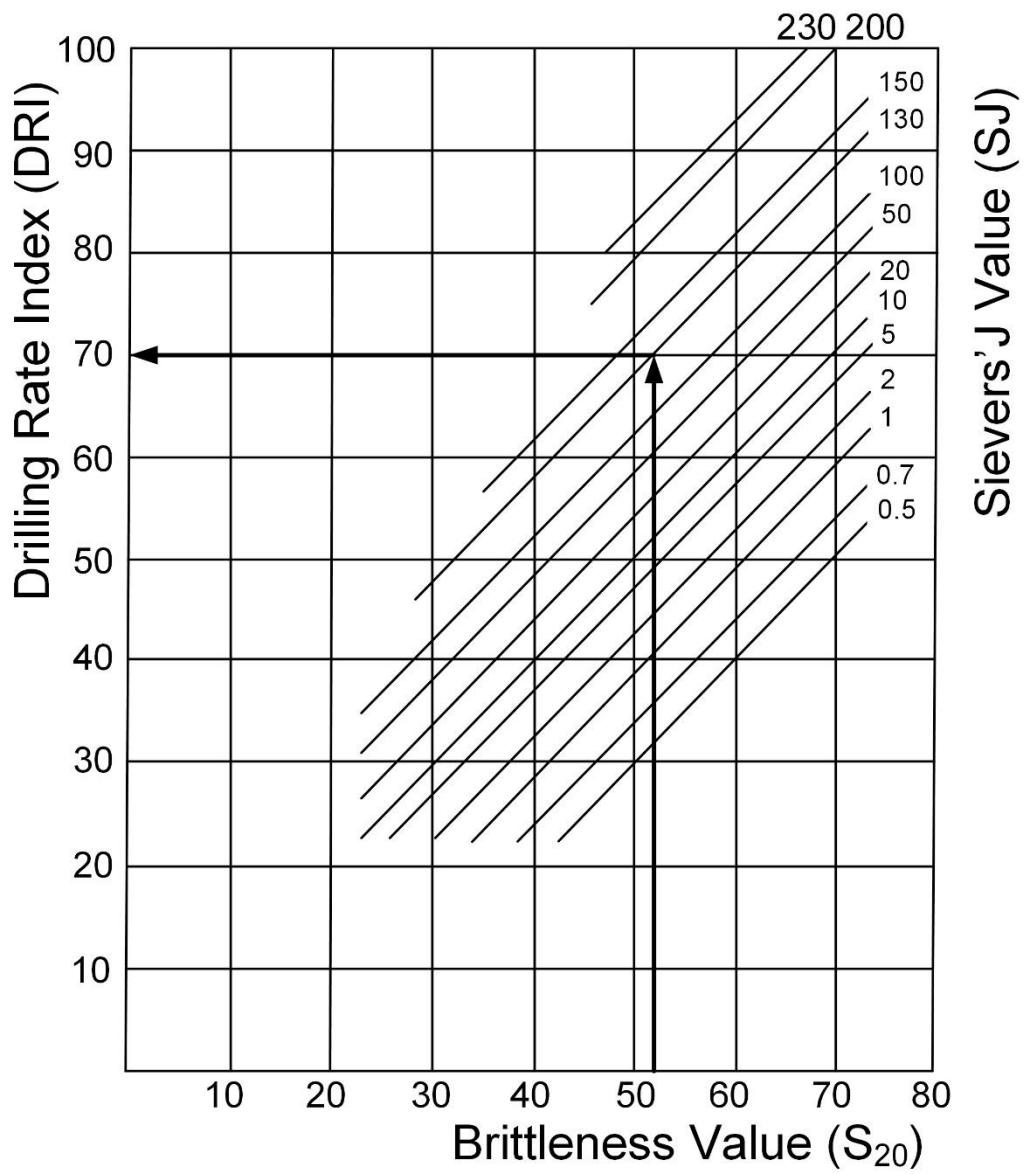
Maskin, transport	Enten truck eller dump truck for transport av masser.
<b>Sprengdesign</b>	
Antall borehull	Figur A.5 viser antall nødvendige borehull på stuff for borehull med diameter 48 mm. Antallet avhenger av tverrsnittsareal og sprengbarhet.
Korreksjon for boret lengde	Diagrammet i øvre venstre hjørne i figur A.5 viser korreksjonsfaktoren for antall borehull basert på boret lengde.
Antall store borehull	Antall store borehull avhenger av type kutt benyttet. Figur A.6 gjelder for metoden «store hull kutt» – en av metodene innenfor «parallele hull kutt» – og viser nødvendig antall store borehull.
<b>Boring og ladning</b>	
Inntrengningshastighet for 45 mm borehull	Inntrengningshastigheten for 48 mm borehull er vist i figur A.7. Avhenger av DRI og type borhammer. Bruk korreksjonsfaktoren for borehullsdiameter (under) for at inntrengningshastigheten skal tilsvare 45 mm borehull.
Korreksjon for borehullsdiameter	Dersom borehullsdiameteren $\neq$ 45 mm må inntrengningshastigheten korrigeres for. Diagram for dette er vist i figur A.8.
Korreksjon for store borehull	Bruk figur A.8 for å korrigere inntrengningshastigheten til å tilsvare store borehull.
Forflytning per hull	Tiden for forflytning mellom borehull er vist i figur A.9.
Stangskjøting	Nødvendig når det bores lengre enn 6 m.
Tid for stangskjøting	Tiden for stangskjøting er 1,8-1,9 min/hull.
Faktor for bytting av borkrone	Faktoren for bytting av borkrone avhenger av VHNR. Dette er vist i figur A.10.
Faktor for mangel på samtidighet	Faktoren for mangel på samtidighet avhenger av tunneltverrsnitt, antall borhamre og netto inntrengningshastighet. Dette er vist i figur A.11.
Antall ladde linjer	Likt antall personer som lader. Vanlig med 2 ladde linjer for tverrsnitt under 80 m <sup>2</sup> , og 3 ladde linjer for tverrsnitt over 80 m <sup>2</sup> .
Ladetid	Ladetiden avhenger av antall borehull, borehullsdiameteren, type sprengstoff og antall ladde linjer. Denne sammenhengen er vist i figur A.12.
Korreksjon borelengde	Dersom borelengden ikke er 5 m, må dette korrigeres for med en korreksjonsfaktor. Denne er vist øverst til venstre i figur A.12.
Bruk av «service platform on drilling jumbo» for lading	Brukes dette, kan boring og ladning utføres samtidig, slik at riggetiden (under) blir lavere.
Riggetid	Riggetiden avhenger om det benyttes en «service platform on drilling jumbo» og av tverrsnittsarealet. Dette er vist i figur A.13.
<b>Ventilering</b>	
Ventilasjonspause	Bestemmelse av ventilasjonspausen er vist i figur A.14.
<b>Lasting og transport</b>	

## Vedlegg A - Teori

---

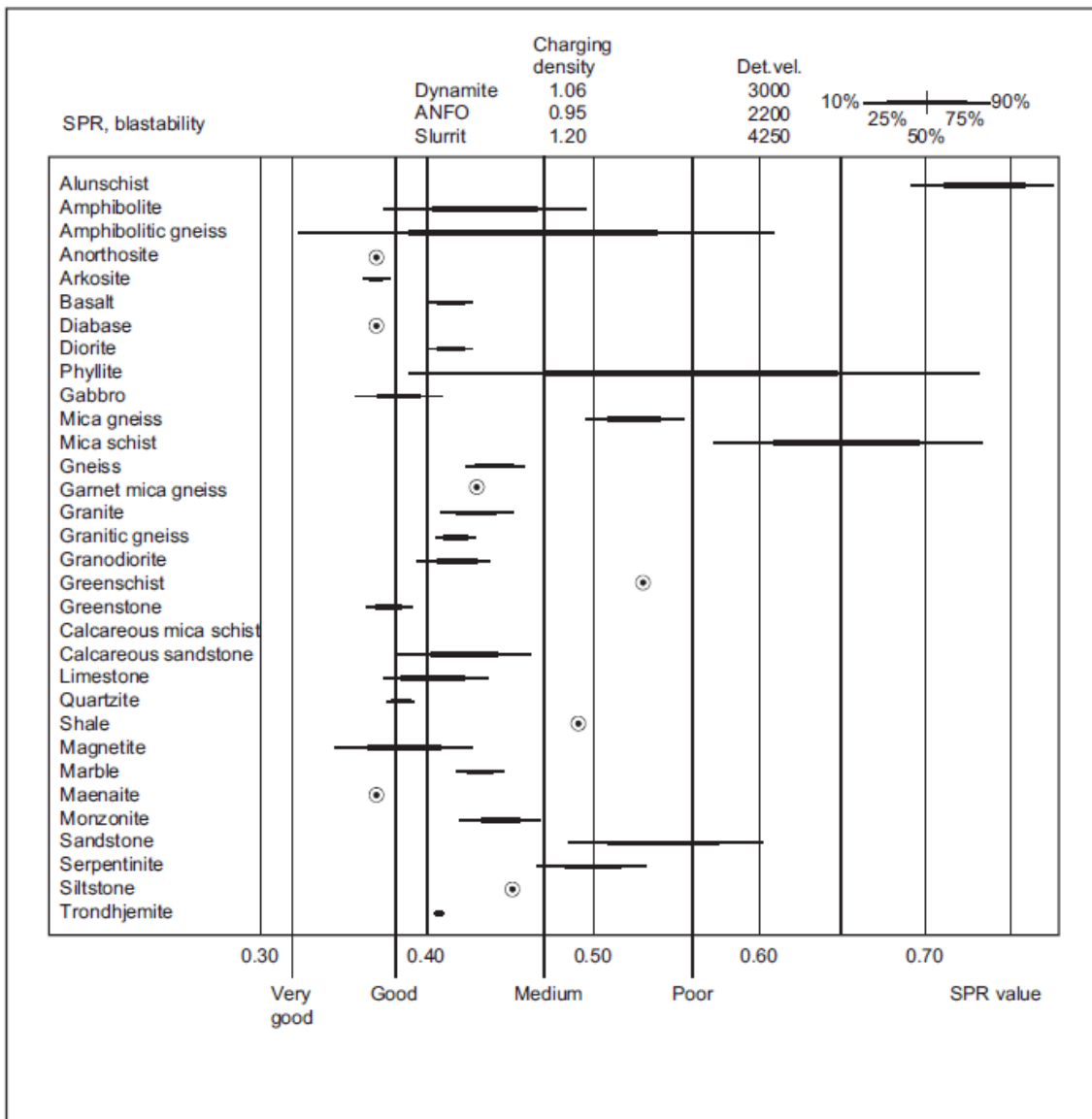
Normalisert brutto lastekapasitet	Vist i figur A.15. Det antas at det lastes kontinuerlig, altså at dumperen dimensjoneres etter lasteren.
Faktor for overmasse, ekskl. nisjer	Vises som kurve I i figur A.16.
Inndrift per runde, pull	Varierer fra 90-96 % for borediameter 45-64 mm.
Riggetid	Finnes fra kurvene i figur A.17.
<b>Rensk</b>	
Bruk av renskmaskin	Renskmaskin brukes hvis tverrsnittet er over 20 m <sup>2</sup> .
Tid for drifstrensk	Figur A.18 viser tiden for drifstrensk. Avhenger av DRI og tverrsnitt.
Korreksjon for boret lengde	Dersom boret lengde ikke er 5 m, må dette korrigeres for med en korreksjonsfaktor vist øverst til venstre i figur A.18.
<b>Tid for utgraving</b>	
Time per skift	
Antall skift per dag	Vanlig med 2-4, avhengig av restriksjoner.
Antall dager i uka	
Arbeidstimer per uke	
Antall uker per år	Standard antall arbeidsuker per år er 44.
<b>Output</b>	
Faktisk volum per runde	
Netto rundesyklus	Summen av boring ladning og sprengning, ventilering, lasting og transport, og rensk per runde.
<b>Netto ukentlig inndrift</b>	Betrakter boring ladning og sprengning, ventilering, lasting og transport, og rensk.

DRI, borsynkindeks



Figur A.2: Diagram for bestemmelse av DRI (Nilsen, 2016).

## SPR, Sprengbarhet



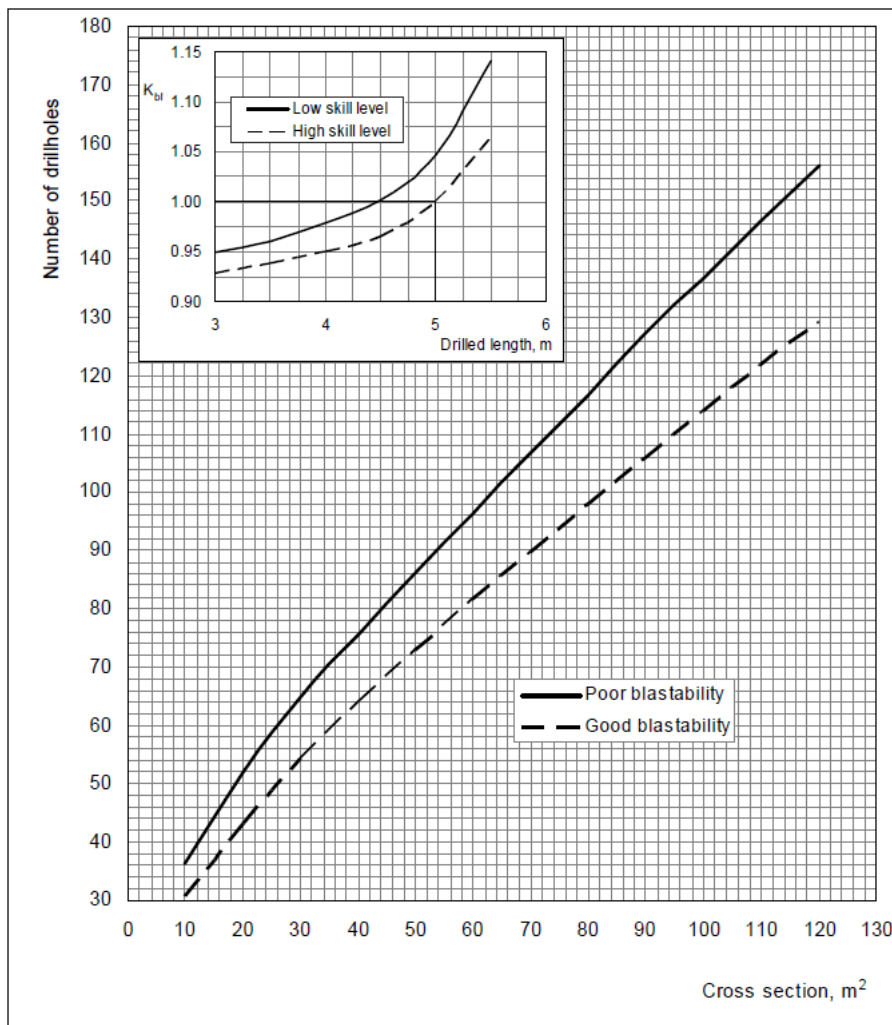
**Figur A.3: Sprengbarhet SPR for ulike bergarter. Gjelder sprengning i dagen (Zare, 2007b).**

## VHN

Mineral	VHN [kg/mm <sup>2</sup> ]
korund	2300
kvarts	1060
granat	1060
olivin	980
hematitt	925
svovelkis (pyritt)	800
plagioklas	800
diopsid (klinopyroksen)	800
magnetitt	730
orthoklas (kalifeltspat)	730
augitt (klinopyroksen)	640
ilmenitt	625
hypersten (orthopyroksen)	600
hornblende (amfibol)	600
kromitt	600
apatitt	550
dolomitt	365
magnetkis (pyrrhotitt)	310
flusspat (fluoritt)	265
pentlanditt	220
sinkblende (sphaleritt)	200
kopperkis (chalcopyritt)	195
serpentin	175
anhydritt	160
kalkspat (kalsitt)	125
biotitt	110
blyglans	85
kopperglans (chalcositt)	65
kloritt	50
gips	50
talk	20
halitt (steinsalt, koksalt)	17
sylvin (kaliumklorid)	10

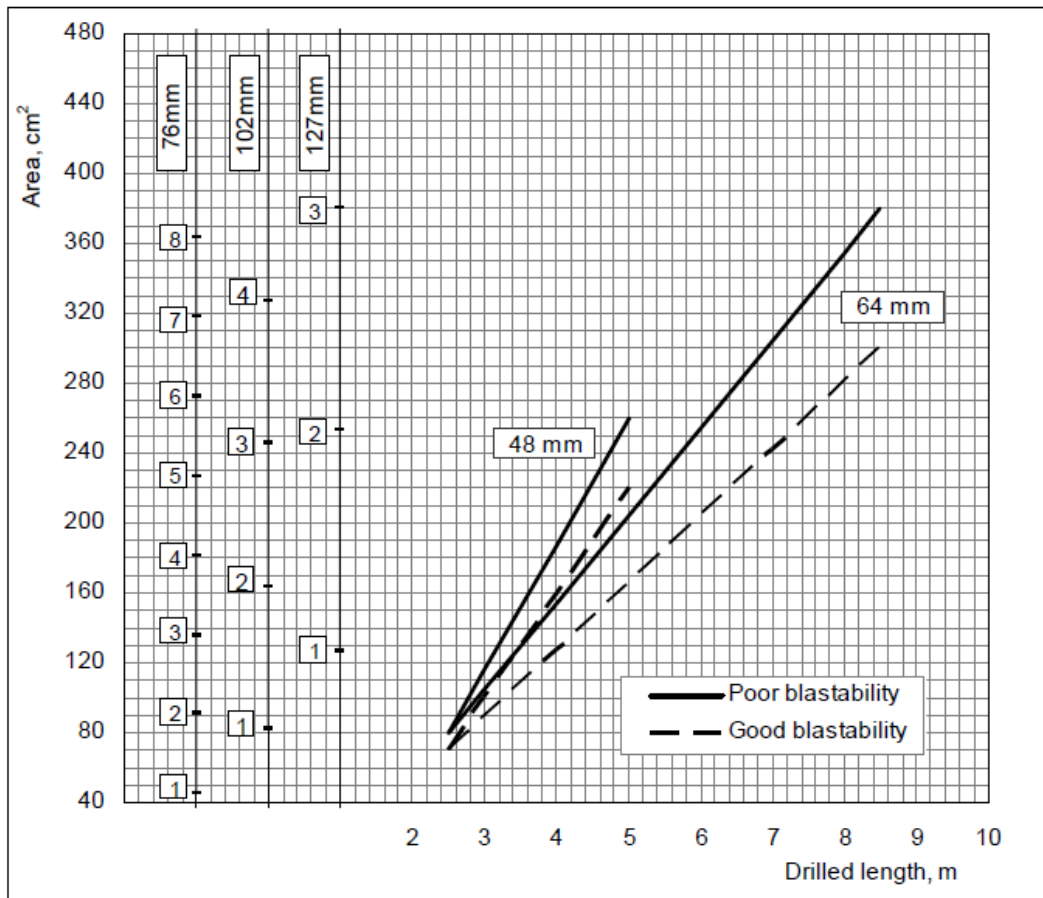
**Figur A.4: VHN for vanlige mineraler (Bruland, 1998).**

## Antall borehull og korreksjonsfaktor for boret lengde



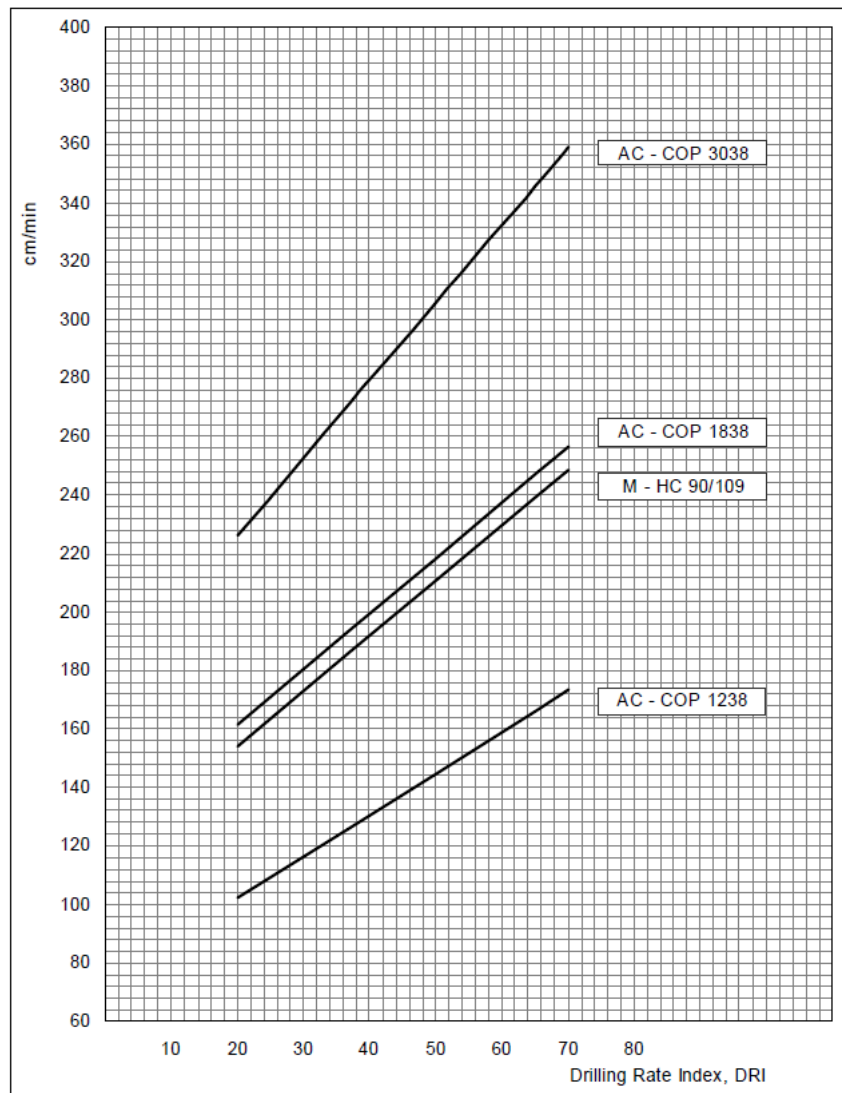
**Figur A.5: Antall nødvendige borehull på stoff for borehulldiameter 48 mm (Zare, 2007b).**

Antall store borehull



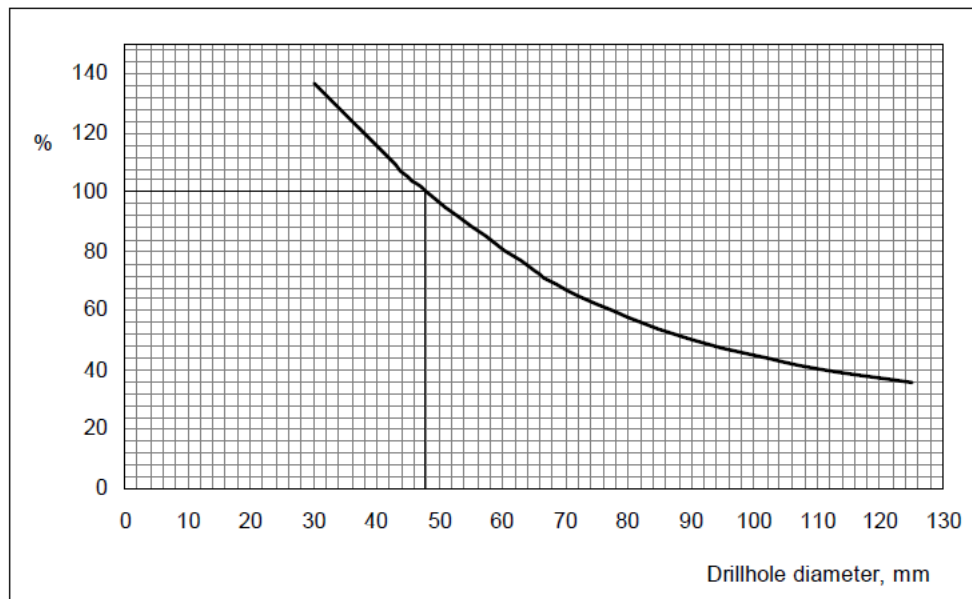
**Figur A.6: Nødvendig antall store borehull for metoden «store hull kutt», en av metodene innenfor kuttmetoden parallelle hull. Medium sprengbarhet ligger midt mellom «poor» and «good» (Zare, 2007b).**

## Inntrengningshastighet og korreksjonsfaktor for borehullsdiameter



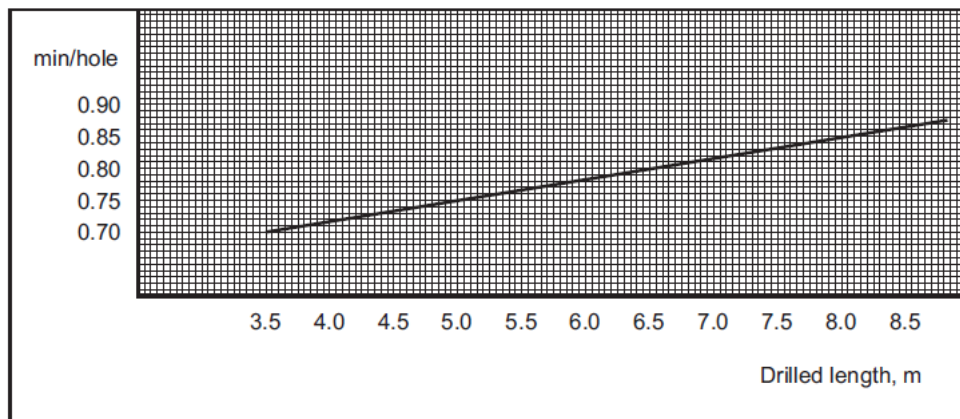
Figur A.7: Netto inntrengningshastighet for 48 mm borehull (Zare, 2007b).





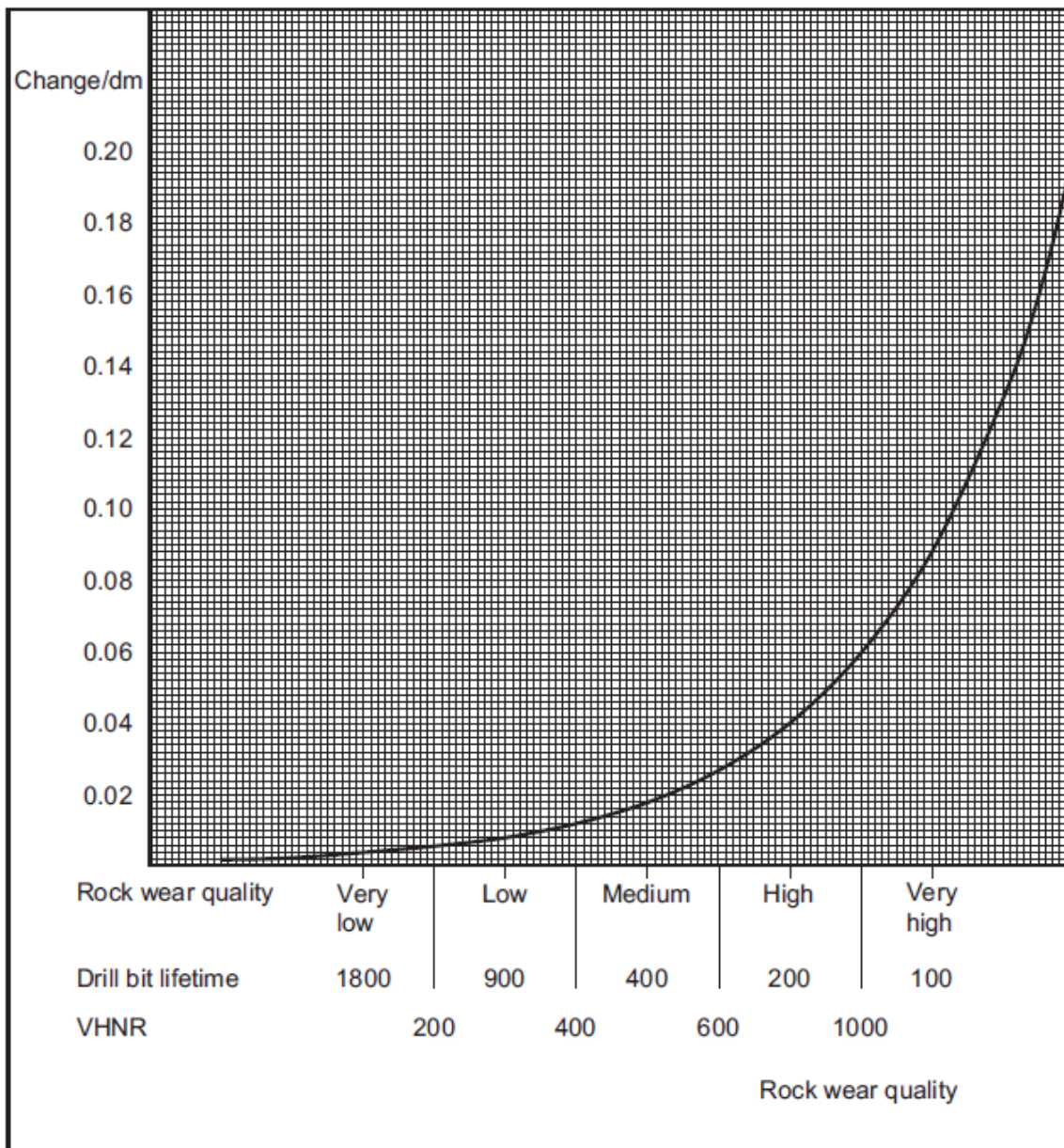
**Figur A.8: Korreksjonsfaktor for inntrengningshastigheten for borehull  $\neq$  48 mm. Prosenten angir andel av inntrengningshastigheten for 48 mm (Zare, 2007a).**

## Forflytning mellom borehull



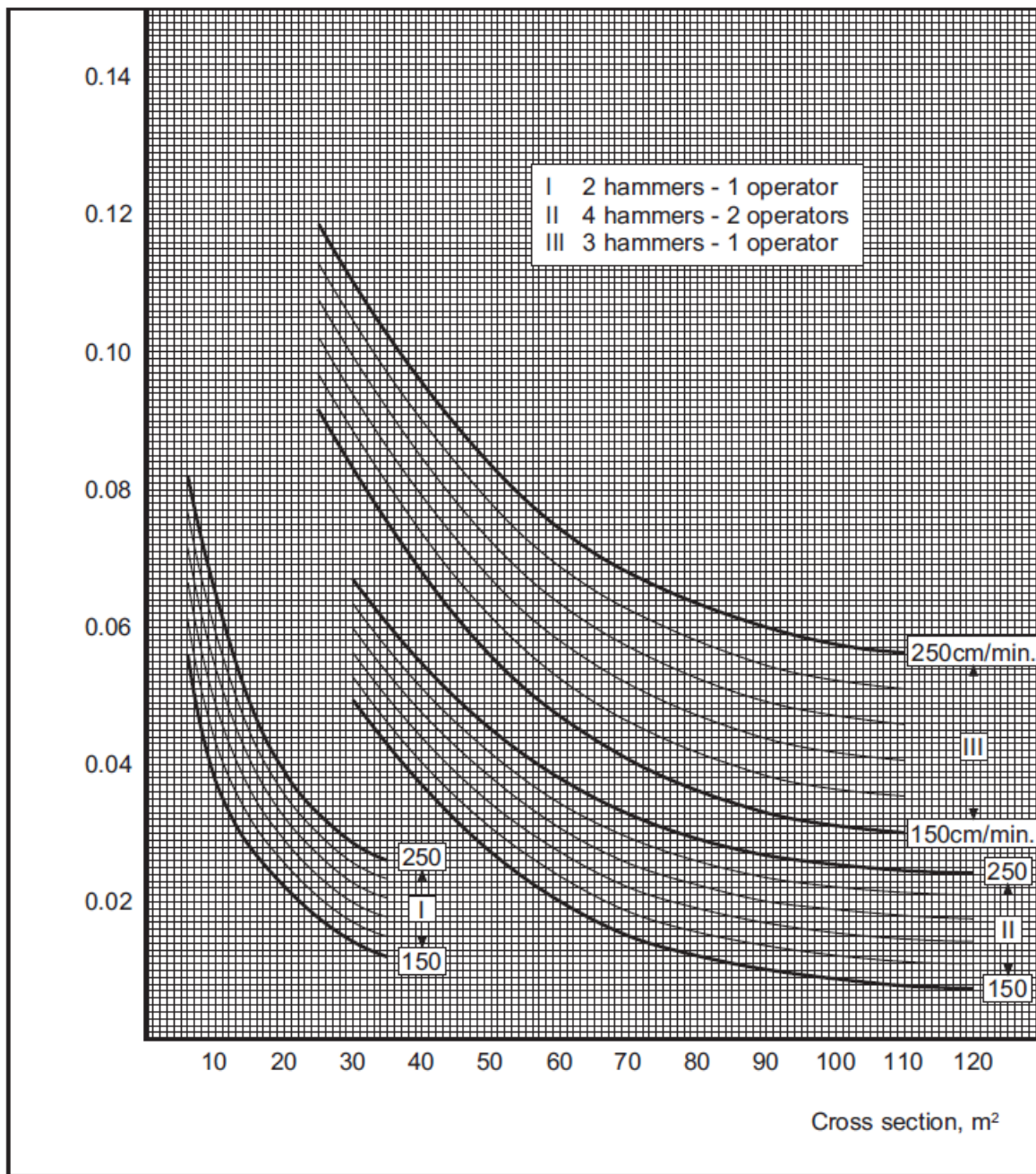
**Figur A.9: Tiden for flytting mellom borehull (Zare, 2007a).**

Faktor for bytting av borekrone



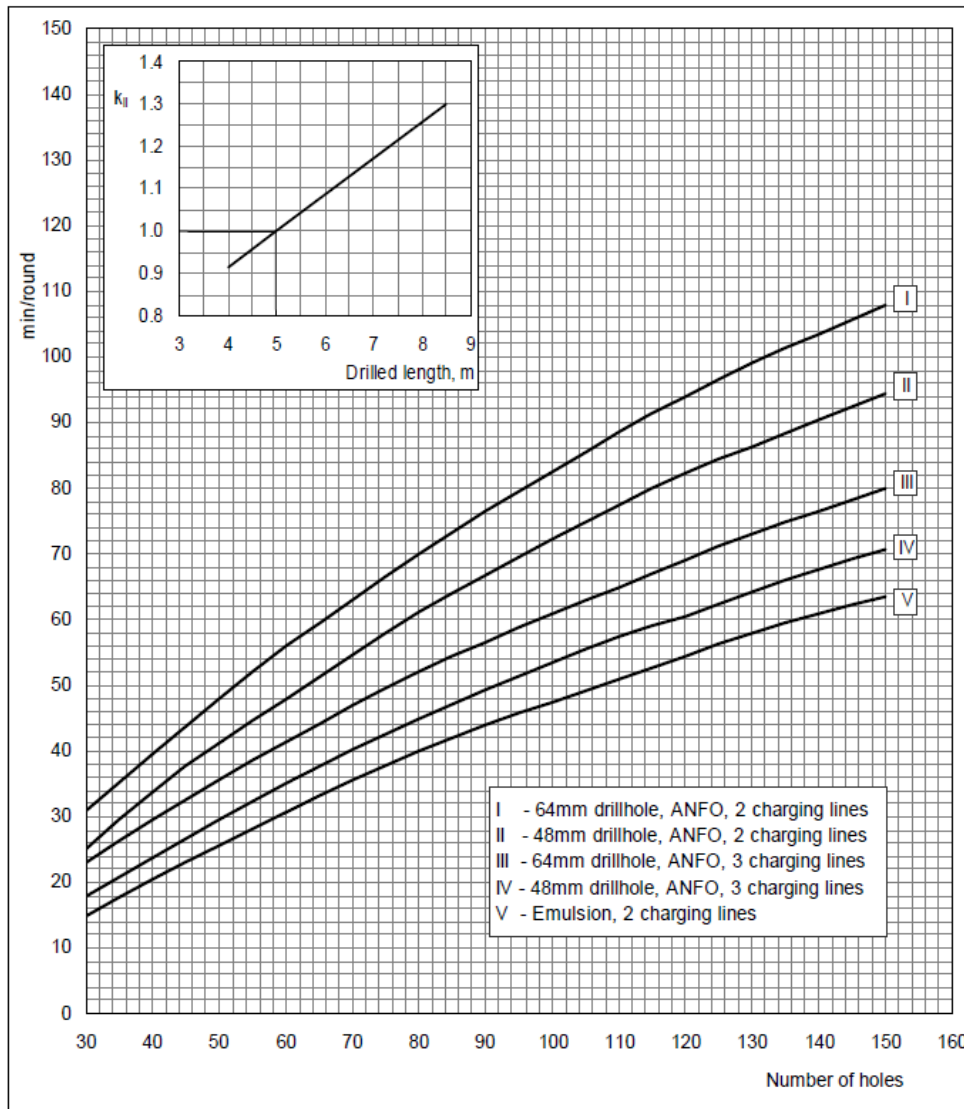
Figur A.10: Diagrammet viser faktor for bytting av borekrone langs y-aksen, avhengig av VHNR (Zare, 2007a).

Faktor for mangel på samtidighet



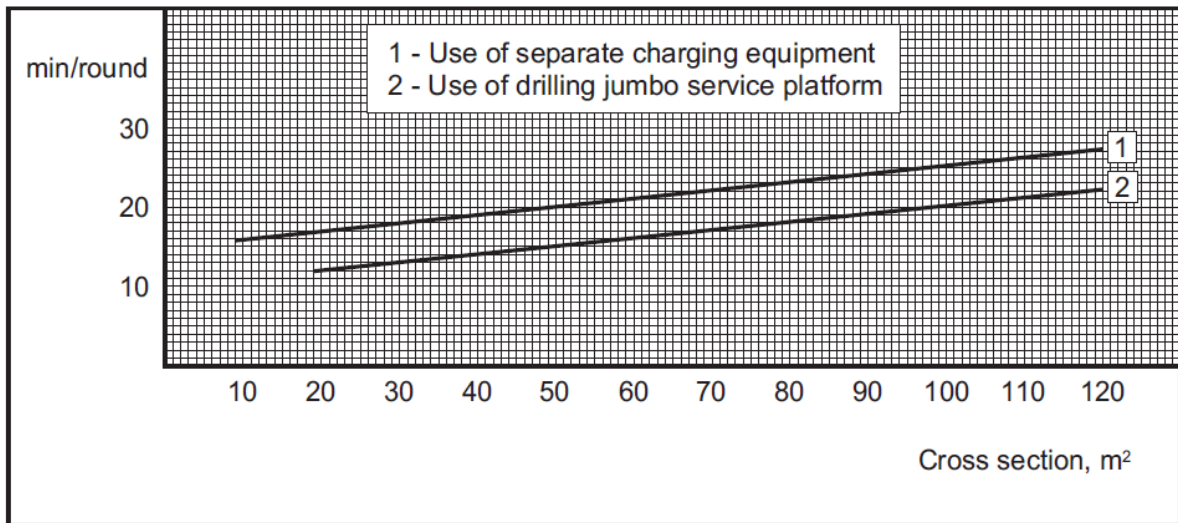
Figur A.11: Y-aksen viser faktor for mangel på samtidighet. Verdiene mellom 150-250 cm/min vist per kurve svarer til netto inntrengningshastighet (Zare, 2007a).

Ladetid og korreksjonsfaktor for boret lengde



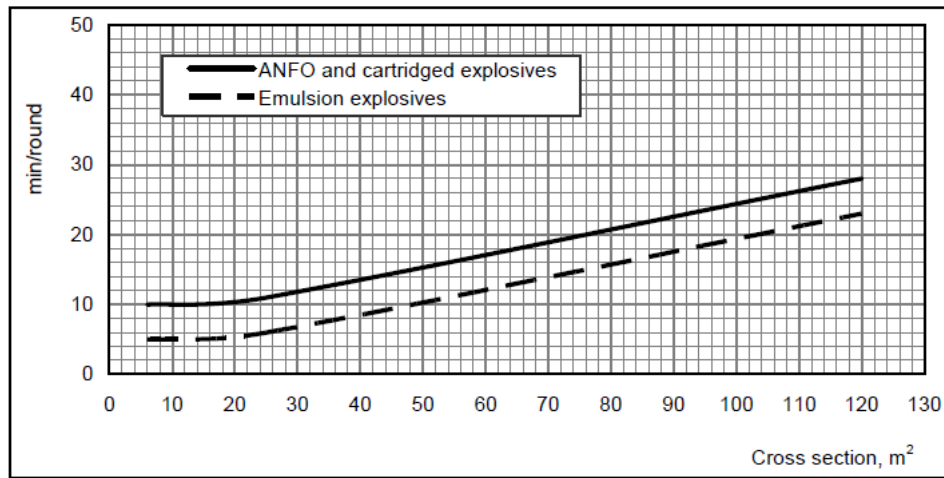
Figur A.12: Diagrammet viser ladetiden per salverunde for borelengde 5 m. Grafen øverst til venstre viser korreksjonsfaktoren for borelengde (Zare, 2007a).

## Riggetid for boring og ladning



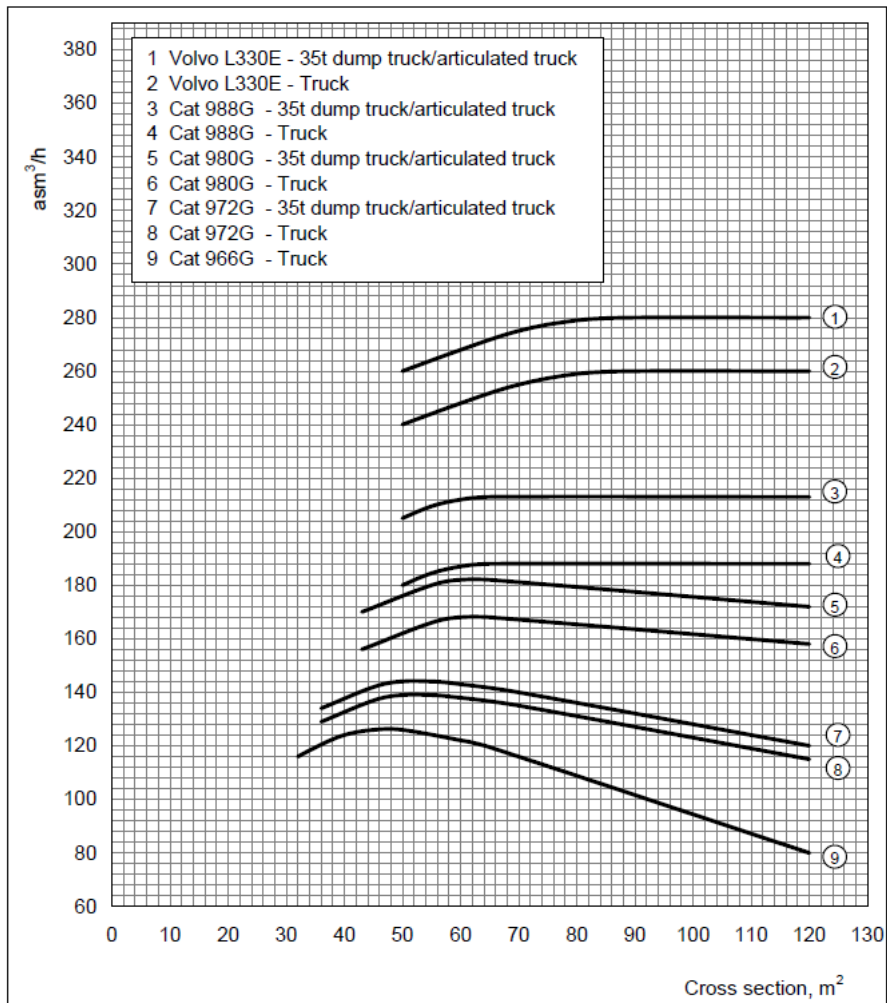
**Figur A.13: Riggetid for boring og ladning (Zare, 2007a).**

## Ventilasjonspause



**Figur A.14: Ventilasjonspause (Zare, 2007a).**

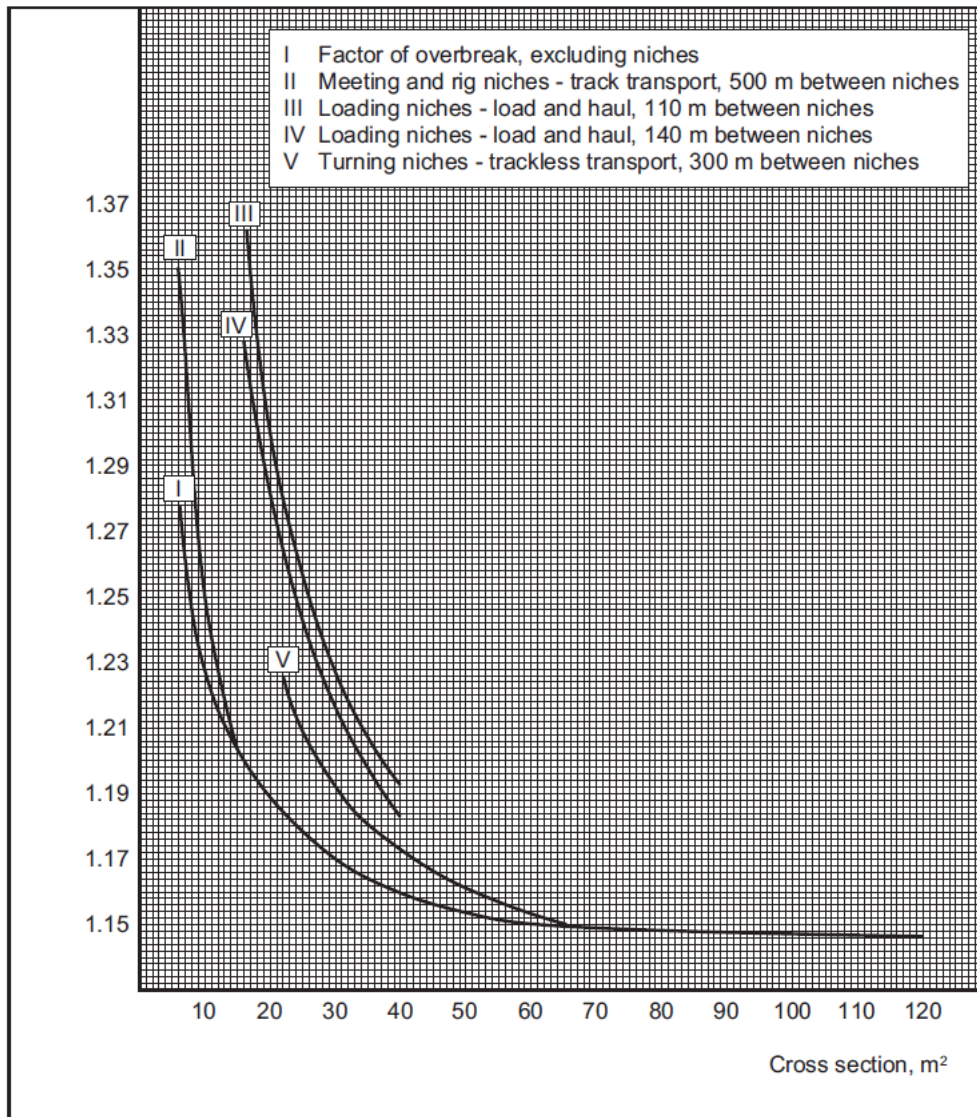
## Normalisert brutto lastekapasitet



Figur A.15: Normalisert brutto lastekapasitet (Zare, 2007a).

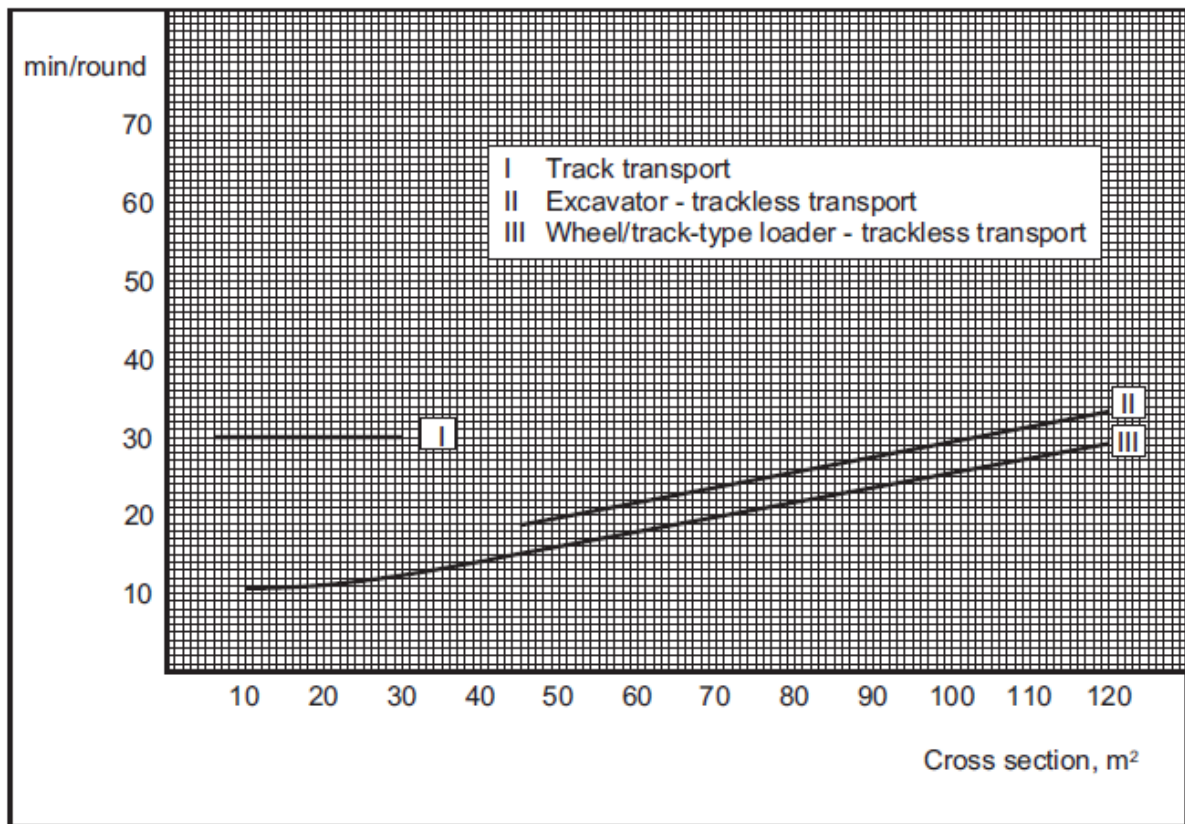


Faktor for overmasse



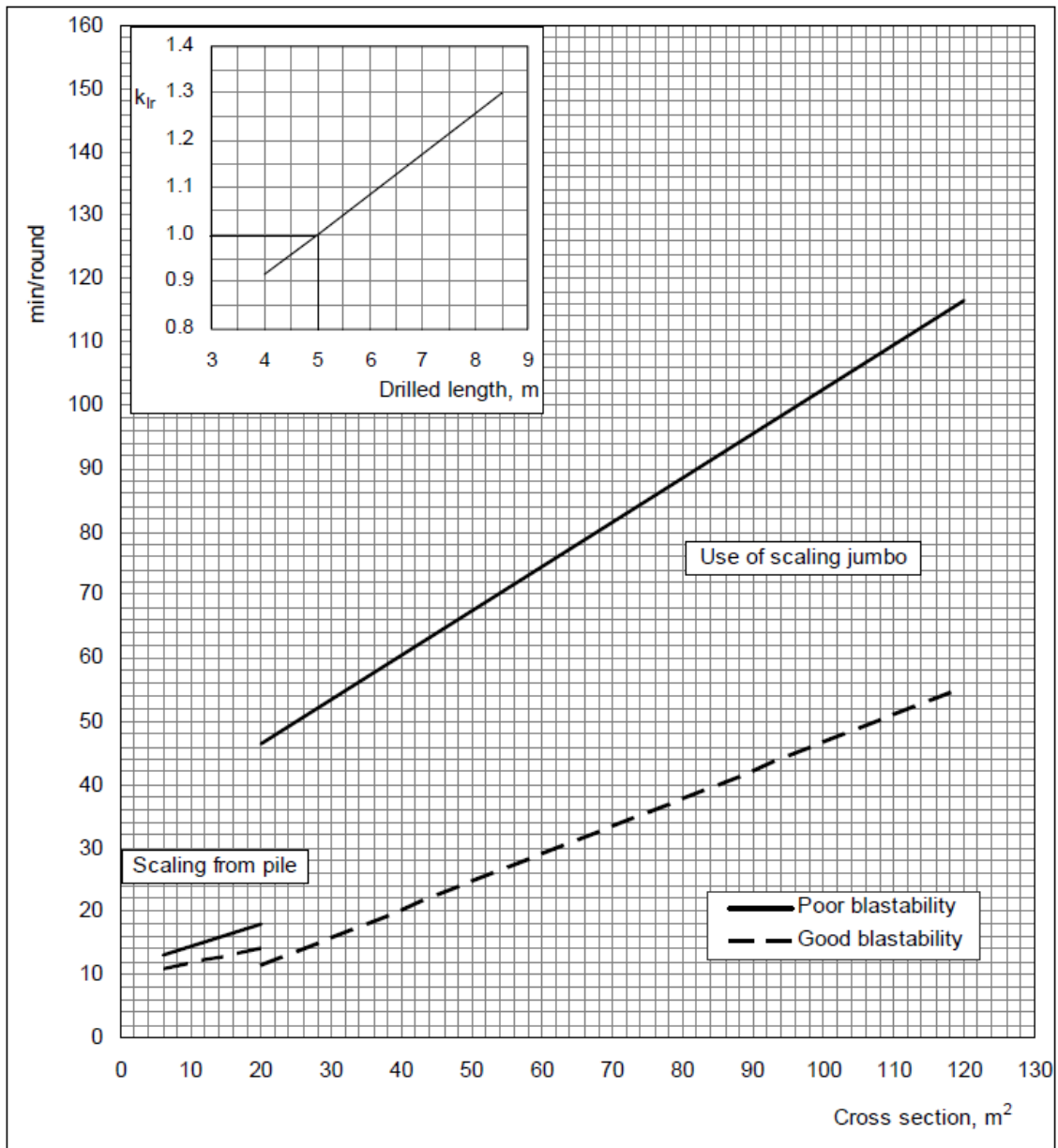
Figur A.16: Faktor for overmasse. Kurve I brukes for estimering av inndrift i oppgaven (Zare, 2007a).

## Riggetid for lasting og transport



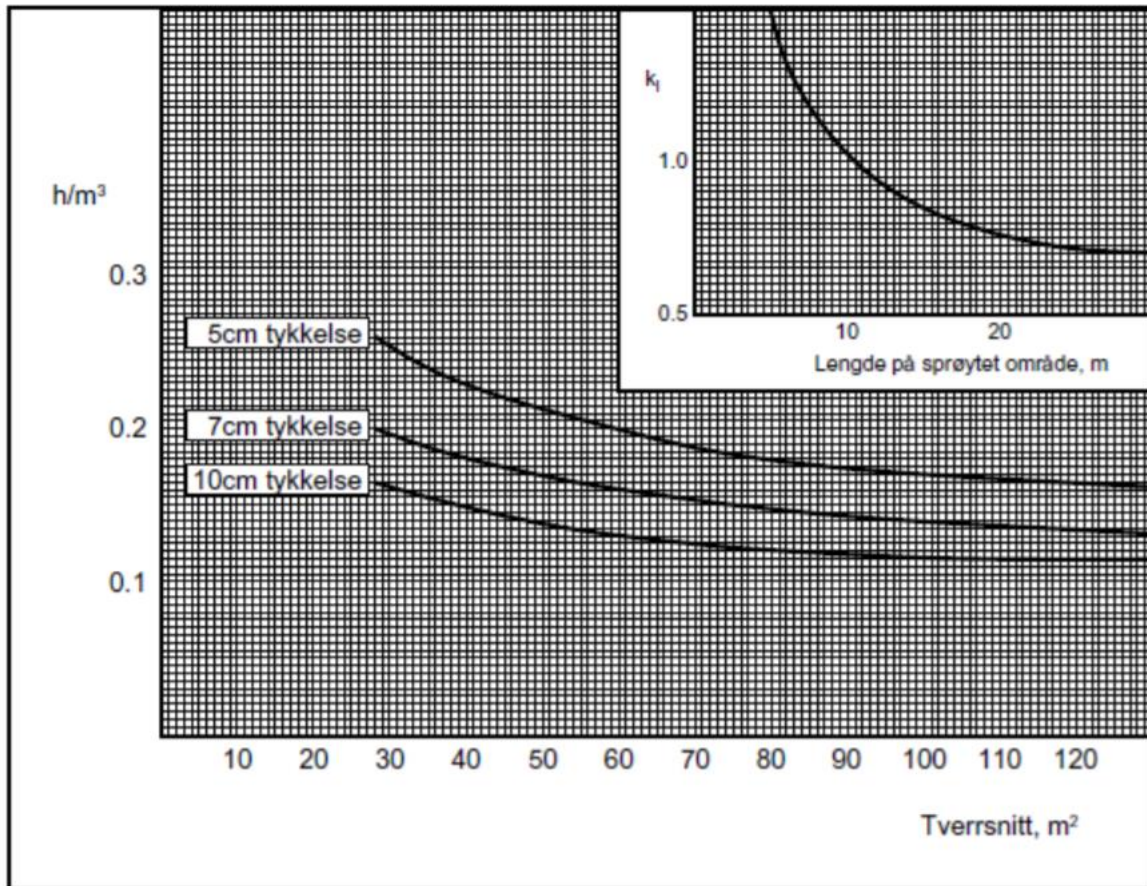
Figur A.17: Riggetid for lasting og transport (Zare, 2007a).

Tid for driftsrensk og korreksjonsfaktor for boret lengde



Figur A.18: Tid for driftsrensk. Korreksjonsfaktor for boret lengde  $\neq 5$  m er vist øverst til venstre (Zare, 2007a).

## Sprøytebetong



**Figur A.19: Totaltid for påføring av sprøytebetong. Inkluderer rigging, vasking av fjelloverflate og sprøyting, inkludert prelltap (NTNU-Anleggsdrift, 1999).**

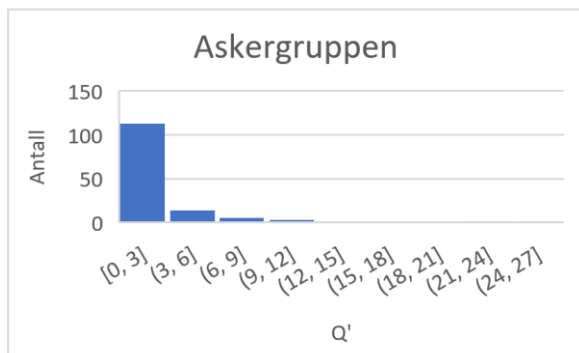
---

## Vedlegg B - Metode

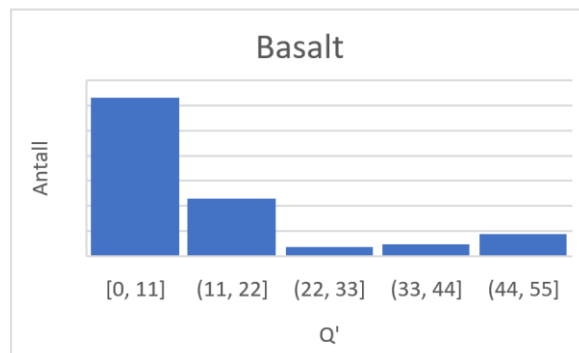
---

---

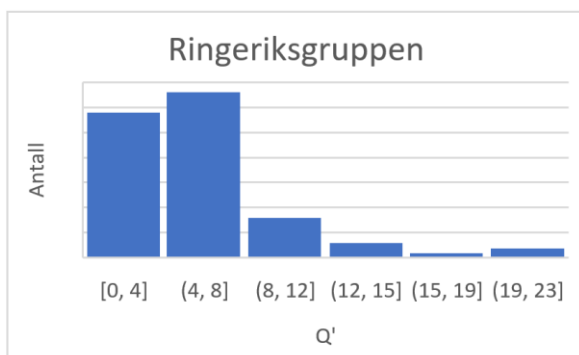
## Q'-verdi, histogram



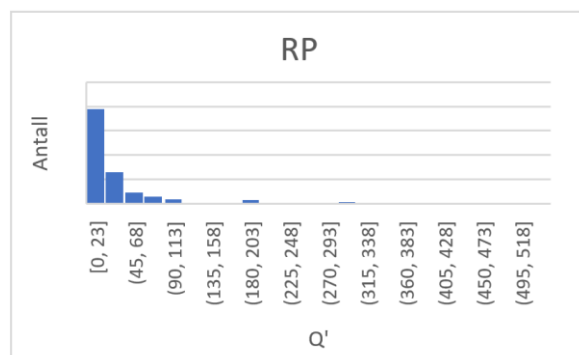
**Figur B.1: Q'-verdier fra kjernelogging av Askergruppen fra BH02/16, K02 og K03. Til sammen 141 verdier.**



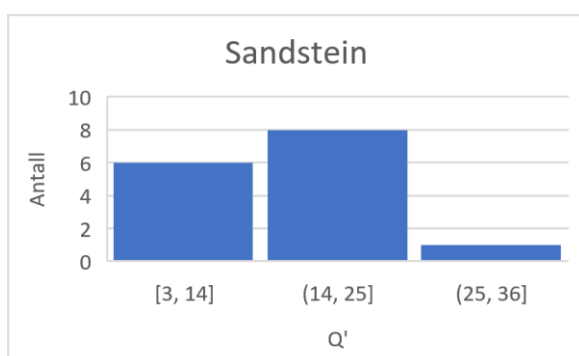
**Figur B.2: Q'-verdier fra kjernelogging av basalt fra BH02/16, K02, K03 og BH14/16. Til sammen 104 verdier.**



**Figur B.3: Q'-verdier fra kjernelogging av Ringeriksgruppen fra K02 og K03. Til sammen 76 verdier.**



**Figur B.4: Q'-verdier fra kjernelogging av RP (RP1, RP7 og RP8) fra BH02/16, K02, K03, BH09/16 og BH14/16. Til sammen 653 verdier.**



**Figur B.5: Q'-verdier fra kjernelogging av sandstein fra BH09/16 og BH14/16. Til sammen 15 verdier.**

## Kjerneboringer, Q'-verdi

**Tabell B.1: Oversikt over parametere og utregnede Q'-verdier (NAA 2017a; 2017b; 2017c; 2018b; 2018c). Mørke farger viser hvilke verdier som avviker fra borehullsloggen. Dette er antatte verdier eller gjennomsnitt av verdier.**

ID	Fra	Til	RQD	Jn	Jr	Ja	Q'
BH02/16	0	1	55	6	3	2	13.8
BH02/16	1	2	60	6	2	2	7.5
BH02/16	2	3	30	6	3	2	7.5
BH02/16	3	4	10	6	3	2	2.5
BH02/16	4	5	100	6	3	2	25.0
BH02/16	5	6	10	6	3	2	2.5
BH02/16	6	7	80	6	3	2	20.0
BH02/16	7	8	65	6	3	2	16.3
BH02/16	8	9	50	6	3	2	12.5
BH02/16	9	10	50	6	3	2	12.5
BH02/16	10	11	70	6	2	2	8.8
BH02/16	11	12	70	6	2	2	8.8
BH02/16	12	13	60	6	2	2	7.5
BH02/16	13	14	40	6	3	4	5.0
BH02/16	14	15	20	6	3	2	5.0
BH02/16	15	16	90	6	3	2	22.5
BH02/16	16	17	90	6	3	2	22.5
BH02/16	17	18	80	6	2	2	10.0
BH02/16	18	19	80	6	2	2	10.0
BH02/16	19	20	50	6	2	4	3.1
BH02/16	20	21	50	6	3	2	12.5
BH02/16	21	22	85	6	3	4	10.6
BH02/16	22	23	75	6	3	2	18.8
BH02/16	23	24	60	6	3	2	15.0
BH02/16	24	25	80	6	3	3	13.3
BH02/16	25	26	50	6	2	2	6.3
BH02/16	26	27	55	6	2	2	6.9
BH02/16	27	28	40	6	2	2	5.0
BH02/16	28	29	20	6	2	2	2.5
BH02/16	29	30	20	6	3	3	3.3
BH02/16	30	31	20	6	2	2	2.5
BH02/16	31	32	10	6	2	2	1.3
BH02/16	32	33	50	6	3	2	12.5
BH02/16	33	34	60	6	3	1	30.0

ID	Fra	Til	RQD	Jn	Jr	Ja	Q'
K02	3	4	30	6	3.0	2	7.5
K02	4	5	60	9	3.0	2	10.0
K02	5	6	80	9	3.0	2	13.3
K02	6	7	80	9	1.5	2	6.7
K02	7	8	60	9	1.5	2	5.0
K02	8	9	85	12	3.0	2	10.6
K02	9	10	40	12	1.5	2	2.5
K02	10	11	40	12	3.0	2	5.0
K02	11	12	40	12	1.0	2	1.7
K02	12	13	60	12	1.5	2	3.8
K02	13	14	80	6	3.0	1	40.0
K02	14	15	100	6	3.0	2	25.0
K02	15	16	90	6	3.0	2	22.5
K02	16	17	90	6	3.0	2	22.5
K02	17	18	90	6	3.0	2	22.5
K02	18	19	90	6	3.0	2	22.5
K02	19	20	90	6	3.0	1	45.0
K02	20	21	90	6	3.0	1	45.0
K02	21	22	90	6	3.0	1	45.0
K02	22	23	90	6	3.0	1	45.0
K02	23	24	100	6	3.0	2	25.0
K02	24	25	100	6	3.0	1	50.0
K02	25	26	100	6	3.0	1	50.0
K02	26	27	90	6	2.0	2	15.0
K02	27	28	85	6	2.0	2	14.2
K02	28	29	80	6	2.0	4	6.7
K02	29	30	60	6	3.0	4	7.5
K02	30	31	40	6	3.0	8	2.5
K02	31	32	50	6	2.0	8	2.1
K02	32	33	80	6	3.0	4	10.0
K02	33	34	60	12	3.0	4	3.8
K02	34	35	25	12	2.0	4	1.0
K02	35	36	60	12	2.0	4	2.5
K02	36	37	65	12	2.0	4	2.7

ID	Fra	Til	RQD	Jn	Jr	Ja	Q'
K03	4	5	80	9	3.0	1	26.7
K03	5	6	70	9	2.0	4	3.9
K03	6	7	60	9	3.0	4	5.0
K03	7	8	85	9	3.0	2	14.2
K03	8	9	75	9	3.0	2	12.5
K03	9	10	40	6	3.0	2	10.0
K03	10	11	70	6	3.0	4	8.8
K03	11	12	20	6	3.0	4	2.5
K03	12	13	60	6	3.0	2	15.0
K03	13	14	50	6	3.0	1	25.0
K03	14	15	50	6	3.0	4	6.3
K03	15	16	70	6	3.0	1	35.0
K03	16	17	100	6	3.0	1	50.0
K03	17	18	65	6	2.0	4	5.4
K03	18	19	100	9	3.0	5	6.7
K03	19	20	100	9	3.0	2	16.7
K03	20	21	25	9	3.0	2	4.2
K03	21	22	35	9	3.0	2	5.8
K03	22	23	70	9	3.0	2	11.7
K03	23	24	100	9	3.0	2	16.7
K03	24	25	100	9	4.0	2	22.2
K03	25	26	70	9	3.0	4	5.8
K03	26	27	70	9	1.5	2	5.8
K03	27	28	85	9	3.0	3	9.4
K03	28	29	75	6	3.0	2	18.8
K03	29	30	55	6	3.0	2	13.8
K03	30	31	30	6	3.0	2	7.5
K03	31	32	75	6	3.0	2	18.8
K03	32	33	25	6	3.0	2	6.3
K03	33	34	45	6	3.0	2	11.3
K03	34	35	80	6	1.5	2	10.0
K03	35	36	80	6	3.0	2	20.0
K03	36	37	75	6	3.0	2	18.8
K03	37	38	75	6	3.0	2	18.8



## Vedlegg B - Metode

BH02/16	34	35	10	6	2	2	1.3
BH02/16	35	36	65	6	3	4	8.1
BH02/16	36	37	45	6	3	3	7.5
BH02/16	37	38	35	6	3	3	5.8
BH02/16	38	39	60	6	3	3	10.0
BH02/16	39	40	25	6	3	3	4.2
BH02/16	40	41	20	6	2	2	2.5
BH02/16	41	42	30	6	2	2	3.8
BH02/16	42	43	55	6	2	2	6.9
BH02/16	43	44	10	6	2	6	0.4
BH02/16	44	45	10	6	2	4	0.6
BH02/16	45	46	10	6	1	6	0.3
BH02/16	46	47	10	6	1	6	0.3
BH02/16	47	48	10	6	1	6	0.3
BH02/16	48	49	10	6	1	6	0.3
BH02/16	49	50	10	6	1	13	0.1
BH02/16	50	51	10	6	1	13	0.1
BH02/16	51	52	60	6	2	2	7.5
BH02/16	52	53	100	6	3	2	25.0
BH02/16	53	54	65	6	3	2	16.3
BH02/16	54	55	85	6	3	2	21.3
BH02/16	55	56	75	6	3	2	18.8
BH02/16	56	57	65	6	3	2	16.3
BH02/16	57	58	75	6	3	2	18.8
BH02/16	58	59	60	6	3	2	15.0
BH02/16	59	60	100	6	3	2	25.0
BH02/16	60	61	35	6	2	2	4.4
BH02/16	61	62	75	6	2	2	9.4
BH02/16	62	63	40	6	3	2	10.0
BH02/16	63	64	50	6	2	2	6.3
BH02/16	64	65	40	6	2	2	5.0
BH02/16	65	66	25	6	2	1	6.3
BH02/16	66	67	50	6	2	1	12.5
BH02/16	67	68	80	6	2	1	20.0
BH02/16	68	69	40	6	2	1	10.0
BH02/16	69	70	30	6	2	1	7.5
BH02/16	70	71	50	6	2	4	3.1
BH02/16	71	72	30	6	2	4	1.9
BH02/16	72	73	50	6	2	2	6.3
BH02/16	73	74	75	6	2	1	18.8
BH02/16	74	75	90	6	2	1	22.5
BH02/16	75	76	60	6	2	1	15.0
K02	37	38	35	12	2.0	4	1.5
K02	38	39	35	15	1.5	4	0.9
K02	39	40	65	15	1.5	3	2.2
K02	40	41	30	15	1.5	4	0.8
K02	41	42	10	15	1.5	4	0.3
K02	42	43	10	15	2.0	3	0.4
K02	43	44	50	12	1.5	4	1.6
K02	44	45	35	12	3.0	8	1.1
K02	45	46	35	12	3.0	2	4.4
K02	46	47	75	12	1.5	2	4.7
K02	47	48	65	12	1.5	2	4.1
K02	48	49	85	9	1.5	4	3.5
K02	49	50	85	9	3.0	1	28.3
K02	50	51	95	9	2.0	2	10.6
K02	51	52	75	9	2.0	4	4.2
K02	52	53	90	9	2.0	2	10.0
K02	53	54	20	12	2.0	2	1.7
K02	54	55	70	12	2.0	2	5.8
K02	55	56	40	12	2.0	2	3.3
K02	56	57	40	12	1.5	2	2.5
K02	57	58	50	12	1.5	2	3.1
K02	58	59	75	12	3.0	4	4.7
K02	59	60	75	12	3.0	3	6.3
K02	60	61	70	12	3.0	2	8.8
K02	61	62	80	12	3.0	2	10.0
K02	62	63	70	6	3.0	1	35.0
K02	63	64	100	6	1.5	2	12.5
K02	64	65	90	6	2.0	4	7.5
K02	65	66	75	6	3.0	1	37.5
K02	66	67	100	6	2.0	4	8.3
K02	67	68	80	12	2.0	2	6.7
K02	68	69	70	12	1.5	2	4.4
K02	69	70	80	12	3.0	4	5.0
K02	70	71	60	12	1.5	4	1.9
K02	71	72	30	12	0.5	4	0.3
K02	72	73	35	9	2.0	4	1.9
K02	73	74	85	9	3.0	3	9.4
K02	74	75	80	9	3.0	2	13.3
K02	75	76	90	6	1.5	2	11.3
K02	76	77	45	6	1.5	4	2.8
K02	77	78	50	6	2.0	1	16.7
K02	78	79	70	6	1.5	1	17.5
K03	38	39	80	6	2.0	2	13.3
K03	39	40	80	6	2.0	1	26.7
K03	40	41	90	6	2.0	2	15.0
K03	41	42	40	6	2.0	3	4.4
K03	42	43	90	6	3.0	5	9.0
K03	43	44	70	6	3.0	2	17.5
K03	44	45	100	6	3.0	2	25.0
K03	45	46	70	6	3.0	2	17.5
K03	46	47	70	6	1.5	2	8.8
K03	47	48	60	6	1.5	2	7.5
K03	48	49	50	6	1.5	3	4.2
K03	49	50	80	6	1.5	3	6.7
K03	50	51	60	6	1.5	3	5.0
K03	51	52	40	6	1.5	3	3.3
K03	52	53	50	6	1.5	4	3.1
K03	53	54	30	12	3.0	4	1.9
K03	54	55	20	12	1.5	4	0.6
K03	55	56	65	12	1.5	4	2.0
K03	56	57	80	12	1.5	2	5.0
K03	57	58	90	12	1.5	2	5.6
K03	58	59	70	6	2.0	2	11.7
K03	59	60	70	6	2.0	2	11.7
K03	60	61	70	6	1.5	2	8.8
K03	61	62	80	6	1.5	2	10.0
K03	62	63	25	6	1.0	2	2.1
K03	63	64	40	6	3.0	2	10.0
K03	64	65	10	6	6.0	2	5.0
K03	65	66	25	6	3.0	2	6.3
K03	66	67	100	6	3.0	1	50.0
K03	67	68	100	6	3.0	1	50.0
K03	68	69	80	6	3.0	1	40.0
K03	69	70	85	6	2.0	4	7.1
K03	70	71	100	6	1.5	4	6.3
K03	71	72	95	6	3.0	4	11.9
K03	72	73	90	6	1.0	2	7.5
K03	73	74	65	12	3.0	3	5.4
K03	74	75	85	12	3.0	2	10.6
K03	75	76	60	12	1.5	4	1.9
K03	76	77	10	12	3.0	6	0.4
K03	77	78	25	12	3.0	6	1.0
K03	78	79	75	12	1.5	4	2.3
K03	79	80	75	12	2.0	4	3.1

## Vedlegg B - Metode

BH02/16	76	77	45	6	2	1	11.3
BH02/16	77	78	55	6	2	1	13.8
BH02/16	78	79	45	6	2	1	11.3
BH02/16	79	80	60	6	2	1	15.0
BH02/16	80	81	75	6	3	3	12.5
BH02/16	81	82	65	6	3	2	16.3
BH02/16	82	83	85	6	3	3	14.2
BH02/16	83	84	100	6	3	3	16.7
BH02/16	84	85	70	6	3	3	11.7
BH02/16	85	86	40	6	2	3	3.3
BH02/16	86	87	60	6	2	3	5.0
BH02/16	87	88	40	6	2	3	3.3
BH02/16	88	89	30	6	2	3	2.5
BH02/16	89	90	10	6	2	3	0.8
BH02/16	90	91	50	6	2	2	6.3
BH02/16	91	92	60	6	2	2	7.5
BH02/16	92	93	30	6	2	2	3.8
BH02/16	93	94	40	6	2	2	5.0
BH02/16	94	95	20	6	2	3	1.7
BH02/16	95	96	20	6	2	3	1.7
BH02/16	96	97	10	6	2	3	0.8
BH02/16	97	98	30	6	2	3	2.5
BH02/16	98	99	15	6	2	3	1.3
BH02/16	99	100	15	6	1	3	0.8
BH02/16	100	101	10	6	1	3	0.6
BH02/16	101	102	25	6	1	3	1.4
BH02/16	102	103	20	6	1	3	1.1
BH02/16	103	104	50	6	1	3	2.8
BH02/16	104	105	50	6	1	3	2.8
BH02/16	105	106	25	6	1	2	2.1
BH02/16	106	107	30	6	1	2	2.5
BH02/16	107	108	20	6	1	2	1.7
BH02/16	108	109	25	6	1	2	2.1
BH02/16	109	110	50	6	1	2	4.2
BH02/16	110	111	35	6	3	2	8.8
BH02/16	111	112	10	6	3	8	0.6
BH02/16	112	113	20	6	3	2	5.0
BH02/16	113	114	60	6	3	8	3.8
BH02/16	114	115	65	6	3	3	10.8
BH02/16	115	116	40	6	3	13	1.5
BH02/16	116	117	50	6	3	6	4.2
BH02/16	117	118	90	6	3	6	7.5
K02	79	80	75	6	1.5	1	18.8
K02	80	81	60	6	1.5	1	15.0
K02	81	82	75	6	1.5	1	18.8
K02	82	83	85	12	1.5	4	2.7
K02	83	84	55	12	1.0	4	1.1
K02	84	85	45	12	1.0	4	0.9
K02	85	86	80	12	1.5	2	5.0
K02	86	87	30	12	0.5	4	0.3
K02	87	88	100	9	1.5	2	8.3
K02	88	89	45	9	1.0	2	2.5
K02	89	90	80	9	1.5	2	6.7
K02	90	91	80	9	1.5	2	6.7
K02	91	92	40	9	0.5	4	0.6
K02	92	93	50	15	0.5	4	0.4
K02	93	94	25	15	1.5	4	0.6
K02	94	95	50	15	0.5	4	0.4
K02	95	96	40	15	0.5	4	0.3
K02	96	97	40	15	1.5	4	1.0
K02	97	98	80	12	1.0	1	6.7
K02	98	99	55	12	1.5	1	6.9
K02	99	100	10	12	0.5	1	0.4
K02	100	101	10	12	1.0	1	0.8
K02	101	102	10	12	1.0	1	0.8
K02	102	103	20	15	0.5	4	0.2
K02	103	104	10	15	0.5	4	0.1
K02	104	105	50	15	1.5	4	1.3
K02	105	106	80	15	0.5	4	0.7
K02	106	107	60	15	1.5	4	1.5
K02	107	108	90	6	3.0	2	22.5
K02	108	109	70	6	1.5	4	4.4
K02	109	110	70	6	1.5	4	4.4
K02	110	111	40	6	1.5	4	2.5
K02	111	112	85	6	1.5	4	5.3
K02	112	113	50	6	2.0	2	8.3
K02	113	114	25	6	1.5	1	6.3
K02	114	115	90	6	1.5	2	11.3
K02	115	116	50	6	2.0	1	16.7
K02	116	117	70	9	1.5	1	11.7
K02	117	118	40	9	1.5	4	1.7
K02	118	119	40	9	1.0	8	0.6
K02	119	120	80	9	0.5	4	1.1
K02	120	121	70	9	0.5	4	1.0
K03	80	81	60	12	3.0	2	7.5
K03	81	82	90	12	3.0	2	11.3
K03	82	83	55	12	1.5	4	1.7
K03	83	84	70	12	3.0	2	8.8
K03	84	85	40	12	1.5	4	1.3
K03	85	86	45	12	2.0	4	1.9
K03	86	87	45	12	2.0	4	1.9
K03	87	88	60	12	3.0	3	5.0
K03	88	89	70	12	3.0	3	5.8
K03	89	90	85	12	3.0	3	7.1
K03	90	91	85	12	3.0	2	10.6
K03	91	92	30	12	3.0	4	1.9
K03	92	93	30	12	3.0	4	1.9
K03	93	94	15	6	3.0	8	0.9
K03	94	95	25	6	3.0	4	3.1
K03	95	96	15	6	3.0	3	2.5
K03	96	97	20	6	3.0	4	2.5
K03	97	98	55	6	2.0	4	4.6
K03	98	99	70	6	1.5	3	5.8
K03	99	100	20	6	1.0	2	1.7
K03	100	101	40	6	2.0	3	4.4
K03	101	102	50	6	2.0	2	8.3
K03	102	103	20	20	3.0	8	0.4
K03	103	104	10	20	1.0	8	0.1
K03	104	105	10	20	1.0	8	0.1
K03	105	106	10	20	1.0	8	0.1
K03	106	107	10	20	1.0	8	0.1
K03	107	108	10	20	1.0	8	0.1
K03	108	109	10	20	1.0	6	0.1
K03	109	110	30	20	1.0	8	0.2
K03	110	111	10	20	1.0	8	0.1
K03	111	112	10	20	1.0	9	0.1
K03	112	113	10	20	1.0	9	0.1
K03	113	114	10	6	1.0	8	0.2
K03	114	115	10	6	1.0	8	0.2
K03	115	116	30	6	1.0	8	0.6
K03	116	117	10	6	1.0	8	0.2
K03	117	118	10	6	2.0	8	0.4
K03	118	119	10	6	2.0	10	0.3
K03	119	120	40	6	3.0	8	2.5
K03	120	121	20	6	3.0	8	1.3
K03	121	122	40	6	2.0	4	3.3

## Vedlegg B - Metode

BH02/16	118	119	60	6	1	13	0.8
BH02/16	119	120	50	6	1	10	0.8
BH02/16	120	121	55	6	1	6	1.5
BH02/16	121	122	40	6	1	8	0.8
BH02/16	122	123	60	6	1	6	1.7
BH02/16	123	124	20	6	1	6	0.6
BH02/16	124	125	60	6	1	6	1.7
BH02/16	125	126	10	6	1	8	0.2
BH02/16	126	127	25	6	1	6	0.7
BH02/16	127	128	40	6	1	6	1.1
BH02/16	128	129	30	6	1	6	0.8
BH02/16	129	130	30	6	1	4	1.3
BH02/16	130	131	40	6	1	4	1.7
BH02/16	131	132	30	6	1	8	0.6
BH02/16	132	133	10	6	1	4	0.4
BH02/16	133	134	25	6	1	6	0.3
BH02/16	134	135	10	6	1	4	0.4
BH02/16	135	136	10	6	1	4	0.4
BH02/16	136	137	75	6	1	4	3.1
BH02/16	137	138	40	6	1	4	1.7
BH02/16	138	139	15	6	1	8	0.3
BH02/16	139	140	20	6	1	8	0.4
BH02/16	140	141	25	6	1	8	0.5
BH02/16	141	142	10	6	2	4	0.6
BH02/16	142	143	80	6	2	4	5.0
BH02/16	143	144	45	6	3	4	5.6
BH02/16	144	145	90	6	3	2	22.5
BH02/16	145	146	50	6	3	4	6.3
BH02/16	146	147	100	6	3	2	25.0
BH02/16	147	148	100	6	3	2	25.0
BH02/16	148	149	60	6	1	4	2.5
BH02/16	149	150	10	6	1	6	0.3
BH02/16	150	151	10	6	1	8	0.2
BH02/16	151	152	15	6	1	8	0.3
BH02/16	152	153	20	6	1	4	0.8
BH02/16	153	154	10	6	1	4	0.4
BH02/16	154	155	10	6	1	4	0.4
BH02/16	155	156	10	6	1	8	0.2
BH02/16	156	157	10	6	1	4	0.4
BH02/16	157	158	25	6	1	4	1.0
BH02/16	158	159	10	6	1	4	0.4
BH02/16	159	160	10	6	1	4	0.4
K02	121	122	50	6	1.0	4	2.1
K02	122	123	10	6	1.5	4	0.6
K02	123	124	40	6	1.5	4	2.5
K02	124	125	90	6	1.5	4	5.6
K02	125	126	20	6	1.5	3	1.7
K02	126	127	40	6	1.5	3	3.3
K02	127	128	10	6	1.5	3	0.8
K02	128	129	40	6	1.5	2	5.0
K02	129	130	30	6	2.0	8	1.3
K02	130	131	10	6	2.0	3	1.1
K02	131	132	40	6	1.0	#	0.6
K02	132	133	10	6	1.5	6	0.4
K02	133	134	10	6	1.5	6	0.4
K02	134	135	30	6	1.0	6	0.8
K02	135	136	10	6	1.5	6	0.4
K02	136	137	20	15	1.0	4	0.3
K02	137	138	20	15	1.0	4	0.3
K02	138	139	40	15	1.0	4	0.7
K02	139	140	50	15	1.5	3	1.7
K02	140	141	10	15	1.0	4	0.2
K02	141	142	50	6	1.0	2	4.2
K02	142	143	30	6	1.0	4	1.3
K02	143	144	35	6	0.5	3	1.0
K02	144	145	30	6	1.0	3	1.7
K02	145	146	50	6	1.0	2	4.2
K02	146	147	60	6	1.0	2	5.0
K02	147	148	55	6	1.0	2	4.6
K02	148	149	40	6	1.0	4	1.7
K02	149	150	70	6	1.0	2	5.8
K02	150	151	50	6	1.5	2	6.3
K02	151	152	85	6	1.0	2	7.1
K02	152	153	80	6	1.0	2	6.7
K02	153	154	70	6	1.5	2	8.8
K02	154	155	10	6	1.0	8	0.2
K02	155	156	80	6	1.5	2	10.0
K02	156	157	75	9	1.0	2	4.2
K02	157	158	90	9	1.0	2	5.0
K02	158	159	70	9	0.5	2	1.9
K02	159	160	50	9	2.0	3	3.7
K02	160	161	75	9	2.0	3	5.6
K02	161	162	40	6	1.0	3	2.2
K02	162	163	60	6	1.0	3	3.3
K03	122	123	15	15	1.5	8	0.2
K03	123	124	10	15	1.5	8	0.1
K03	124	125	10	15	1.5	8	0.1
K03	125	126	10	15	1.5	6	0.2
K03	126	127	10	15	1.5	4	0.3
K03	127	128	70	6	3.0	4	8.8
K03	128	129	10	6	2.0	4	0.8
K03	129	130	10	6	1.5	4	0.6
K03	130	131	50	6	2.0	3	5.6
K03	131	132	40	6	2.0	3	4.4
K03	132	133	10	6	3.0	8	0.6
K03	133	134	35	6	1.5	3	2.9
K03	134	135	10	6	1.0	6	0.3
K03	135	136	10	6	2.0	8	0.4
K03	136	137	10	6	1.0	8	0.2
K03	137	138	20	6	2.0	6	1.1
K03	138	139	40	6	2.0	8	1.7
K03	139	140	10	6	1.0	4	0.4
K03	140	141	10	6	1.0	4	0.4
K03	141	142	30	6	1.5	6	1.3
K03	142	143	10	6	1.5	8	0.3
K03	143	144	10	6	1.5	6	0.4
K03	144	145	10	6	2.0	6	0.6
K03	145	146	40	6	2.0	4	3.3
K03	146	147	60	6	3.0	4	7.5
K03	147	148	10	6	2.0	8	0.4
K03	148	149	10	6	1.0	12	0.1
K03	149	150	10	6	1.0	12	0.1
K03	150	151	10	6	1.0	12	0.1
K03	151	152	10	6	1.0	12	0.1
K03	152	153	10	6	1.0	12	0.1
K03	153	154	10	6	1.0	12	0.1
K03	154	155	10	6	1.0	12	0.1
K03	155	156	10	6	1.0	12	0.1
K03	156	157	10	6	1.0	12	0.1
K03	157	158	10	6	0.5	6	0.1
K03	158	159	10	6	2.0	8	0.4
K03	159	160	30	6	1.5	4	1.9
K03	160	161	10	6	1.0	6	0.3
K03	161	162	10	6	1.5	4	0.6
K03	162	163	30	6	1.0	2	2.5
K03	163	164	70	6	1.0	4	2.9

## Vedlegg B - Metode

BH02/16	160	161	60	6	1	4	2.5
BH02/16	161	162	30	6	1	4	1.3
BH02/16	162	163	70	6	1	8	1.5
BH02/16	163	164	20	6	1	10	0.3
BH02/16	164	165	10	6	1	10	0.2
BH02/16	165	166	10	6	1	10	0.2
BH02/16	166	167	10	6	1	10	0.2
BH02/16	167	168	10	6	1	8	0.2
BH02/16	168	169	70	6	2	4	4.4
BH02/16	169	170	25	6	2	4	1.6
BH02/16	170	171	10	6	1	4	0.4
BH02/16	171	172	30	6	1	8	0.6
BH02/16	172	173	100	6	1	8	2.1
BH02/16	173	174	100	6	1	8	2.1
BH02/16	174	175	100	6	1	8	2.1
BH02/16	175	176	90	6	1	8	1.9
BH02/16	176	177	50	6	2	4	3.1
BH02/16	177	178	30	6	1	4	1.3
BH02/16	178	179	10	6	1	4	0.4
BH02/16	179	180	10	6	1	8	0.2
BH02/16	180	181	30	6	1	4	1.3
BH02/16	181	182	20	6	1	4	0.8
BH02/16	182	183	10	6	1	6	0.3
BH02/16	183	184	10	6	1	8	0.2
BH02/16	184	185	10	6	1	8	0.2
BH02/16	185	186	15	6	1	6	0.4
BH02/16	186	187	15	6	2	6	0.8
BH02/16	187	188	15	6	2	13	0.4
BH02/16	188	189	20	6	1	13	0.3
BH02/16	189	190	40	6	2	8	1.3
BH02/16	190	191	25	6	1	13	0.3
BH02/16	191	192	25	6	1	6	0.7
BH02/16	192	193	40	6	1	6	1.1
BH02/16	193	194	10	6	1	8	0.2
BH02/16	194	195	10	6	1	6	0.3
BH02/16	195	196	20	6	1	8	0.4
BH02/16	196	197	10	6	1	4	0.4
BH02/16	197	198	10	6	1	13	0.1
BH02/16	198	199	10	6	3	10	0.5
BH02/16	199	200	10	6	3	4	1.3
BH02/16	200	201	10	6	3	8	0.6

K02	163	164	75	6	1.0	2	6.3
K02	164	165	60	6	1.0	2	5.0
K02	165	166	70	6	0.5	2	2.9
K02	166	167	85	12	1.0	2	3.5
K02	167	168	90	12	1.0	2	3.8
K02	168	169	70	12	1.0	2	2.9
K02	169	170	75	12	1.5	2	4.7
K02	170	171	10	12	1.0	8	0.1
K02	171	172	40	6	1.5	2	5.0
K02	172	173	40	6	1.5	2	5.0
K02	173	174	60	6	1.0	2	5.0
K02	174	175	40	6	1.5	2	5.0

K03	164	165	70	6	1.5	2	8.8
K03	165	166	30	6	1.0	4	1.3
K03	166	167	80	6	1.5	2	10.0
K03	167	168	30	6	1.5	3	2.5
K03	168	169	40	6	1.5	3	3.3
K03	169	170	80	6	1.5	3	6.7
K03	170	171	80	6	1.5	3	6.7
K03	171	172	90	6	0.5	4	1.9
K03	172	173	65	6	1.5	4	4.1
K03	173	174	90	6	1.5	4	5.6
K03	174	175	85	6	1.0	4	3.5
K03	175	176	75	6	3.0	4	9.4
K03	176	177	90	6	2.0	2	15.0
K03	177	178	50	6	0.5	4	1.0
K03	178	179	100	6	1.0	2	8.3
K03	179	180	90	6	1.5	3	7.5
K03	180	181	60	4	3.0	2	22.5
K03	181	182	100	4	1.5	2	18.8
K03	182	183	90	4	2.0	2	22.5
K03	183	184	90	4	2.0	3	15.0
K03	184	185	90	4	1.0	2	11.3
K03	185	186	85	6	1.0	2	7.1
K03	186	187	85	6	1.0	4	3.5
K03	187	188	70	6	1.5	4	4.4
K03	188	189	60	6	3.0	4	7.5
K03	189	190	90	6	1.5	4	5.6
K03	190	191	75	6	1.0	2	6.3
K03	191	192	50	6	1.0	4	2.1
K03	192	193	90	6	1.0	2	7.5
K03	193	194	90	6	1.5	2	11.3
K03	194	195	80	6	1.0	2	6.7
K03	195	196	65	9	1.5	2	5.4
K03	196	197	80	9	1.5	2	6.7
K03	197	198	10	9	1.0	4	0.3
K03	198	199	60	9	1.5	2	5.0
K03	199	200	75	9	3.0	2	12.5

## Vedlegg B - Metode

ID	Fra	Til	RQD	Jn	Jr	Ja	Q'
BH09/16	7	8	70	6	1.5	3	5.8
BH09/16	8	9	70	6	1.5	1	17.5
BH09/16	9	10	85	6	1.5	2	10.6
BH09/16	10	11	100	6	2	1	33.3
BH09/16	11	12	100	6	2	1	33.3
BH09/16	12	13	85	6	2	1	28.3
BH09/16	13	14	60	6	2	1	20.0
BH09/16	14	15	100	6	2	1	33.3
BH09/16	15	16	100	6	2	2	16.7
BH09/16	16	17	100	6	2	2	16.7
BH09/16	17	18	100	6	2	3	11.1
BH09/16	18	19	80	6	2	3	8.9
BH09/16	19	20	70	6	2	3	7.8
BH09/16	20	21	80	3	2	2	26.7
BH09/16	21	22	75	3	2	2	25.0
BH09/16	22	23	55	3	2	2	18.3
BH09/16	23	24	80	3	2	2	26.7
BH09/16	24	25	80	3	2	2	26.7
BH09/16	25	26	60	6	1.5	2	7.5
BH09/16	26	27	75	6	1.5	2	9.4
BH09/16	27	28	30	6	1.5	3	2.5
BH09/16	28	29	10	6	1.5	3	0.8
BH09/16	29	30	45	6	1.5	3	3.8
BH09/16	30	31	70	6	1.5	1	17.5
BH09/16	31	32	90	2	1.5	1	67.5
BH09/16	32	33	90	1	1.5	1	135.0
BH09/16	33	34	80	6	1.5	2	10.0
BH09/16	34	35	50	6	1.5	1	12.5
BH09/16	35	36	20	6	1.5	3	1.7
BH09/16	36	37	50	6	1.5	3	4.2
BH09/16	37	38	80	6	1.5	2	10.0
BH09/16	38	39	95	6	1.5	2	11.9
BH09/16	39	40	90	6	1.5	1	22.5
BH09/16	40	41	100	1	3	2	150.0
BH09/16	41	42	60	2	2	2	30.0
BH09/16	42	43	80	2	2	2	40.0
BH09/16	43	44	100	1	3	2	150.0
BH09/16	44	45	85	1	3	2	127.5
BH09/16	45	46	90	3	3	1	90.0
BH09/16	46	47	90	3	3	1	90.0

ID	Fra	Til	RQD	Jn	Jr	Ja	Q'
BH14/16	1	2	100	6	2	2	12.5
BH14/16	2	3	100	6	2	2	12.5
BH14/16	3	4	95	6	2	2	11.9
BH14/16	4	5	100	6	2	2	12.5
BH14/16	5	6	90	6	3	1	45.0
BH14/16	6	7	80	6	3	1	40.0
BH14/16	7	8	90	6	3	1	45.0
BH14/16	8	9	85	6	3	3	14.2
BH14/16	9	10	80	6	2	2	13.3
BH14/16	10	11	90	6	3	2	22.5
BH14/16	11	12	90	6	3	2	22.5
BH14/16	12	13	80	6	3	2	20.0
BH14/16	13	14	75	6	3	2	18.8
BH14/16	14	15	90	6	3	2	22.5
BH14/16	15	16	90	6	2	2	11.3
BH14/16	16	17	80	6	2	2	10.0
BH14/16	17	18	90	6	2	2	11.3
BH14/16	18	19	95	6	2	2	11.9
BH14/16	19	20	95	6	2	2	11.9
BH14/16	20	21	100	6	2	1	25.0
BH14/16	21	22	90	6	3	1	45.0
BH14/16	22	23	85	6	3	2	21.3
BH14/16	23	24	90	6	3	2	22.5
BH14/16	24	25	90	6	3	1	45.0
BH14/16	25	26	90	4	3	2	33.8
BH14/16	26	27	90	4	3	2	33.8
BH14/16	27	28	100	4	3	1	75.0
BH14/16	28	29	100	4	3	1	75.0
BH14/16	29	30	100	4	3	1	75.0
BH14/16	30	31	100	4	2	1	37.5
BH14/16	31	32	100	4	2	1	37.5
BH14/16	32	33	90	4	2	1	33.8
BH14/16	33	34	100	4	2	1	37.5
BH14/16	34	35	100	4	2	1	37.5
BH14/16	35	36	100	6	3	1	50.0
BH14/16	36	37	90	6	3	1	45.0
BH14/16	37	38	90	6	2	1	22.5
BH14/16	38	39	90	6	2	1	22.5
BH14/16	39	40	100	6	2	1	25.0
BH14/16	40	41	60	6	3	1	30.0

## Vedlegg B - Metode

BH09/16	47	48	90	3	3	2	45.0
BH09/16	48	49	90	3	3	1	90.0
BH09/16	49	50	80	3	3	2	40.0
BH09/16	50	51	100	1	3	1	300.0
BH09/16	51	52	100	1	2	1	400.0
BH09/16	52	53	100	1	2	1	400.0
BH09/16	53	54	85	3	2	2	28.3
BH09/16	54	55	100	1	2	1	400.0
BH09/16	55	56	100	6	3	1	50.0
BH09/16	56	57	90	6	3	1	45.0
BH09/16	57	58	75	6	3	1	37.5
BH09/16	58	59	100	6	3	2	25.0
BH09/16	59	60	30	6	3	2	7.5
BH09/16	60	61	100	1	3	1	300.0
BH09/16	61	62	100	1	3	1	300.0
BH09/16	62	63	80	2	2	1	80.0
BH09/16	63	64	70	3	2	1	46.7
BH09/16	64	65	100	1	2	1	200.0
BH09/16	65	66	100	3	3	1	100.0
BH09/16	66	67	100	3	3	1	100.0
BH09/16	67	68	100	3	3	1	100.0
BH09/16	68	69	80	3	1.5	1	40.0
BH09/16	69	70	100	3	3	1	100.0
BH09/16	70	71	100	2	2	1	100.0
BH09/16	71	72	100	2	2	1	100.0
BH09/16	72	73	90	4	3	1	67.5
BH09/16	73	74	80	4	3	1	60.0
BH09/16	74	75	95	1	1.5	1	142.5
BH09/16	75	76	80	6	1.5	1	20.0
BH09/16	76	77	100	6	1.5	2	12.5
BH09/16	77	78	100	6	1.5	1	25.0
BH09/16	78	79	85	6	1.5	2	10.6
BH09/16	79	80	70	6	1.5	2	8.8
BH09/16	80	81	65	4	2	2	16.3
BH09/16	81	82	100	2	2	1	100.0
BH09/16	82	83	90	4	1.5	1	33.8
BH09/16	83	84	75	6	2	2	12.5
BH09/16	84	85	100	1	2	1	200.0
BH09/16	85	86	90	4	3	1	67.5
BH09/16	86	87	100	4	3	1	75.0
BH09/16	87	88	100	4	3	1	75.0
BH09/16	88	89	100	4	3	1	75.0
BH14/16	41	42	90	6	3	1	45.0
BH14/16	42	43	100	6	2	1	25.0
BH14/16	43	44	85	6	2	1	21.3
BH14/16	44	45	65	6	2	1	16.3
BH14/16	45	46	100	6	3	1	50.0
BH14/16	46	47	100	6	3	1	50.0
BH14/16	47	48	100	6	3	1	50.0
BH14/16	48	49	100	6	3	1	50.0
BH14/16	49	50	100	6	3	1	50.0
BH14/16	50	51	100	6	3	1	50.0
BH14/16	51	52	90	6	3	1	45.0
BH14/16	52	53	100	6	3	1	50.0
BH14/16	53	54	65	6	3	1	32.5
BH14/16	54	55	100	6	3	1	50.0
BH14/16	55	56	80	6	3	2	20.0
BH14/16	56	57	65	6	3	3	10.8
BH14/16	57	58	100	6	4	1	66.7
BH14/16	58	59	100	6	4	1	66.7
BH14/16	59	60	100	6	4	1	66.7
BH14/16	60	61	90	6	2	1	22.5
BH14/16	61	62	75	6	2	1	18.8
BH14/16	62	63	75	6	2	2	9.4
BH14/16	63	64	80	6	2	1	20.0
BH14/16	64	65	90	6	2	2	11.3
BH14/16	65	66	90	6	3	3	15.0
BH14/16	66	67	100	6	3	4	12.5
BH14/16	67	68	100	6	2	1	25.0
BH14/16	68	69	100	6	4	5	13.3
BH14/16	69	70	80	6	3	1	40.0
BH14/16	70	71	100	1	3	1	300.0
BH14/16	71	72	100	1	3	1	300.0
BH14/16	72	73	100	1	3	1	300.0
BH14/16	73	74	90	1	3	2	135.0
BH14/16	74	75	80	1	3	2	120.0
BH14/16	75	76	100	6	3	1	50.0
BH14/16	76	77	50	6	3	2	12.5
BH14/16	77	78	70	6	3	3	11.7
BH14/16	78	79	100	6	2	1	25.0
BH14/16	79	80	75	6	3	1	37.5
BH14/16	80	81	60	6	3	4	7.5
BH14/16	81	82	55	6	3	4	6.9
BH14/16	82	83	95	6	3	2	23.8

## Vedlegg B - Metode

BH09/16	89	90	90	4	3	2	33.8	BH14/16	83	84	80	6	3	2	20.0
BH09/16	90	91	100	1	3	1	600.0	BH14/16	84	85	75	6	2	1	18.8
BH09/16	91	92	100	1	3	1	600.0	BH14/16	85	86	80	6	2	1	20.0
BH09/16	92	93	90	1	3	1	270.0	BH14/16	86	87	20	6	2	1	5.0
BH09/16	93	94	100	1	2	1	200.0	BH14/16	87	88	25	6	2	1	6.3
BH09/16	94	95	80	3	2	1	53.3	BH14/16	88	89	100	6	2	1	25.0
BH09/16	95	96	90	4	3	2	33.8	BH14/16	89	90	90	6	2	1	22.5
BH09/16	96	97	100	4	3	1	75.0	BH14/16	90	91	95	6	2	1	31.7
BH09/16	97	98	100	4	3	2	37.5	BH14/16	91	92	95	6	2	1	23.8
BH09/16	98	99	100	4	3	2	37.5	BH14/16	92	93	90	6	3	1	45.0
BH09/16	99	100	100	4	3	1	75.0	BH14/16	93	94	100	6	2	1	33.3
BH09/16	100	101	90	2	1.5	1	67.5	BH14/16	94	95	100	6	4	1	66.7
BH09/16	101	102	100	1	1.5	1	150.0	BH14/16	95	96	100	6	3	1	50.0
BH09/16	102	103	75	2	3	1	112.5	BH14/16	96	97	100	6	3	1	50.0
BH09/16	103	104	95	3	3	2	47.5	BH14/16	97	98	100	6	2	1	33.3
BH09/16	104	105	65	6	3	2	16.3	BH14/16	98	99	100	6	4	1	66.7
BH09/16	105	106	80	6	3	2	20.0	BH14/16	99	100	100	4	4	1	100.0
BH09/16	106	107	80	6	3	2	20.0	BH14/16	100	101	100	4	2	2	18.8
BH09/16	107	108	100	6	3	2	25.0	BH14/16	101	102	100	4	3	1	75.0
BH09/16	108	109	85	6	3	2	21.3	BH14/16	102	103	100	4	4	1	100.0
BH09/16	109	110	60	6	3	2	15.0	BH14/16	103	104	100	4	3	1	75.0
BH09/16	110	111	25	6	3	1	12.5	BH14/16	104	105	100	1	4	1	400.0
BH09/16	111	112	70	6	2	1	23.3	BH14/16	105	106	100	1	4	1	400.0
BH09/16	112	113	90	6	1.5	1	22.5	BH14/16	106	107	90	1	3	1	270.0
BH09/16	113	114	60	6	2	1	20.0	BH14/16	107	108	100	1	3	1	300.0
BH09/16	114	115	95	6	1.5	1	23.8	BH14/16	108	109	90	1	3	1	270.0
BH09/16	115	116	100	6	1.5	1	25.0	BH14/16	109	110	100	6	4	1	66.7
BH09/16	116	117	70	6	1.5	1	17.5	BH14/16	110	111	80	6	2	2	10.0
BH09/16	117	118	70	6	1.5	1	17.5	BH14/16	111	112	95	6	2	2	11.9
BH09/16	118	119	90	6	1.5	1	22.5	BH14/16	112	113	100	6	2	1	25.0
BH09/16	119	120	50	6	1.5	1	12.5	BH14/16	113	114	100	6	2	1	25.0
BH09/16	120	121	10	6	2	1	3.3	BH14/16	114	115	90	6	3	1	45.0
BH09/16	121	122	45	6	2	2	7.5	BH14/16	115	116	100	6	3	1	50.0
BH09/16	122	123	95	3	2	1	63.3	BH14/16	116	117	90	6	3	1	45.0
BH09/16	123	124	100	2	2	1	100.0	BH14/16	117	118	100	6	3	1	50.0
BH09/16	124	125	95	3	2	1	63.3	BH14/16	118	119	100	6	3	1	50.0
BH09/16	125	126	35	6	3	1	17.5	BH14/16	119	120	100	3	3	1	100.0
BH09/16	126	127	100	6	3	1	50.0	BH14/16	120	121	100	3	3	1	100.0
BH09/16	127	128	70	6	3	4	8.8	BH14/16	121	122	100	3	3	1	100.0
BH09/16	128	129	90	6	1.5	1	22.5	BH14/16	122	123	80	3	3	1	80.0
BH09/16	129	130	20	6	1.5	2	2.5	BH14/16	123	124	100	3	3	1	100.0
BH09/16	130	131	100	1	2	1	200.0	BH14/16	124	125	90	6	3	2	22.5

## Vedlegg B - Metode

BH09/16	131	132	100	1	2	1	200.0	BH14/16	125	126	90	6	3	2	22.5
BH09/16	132	133	80	6	1.5	1	20.0	BH14/16	126	127	95	6	3	2	23.8
BH09/16	133	134	85	6	2	1	28.3	BH14/16	127	128	75	6	2	2	12.5
BH09/16	134	135	90	4	1.5	1	33.8	BH14/16	128	129	80	6	2	2	10.0
BH09/16	135	136	70	6	1.5	2	8.8	BH14/16	129	130	90	6	2	1	22.5
BH09/16	136	137	100	6	3	1	50.0	BH14/16	130	131	70	6	2	1	17.5
BH09/16	137	138	85	6	1.5	2	10.6	BH14/16	131	132	50	6	2	1	12.5
BH09/16	138	139	100	6	3	2	25.0	BH14/16	132	133	45	6	2	1	11.3
BH09/16	139	140	70	6	1.5	2	8.8	BH14/16	133	134	55	6	2	1	13.8
BH09/16	140	141	90	1	3	1	540.0	BH14/16	134	135	75	6	3	1	37.5
BH09/16	141	142	60	6	2	1	20.0	BH14/16	135	136	100	6	4	1	66.7
BH09/16	142	143	60	6	2	1	20.0	BH14/16	136	137	100	6	3	1	50.0
BH09/16	143	144	100	4	3	1	75.0	BH14/16	137	138	100	6	2	1	25.0
BH09/16	144	145	100	4	2	1	50.0	BH14/16	138	139	100	6	3	1	50.0
BH09/16	145	146	95	4	3	1	71.3	BH14/16	139	140	80	6	3	1	40.0
BH09/16	146	147	90	4	3	1	67.5	BH14/16	140	141	100	6	4	1	66.7
BH09/16	147	148	100	4	3	1	75.0	BH14/16	141	142	90	6	3	1	45.0
BH09/16	148	149	100	4	3	1	75.0	BH14/16	142	143	65	6	3	2	16.3
BH09/16	149	150	100	4	3	1	75.0	BH14/16	143	144	90	6	3	1	45.0
BH09/16	150	151	100	1	1.5	1	300.0	BH14/16	144	145	80	4	2	1	30.0
BH09/16	151	152	100	1	1.5	2	150.0	BH14/16	145	146	70	4	2	1	26.3
BH09/16	152	153	100	2	2	1	100.0	BH14/16	146	147	75	4	2	2	14.1
BH09/16	153	154	100	1	2	1	400.0	BH14/16	147	148	100	4	4	1	100.0
BH09/16	154	155	100	1	1.5	1	300.0	BH14/16	148	149	100	4	2	1	37.5
BH09/16	155	156	100	4	1.5	1	37.5	BH14/16	149	150	100	6	2	2	16.7
BH09/16	156	157	100	4	1.5	2	18.8	BH14/16	150	151	60	6	3	2	15.0
BH09/16	157	158	100	4	1.5	1	37.5	BH14/16	151	152	70	6	3	1	35.0
BH09/16	158	159	80	4	1.5	2	15.0	BH14/16	152	153	90	6	3	1	45.0
BH09/16	159	160	100	4	1.5	1	37.5	BH14/16	153	154	100	6	3	1	50.0
BH09/16	160	161	85	3	2	2	28.3	BH14/16	154	155	70	6	3	1	35.0
BH09/16	161	162	90	3	3	2	45.0	BH14/16	155	156	100	6	3	1	50.0
BH09/16	162	163	100	3	3	1	100.0	BH14/16	156	157	100	6	3	1	50.0
BH09/16	163	164	90	3	3	1	90.0	BH14/16	157	158	100	6	3	1	50.0
BH09/16	164	165	90	3	3	1	90.0	BH14/16	158	159	100	6	3	1	50.0
BH09/16	165	166	100	3	3	1	100.0	BH14/16	159	160	100	4	2	1	37.5
BH09/16	166	167	95	3	3	1	95.0	BH14/16	160	161	90	4	2	1	33.8
BH09/16	167	168	100	3	3	1	100.0	BH14/16	161	162	100	4	2	1	37.5
BH09/16	168	169	100	3	3	1	100.0	BH14/16	162	163	100	4	2	1	37.5
BH09/16	169	170	90	3	3	1	90.0	BH14/16	163	164	95	4	2	1	35.6
BH09/16	170	171	100	6	1	1	16.7	BH14/16	164	165	100	3	2	1	50.0
BH09/16	171	172	70	6	1	1	11.7	BH14/16	165	166	90	3	2	1	45.0
BH09/16	172	173	50	6	1	1	8.3	BH14/16	166	167	100	3	2	1	50.0



## Vedlegg B - Metode

BH09/16	173	174	50	6	1	1	8.3	BH14/16	167	168	100	3	2	1	50.0
BH09/16	174	175	90	6	1	1	15.0	BH14/16	168	169	100	3	2	1	50.0
BH09/16	175	176	60	4	1.5	3	7.5	BH14/16	169	170	80	6	2	1	26.7
BH09/16	176	177	30	4	1.5	2	5.6	BH14/16	170	171	90	6	2	1	22.5
BH09/16	177	178	85	2	1.5	2	31.9	BH14/16	171	172	80	6	2	1	20.0
BH09/16	178	179	85	2	1	2	21.3	BH14/16	172	173	90	6	2	1	22.5
BH09/16	179	180	90	2	1	3	15.0	BH14/16	173	174	85	6	3	1	42.5
BH09/16	180	181	75	6	1	1	12.5	BH14/16	174	175	80	6	3	1	40.0
BH09/16	181	182	90	6	1	1	15.0	BH14/16	175	176	75	6	3	1	37.5
BH09/16	182	183	75	6	1	1	12.5	BH14/16	176	177	90	6	3	4	11.3
BH09/16	183	184	90	6	1	1	15.0	BH14/16	177	178	70	6	3	6	5.8
BH09/16	184	185	85	6	1	1	14.2	BH14/16	178	179	100	6	3	1	50.0
BH09/16	185	186	75	2	2	2	37.5	BH14/16	179	180	100	6	2	1	25.0
BH09/16	186	187	100	2	2	2	50.0	BH14/16	180	181	100	6	4	1	66.7
BH09/16	187	188	100	1	2	1	200.0	BH14/16	181	182	95	6	2	3	7.9
BH09/16	188	189	100	1	2	1	200.0	BH14/16	182	183	100	6	3	1	50.0
BH09/16	189	190	100	1	2	1	200.0	BH14/16	183	184	100	6	2	1	25.0
BH09/16	190	191	100	6	1.5	1	25.0	BH14/16	184	185	95	3	3	1	95.0
BH09/16	191	192	100	6	1.5	1	25.0	BH14/16	185	186	90	3	3	1	90.0
BH09/16	192	193	100	6	1.5	1	25.0	BH14/16	186	187	100	3	3	1	100.0
BH09/16	193	194	75	6	1.5	1	18.8	BH14/16	187	188	90	3	3	1	90.0
BH09/16	194	195	85	6	1.5	1	21.3	BH14/16	188	189	90	3	3	1	90.0
BH09/16	195	196	100	1	2	1	200.0	BH14/16	189	190	100	1	4	1	400.0
BH09/16	196	197	100	1	2	1	200.0	BH14/16	190	191	100	1	3	1	300.0
BH09/16	197	198	100	1	2	1	200.0	BH14/16	191	192	100	1	3	1	300.0
BH09/16	198	199	100	1	2	1	200.0	BH14/16	192	193	85	1	3	1	255.0
BH09/16	199	200	100	2	2	2	50.0	BH14/16	193	194	100	1	2	1	200.0
BH09/16	200	201	100	6	1.5	1	25.0	BH14/16	194	195	100	4	3	1	75.0
BH09/16	201	202	100	6	1.5	1	25.0	BH14/16	195	196	90	4	3	1	67.5
BH09/16	202	203	100	6	1.5	1	25.0	BH14/16	196	197	100	4	3	1	75.0
BH09/16	203	204	80	6	1.5	1	20.0	BH14/16	197	198	100	4	3	2	37.5
BH09/16	204	205	90	6	1.5	1	22.5	BH14/16	198	199	70	4	3	2	26.3
BH09/16	205	206	80	2	2	2	40.0	BH14/16	199	200	100	4	3	1	75.0
BH09/16	206	207	90	2	2	2	45.0	BH14/16	200	201	80	4	3	2	30.0
BH09/16	207	208	100	2	2	2	50.0	BH14/16	201	202	100	4	3	1	75.0
BH09/16	208	209	95	2	2	2	47.5	BH14/16	202	203	100	4	3	1	75.0
BH09/16	209	210	95	2	2	2	47.5	BH14/16	203	204	75	4	3	1	56.3
BH09/16	210	211	100	3	3	1	100.0	BH14/16	204	205	75	6	3	1	37.5
BH09/16	211	212	100	3	3	1	100.0	BH14/16	205	206	30	6	3	2	7.5
BH09/16	212	213	100	3	3	1	100.0	BH14/16	206	207	100	6	3	1	50.0
BH09/16	213	214	100	3	3	1	100.0	BH14/16	207	208	80	6	3	1	40.0
BH09/16	214	215	100	3	3	1	100.0	BH14/16	208	209	100	6	3	1	50.0

## Vedlegg B - Metode

BH09/16	215	216	100	4	2	1	50.0	BH14/16	209	210	100	6	3	1	50.0
BH09/16	216	217	90	4	2	1	45.0	BH14/16	210	211	100	6	3	1	50.0
BH09/16	217	218	85	2	1.5	2	31.9	BH14/16	211	212	80	6	3	10	4.0
BH09/16	218	219	70	4	1.5	1	26.3	BH14/16	212	213	90	6	3	2	22.5
BH09/16	219	220	70	4	3	1	52.5	BH14/16	213	214	90	6	3	1	45.0
BH09/16	220	221	80	6	1	2	6.7	BH14/16	214	215	100	6	3	2	25.0
BH09/16	221	222	55	6	1	2	4.6	BH14/16	215	216	85	6	2	4	5.3
BH09/16	222	223	45	6	1	2	3.8	BH14/16	216	217	95	6	2	3	7.9
BH09/16	223	224	50	6	1	2	4.2	BH14/16	217	218	100	6	2	4	6.3
BH09/16	224	225	40	6	1	2	3.3	BH14/16	218	219	100	6	2	2	12.5
BH09/16	225	226	50	9	2	3	3.7	BH14/16	219	220	100	6	3	2	25.0
BH09/16	226	227	60	9	2	3	4.4	BH14/16	220	221	100	6	3	2	25.0
BH09/16	227	228	20	6	2	3	2.2	BH14/16	221	222	100	6	3	2	25.0
BH09/16	228	229	45	6	2	3	5.0	BH14/16	222	223	85	6	2	2	10.6
BH09/16	229	230	70	6	2	3	7.8	BH14/16	223	224	100	6	3	10	5.0
BH09/16	230	231	75	3	1.5	3	12.5	BH14/16	224	225	90	6	2	1	22.5
BH09/16	231	232	80	3	1.5	3	13.3	BH14/16	225	226	100	6	2	6	4.2
BH09/16	232	233	100	3	1.5	3	16.7	BH14/16	226	227	90	6	3	1	45.0
BH09/16	233	234	100	3	1.5	3	16.7	BH14/16	227	228	85	6	3	1	42.5
BH09/16	234	235	100	3	1.5	3	16.7	BH14/16	228	229	100	6	2	1	25.0
BH09/16	235	236	100	1	2	1	200.0	BH14/16	229	230	100	3	3	4	25.0
BH09/16	236	237	100	1	2	1	200.0	BH14/16	230	231	100	3	3	4	25.0
BH09/16	237	238	100	1	2	1	200.0	BH14/16	231	232	100	3	3	4	25.0
BH09/16	238	239	90	2	2	1	90.0	BH14/16	232	233	100	3	3	4	25.0
BH09/16	239	240	100	2	1.5	2	37.5	BH14/16	233	234	100	3	3	4	25.0
BH09/16	240	241	100	3	1.5	2	25.0	BH14/16	234	235	100	6	2	2	12.5
BH09/16	241	242	100	3	1.5	2	25.0	BH14/16	235	236	100	6	2	2	12.5
BH09/16	242	243	100	3	1.5	2	25.0	BH14/16	236	237	100	6	2	2	12.5
BH09/16	243	244	70	3	1.5	2	17.5	BH14/16	237	238	85	6	2	1	21.3
BH09/16	244	245	100	3	1.5	1	50.0	BH14/16	238	239	90	6	2	1	22.5
BH09/16	245	246	100	1	3	1	300.0	BH14/16	239	240	100	3	2	1	50.0
BH09/16	246	247	100	2	1.5	1	75.0	BH14/16	240	241	100	3	2	1	50.0
BH09/16	247	248	100	1	3	1	300.0	BH14/16	241	242	90	3	2	1	45.0
BH09/16	248	249	100	2	1.5	1	75.0	BH14/16	242	243	90	3	2	1	45.0
BH09/16	249	250	100	2	1.5	1	75.0	BH14/16	243	244	60	3	2	2	15.0
BH09/16	250	251	100	6	1.5	1	25.0	BH14/16	244	245	100	3	2	6	8.3
BH09/16	251	252	90	6	1.5	1	22.5	BH14/16	245	246	100	3	2	1	50.0
BH09/16	252	253	80	6	1.5	1	20.0	BH14/16	246	247	100	3	2	1	50.0
BH09/16	253	254	75	6	1.5	1	18.8	BH14/16	247	248	100	3	2	1	50.0
BH09/16	254	255	80	6	1.5	1	20.0	BH14/16	248	249	100	3	2	1	50.0
BH09/16	255	256	90	4	3	1	67.5	BH14/16	249	250	95	3	2	8	5.9
BH09/16	256	257	90	4	1.5	1	33.8	BH14/16	250	251	100	3	2	1	50.0

## Vedlegg B - Metode

BH09/16	257	258	100	2	1.5	2	37.5	BH14/16	251	252	90	3	2	8	5.6
BH09/16	258	259	100	2	1.5	1	75.0	BH14/16	252	253	100	3	2	1	50.0
BH09/16	259	260	90	4	2	2	22.5	BH14/16	253	254	100	3	2	4	12.5
BH09/16	260	261	80	6	1	2	6.7	BH14/16	254	255	100	3	3	4	25.0
BH09/16	261	262	100	6	1	2	8.3	BH14/16	255	256	100	3	3	4	25.0
BH09/16	262	263	100	6	1	2	8.3	BH14/16	256	257	100	3	3	4	25.0
BH09/16	263	264	100	6	1	2	8.3	BH14/16	257	258	100	3	3	4	25.0
BH09/16	264	265	70	6	1	8	1.5	BH14/16	258	259	90	3	3	4	22.5
BH09/16	265	266	90	3	2	3	20.0	BH14/16	259	260	100	3	3	4	25.0
BH09/16	266	267	100	4	1.5	1	37.5	BH14/16	260	261	100	3	3	4	25.0
BH09/16	267	268	90	4	2	1	45.0	BH14/16	261	262	100	3	3	4	25.0
BH09/16	268	269	100	1	2	1	200.0	BH14/16	262	263	100	3	3	4	25.0
BH09/16	269	270	100	2	1.5	1	75.0	BH14/16	263	264	100	3	3	4	25.0
BH09/16	270	271	100	3	1	1	33.3	BH14/16	264	265	100	6	3	2	25.0
BH09/16	271	272	100	3	1	1	33.3	BH14/16	265	266	100	6	3	2	25.0
BH09/16	272	273	100	3	1	1	33.3	BH14/16	266	267	100	6	3	2	25.0
BH09/16	273	274	85	3	1	2	14.2	BH14/16	267	268	90	6	3	2	22.5
BH09/16	274	275	70	3	1	2	11.7	BH14/16	268	269	100	6	3	2	25.0
BH09/16	275	276	100	1	2	1	200.0	BH14/16	269	270	100	6	2	2	12.5
BH09/16	276	277	75	6	2	2	12.5	BH14/16	270	271	90	6	2	1	22.5
BH09/16	277	278	60	4	1.5	2	11.3	BH14/16	271	272	90	6	2	1	22.5
BH09/16	278	279	85	4	1.5	2	15.9	BH14/16	272	273	95	6	2	1	23.8
BH09/16	279	280	95	4	1.5	2	17.8	BH14/16	273	274	100	6	2	1	25.0
BH09/16	280	281	25	6	1	2	2.1	BH14/16	274	275	100	6	2	1	25.0
BH09/16	281	282	60	6	1	2	5.0	BH14/16	275	276	64	6	2	1	16.0
BH09/16	282	283	75	6	1	2	6.3	BH14/16	276	277	20	6	2	1	5.0
BH09/16	283	284	40	6	1	2	3.3	BH14/16	277	278	100	6	2	1	25.0
BH09/16	284	285	50	6	1	2	4.2	BH14/16	278	279	95	6	2	4	5.9
BH09/16	285	286	70	6	1.5	2	8.8	BH14/16	279	280	100	6	3	1	50.0
BH09/16	286	287	75	4	1.5	2	14.1	BH14/16	280	281	100	6	3	1	50.0
BH09/16	287	288	80	3	1.5	1	40.0	BH14/16	281	282	100	6	3	2	25.0
BH09/16	288	289	100	3	2	2	33.3	BH14/16	282	283	100	6	3	1	50.0
BH09/16	289	290	70	6	2	2	11.7	BH14/16	283	284	100	6	3	1	50.0
BH09/16	290	291	95	6	1.5	2	11.9	BH14/16	284	285	100	6	3	1	50.0
BH09/16	291	292	100	6	1.5	6	4.2	BH14/16	285	286	100	6	3	1	50.0
BH09/16	292	293	100	6	1.5	3	8.3	BH14/16	286	287	100	6	3	6	8.3
BH09/16	293	294	100	6	1.5	1	25.0	BH14/16	287	288	100	6	3	4	12.5
BH09/16	294	295	100	6	1.5	1	25.0	BH14/16	288	289	100	6	3	4	12.5
BH09/16	295	296	100	1	2	1	200.0	BH14/16	289	290	90	6	3	4	11.3
BH09/16	296	297	85	2	2	4	21.3	BH14/16	290	291	100	6	3	4	12.5
BH09/16	297	298	100	1	4	3	266.7	BH14/16	291	292	100	6	3	4	12.5
BH09/16	298	299	100	1	4	3	266.7	BH14/16	292	293	100	6	3	4	12.5

## Vedlegg B - Metode

BH09/16	299	300	95	2	3	2	71.3
BH09/16	300	301	100	3	3	1	100.0
BH09/16	301	302	90	3	3	1	90.0
BH09/16	302	303	100	3	3	1	100.0
BH09/16	303	304	100	3	3	1	100.0
BH09/16	304	305	100	3	3	1	100.0
BH09/16	305	306	100	4	3	1	75.0
BH09/16	306	307	100	4	3	1	75.0
BH09/16	307	308	100	4	3	1	75.0
BH09/16	308	309	90	4	3	2	33.8
BH09/16	309	310	100	4	3	1	75.0
BH09/16	310	311	100	1	3	1	300.0
BH09/16	311	312	100	1	3	1	300.0
BH09/16	312	313	100	2	3	2	75.0
BH09/16	313	314	100	2	3	2	75.0
BH09/16	314	315	100	3	3	1	100.0
BH09/16	315	316	100	4	1.5	2	18.8
BH09/16	316	317	85	4	1.5	1	31.9
BH09/16	317	318	100	4	1.5	1	37.5
BH09/16	318	319	100	4	1.5	1	37.5
BH09/16	319	320	100	4	1.5	1	37.5
BH09/16	320	321	95	2	1.5	1	71.3
BH09/16	321	322	90	2	1.5	2	33.8
BH09/16	322	323	100	2	2	2	50.0
BH09/16	323	324	100	3	2	2	33.3
BH09/16	324	325	100	2	1	2	25.0
BH09/16	325	326	75	4	1	2	9.4
BH09/16	326	327	85	4	1	2	10.6
BH09/16	327	328	95	4	1	1	23.8
BH09/16	328	329	85	4	1	2	10.6
BH09/16	329	330	95	4	1	1	23.8
BH09/16	330	331	90	9	1.5	1	15.0
BH09/16	331	332	100	2	2	1	100.0
BH09/16	332	333	100	4	1	1	25.0
BH09/16	333	334	100	2	2	2	50.0
BH09/16	334	335	100	2	1.5	1	75.0
BH09/16	335	336	80	6	1	2	6.7
BH09/16	336	337	30	6	1	2	2.5
BH09/16	337	338	45	6	1	2	3.8
BH09/16	338	339	30	6	1	3	1.7
BH09/16	339	340	70	6	1	2	5.8
BH09/16	340	341	90	4	1.5	2	16.9
BH14/16	293	294	100	6	3	4	12.5
BH14/16	294	295	100	6	3	4	12.5
BH14/16	295	296	100	6	2	4	6.3
BH14/16	296	297	100	6	2	4	6.3
BH14/16	297	298	100	6	2	4	6.3
BH14/16	298	299	100	6	2	4	6.3
BH14/16	299	300	90	6	2	1	22.5
BH14/16	300	301	95	6	2	1	23.8

## Vedlegg B - Metode

---

BH09/16	341	342	100	2	1.5	2	37.5
BH09/16	342	343	90	2	2	2	45.0
BH09/16	343	344	75	9	1	3	2.8
BH09/16	344	345	65	9	1.5	2	5.4
BH09/16	345	346	80	6	1.5	1	20.0
BH09/16	346	347	75	6	1.5	3	6.3
BH09/16	347	348	60	6	1.5	3	5.0
BH09/16	348	349	60	6	1.5	6	2.5
BH09/16	349	350	95	6	1.5	1	23.8
BH09/16	350	351	100	6	1.5	1	25.0

## Kjerneboringer, avviksmåling

Tabell B.2: Avviksmålinger brukt i Leapfrog (NAA 2017a; 2017b; 2017c; 2018b; 2018c).

ID	Avst.	Az.	Dip	ID	Avst.	Az.	Dip	ID	Avst.	Az.	Dip
BH02/16	0	0.99	35.46	K02	3	157.45	89.78	K03	4	339.85	79.82
BH02/16	2	357.38	34.4	K02	6	185.19	89.48	K03	7	338.37	79.88
BH02/16	5	357.38	34.4	K02	9	207.87	89.51	K03	10	337.66	79.9
BH02/16	8	286.28	34.44	K02	12	197.28	89.51	K03	13	337.45	79.87
BH02/16	11	281.8	34.45	K02	15	256.92	89.53	K03	16	337.23	79.82
BH02/16	14	280.75	34.4	K02	18	194.16	89.58	K03	19	339.48	79.76
BH02/16	17	280.69	34.34	K02	21	208.75	89.72	K03	22	338.97	79.8
BH02/16	20	280.44	34.41	K02	24	191.11	89.67	K03	25	338.48	79.83
BH02/16	23	280.44	34.38	K02	27	200.46	89.64	K03	28	338.09	79.78
BH02/16	26	280.45	34.28	K02	30	195.79	89.59	K03	31	338.26	79.75
BH02/16	29	280.5	34.27	K02	33	215.05	89.75	K03	34	338.5	79.78
BH02/16	32	280.36	34.32	K02	36	200.63	89.74	K03	37	337.9	79.8
BH02/16	35	280.24	34.35	K02	39	186.21	89.42	K03	40	337.95	79.85
BH02/16	38	280.23	34.31	K02	42	163.67	89.57	K03	43	337.97	79.90
BH02/16	41	280.14	34.26	K02	45	175.02	89.58	K03	46	337.46	79.88
BH02/16	44	279.47	34.25	K02	48	164.14	89.53	K03	49	337.8	79.89
BH02/16	47	281.01	34.26	K02	51	178.69	89.47	K03	52	337.84	79.86
BH02/16	50	281.31	34.48	K02	54	132.2	88.93	K03	55	337.64	79.95
BH02/16	53	281.22	34.16	K02	57	178.00	89.18	K03	58	337.29	79.95
BH02/16	56	281.36	34.22	K02	60	178.35	89.36	K03	61	337.05	80.05
BH02/16	59	281.04	34.24	K02	63	179.19	89.16	K03	64	338.69	80.03
BH02/16	62	280.41	34.32	K02	66	185.58	89.12	K03	67	338.02	80.00
BH02/16	65	280.53	34.51	K02	69	191.68	89.19	K03	70	338.2	80.01
BH02/16	68	282.1	34.61	K02	72	184.32	89.12	K03	73	339.09	80.07
BH02/16	71	283.25	34.73	K02	75	192.04	89.08	K03	76	338.78	80.07
BH02/16	74	285.83	34.78	K02	78	194.7	89.04	K03	79	338.67	80.05
BH02/16	77	280.27	34.88	K02	81	189.9	89.14	K03	82	338.28	80.09
BH02/16	80	285.92	34.94	K02	84	178.99	89.01	K03	85	336.85	80.05
BH02/16	83	279.77	35.04	K02	87	189.13	89.05	K03	88	337.95	80.07
BH02/16	86	285.61	35.15	K02	90	189.45	89.21	K03	91	337.74	80.03
BH02/16	89	285.43	35.15	K02	93	198.55	89.01	K03	94	337.45	80.00
BH02/16	92	247.47	45.95	K02	96	206.19	89.31	K03	97	337.61	79.97
BH02/16	95	280.46	35.38	K02	99	210.73	89.15	K03	100	337.7	80.02
BH02/16	98	282.15	35.53	K02	102	196.76	89.17	K03	103	337.61	80.08
BH02/16	101	292.04	35.68	K02	105	191.51	89.08	K03	106	338.56	80.06
BH02/16	104	274.2	35.78	K02	108	203.27	88.61	K03	109	336.52	80.13

## Vedlegg B - Metode

BH02/16	107	277.87	35.9	K02	111	212.31	89.07	K03	112	336.36	80.23
BH02/16	110	278.39	36.03	K02	114	202.72	89.2	K03	115	336.84	80.25
BH02/16	113	278.68	36.03	K02	117	204.39	89.18	K03	118	335.91	80.37
BH02/16	116	278.86	36.18	K02	120	198.5	89.14	K03	121	335.8	80.41
BH02/16	119	278.95	36.32	K02	123	206.32	89.24	K03	124	335.42	80.48
BH02/16	122	279.82	36.28	K02	126	187.66	89.42	K03	127	335.38	80.53
BH02/16	125	279.7	36.45	K02	129	208.43	89.5	K03	130	335.87	80.59
BH02/16	128	279.3	36.51	K02	132	162.11	89.63	K03	133	336.25	80.62
BH02/16	131	279.24	36.55	K02	135	209.54	89.5	K03	136	337.29	80.61
BH02/16	134	279.58	36.58	K02	138	186.59	89.6	K03	139	335.55	80.59
BH02/16	137	279.73	36.64	K02	141	176.05	89.37	K03	142	337.75	80.62
BH02/16	140	279.83	36.63	K02	144	185.13	89.76	K03	145	336.68	80.85
BH02/16	143	279.79	36.64	K02	147	188.39	89.78	K03	148	336.11	80.74
BH02/16	146	279.79	36.78	K02	150	184.63	89.63	K03	151	336.28	80.8
BH02/16	149	279.66	36.98	K02	153	164.48	89.68	K03	154	336.15	80.8
BH02/16	152	279.42	37.01	K02	156	185.51	89.73	K03	157	336.04	80.79
BH02/16	155	279.31	36.81	K02	159	197.11	89.75	K03	160	336.62	80.78
BH02/16	158	278.86	37.14	K02	162	156.83	89.81	K03	163	337.3	80.89
BH02/16	161	279.45	37.17	K02	165	153.11	89.66	K03	166	337.81	80.88
BH02/16	164	279.83	37.16	K02	168	154.78	89.49	K03	169	338.44	80.9
BH02/16	167	276.51	37.23	K02	171	154.89	89.44	K03	172	339.08	80.88
BH02/16	170	277.67	37.2					K03	175	339.66	80.86
BH02/16	173	278.19	36.5					K03	178	340.14	80.87
BH02/16	176	278.72	37.23					K03	181	340.43	80.91
BH02/16	179	278.4	37.33					K03	184	340.81	80.93
BH02/16	182	278.57	36.97					K03	187	341.45	80.88
								K03	190	341.63	80.87
								K03	193	341.25	80.92
								K03	196	340.24	80.96

ID	Avst.	Az.	Dip
BH09/16	0	45.46	20.71
BH09/16	3	45.49	34.57
BH09/16	6	45.49	34.67
BH09/16	9	45.51	27.30
BH09/16	12	45.42	55.36
BH09/16	15	45.46	64.85
BH09/16	18	45.52	66.62
BH09/16	21	45.58	67.27
BH09/16	24	45.60	67.73
BH09/16	27	45.60	67.32
BH09/16	30	45.64	67.26

ID	Avst.	Az.	Dip
BH14/16	0	170.00	86.06
BH14/16	6	170.00	85.82
BH14/16	9	170.58	86.00
BH14/16	12	164.22	86.22
BH14/16	15	171.13	85.96
BH14/16	18	173.01	85.98
BH14/16	21	172.49	85.97
BH14/16	24	172.79	85.93
BH14/16	27	173.28	86.10
BH14/16	30	176.55	86.04
BH14/16	33	175.20	86.02

## Vedlegg B - Metode

BH09/16	33	45.69	68.25	BH14/16	36	176.38	85.94
BH09/16	36	45.74	67.90	BH14/16	39	175.57	86.08
BH09/16	39	45.79	68.78	BH14/16	42	174.55	85.89
BH09/16	42	45.85	69.40	BH14/16	45	74.12	85.96
BH09/16	45	45.92	69.41	BH14/16	48	173.49	85.75
BH09/16	48	45.98	69.59	BH14/16	51	174.31	85.95
BH09/16	51	46.04	69.59	BH14/16	54	174.30	85.94
BH09/16	54	46.13	69.67	BH14/16	57	174.62	85.95
BH09/16	57	46.23	69.78	BH14/16	60	176.89	85.36
BH09/16	60	46.33	69.88	BH14/16	63	175.42	86.00
BH09/16	63	46.44	69.98	BH14/16	66	175.94	85.94
BH09/16	66	46.56	70.07	BH14/16	69	175.70	86.08
BH09/16	69	46.68	70.30	BH14/16	72	177.04	85.97
BH09/16	72	46.74	70.38	BH14/16	75	176.73	85.97
BH09/16	75	46.79	70.44	BH14/16	78	176.03	86.19
BH09/16	78	46.86	70.55	BH14/16	81	178.46	85.98
BH09/16	81	46.92	70.60	BH14/16	84	179.45	86.04
BH09/16	84	46.93	70.59	BH14/16	87	181.94	86.00
BH09/16	87	46.93	70.71	BH14/16	90	183.95	86.09
BH09/16	90	46.96	71.00	BH14/16	93	186.54	85.87
BH09/16	93	47.00	71.16	BH14/16	96	184.70	85.86
BH09/16	96	47.04	71.55	BH14/16	99	183.13	85.68
BH09/16	99	47.06	71.31	BH14/16	102	185.25	85.76
BH09/16	102	47.07	71.52	BH14/16	105	182.00	85.80
BH09/16	105	47.09	71.81	BH14/16	108	187.47	85.84
BH09/16	108	47.09	71.45	BH14/16	111	185.17	85.50
BH09/16	111	47.10	71.12	BH14/16	114	183.14	85.80
BH09/16	114	47.17	71.14	BH14/16	117	186.75	85.96
BH09/16	117	47.25	71.54	BH14/16	120	186.11	85.89
BH09/16	120	47.18	71.51	BH14/16	123	184.87	85.77
BH09/16	123	47.21	71.64	BH14/16	126	184.40	85.63
BH09/16	126	47.22	71.49	BH14/16	129	180.39	85.74
BH09/16	129	47.23	71.29	BH14/16	132	182.22	85.73
BH09/16	132	47.26	71.51	BH14/16	135	181.70	85.73
BH09/16	135	47.30	72.16	BH14/16	138	181.26	85.73
BH09/16	138	47.43	71.95	BH14/16	141	182.95	85.75
BH09/16	141	47.33	72.12	BH14/16	144	181.97	85.77
BH09/16	144	47.37	71.65	BH14/16	147	183.44	85.74
BH09/16	147	47.44	71.66	BH14/16	150	184.08	86.13
BH09/16	150	47.45	71.85	BH14/16	153	182.59	85.71
BH09/16	153	47.46	72.46	BH14/16	156	184.32	85.73
BH09/16	156	47.46	72.57	BH14/16	159	182.43	85.72



## Vedlegg B - Metode

BH09/16	159	47.41	72.69	BH14/16	162	184.75	85.79
BH09/16	162	47.34	72.30	BH14/16	165	182.37	85.87
BH09/16	165	47.23	71.27	BH14/16	168	185.62	85.93
BH09/16	168	47.23	72.54	BH14/16	171	182.75	85.87
BH09/16	171	47.15	73.50	BH14/16	174	184.40	85.94
BH09/16	174	47.07	72.08	BH14/16	177	184.66	85.98
BH09/16	177	47.07	73.99	BH14/16	180	184.41	85.96
BH09/16	180	47.05	73.78	BH14/16	183	185.00	86.01
BH09/16	183	47.05	73.80	BH14/16	186	185.09	86.02
BH09/16	186	47.07	74.35	BH14/16	189	185.09	85.95
BH09/16	189	47.08	74.74	BH14/16	192	185.02	86.14
BH09/16	192	47.04	74.42	BH14/16	195	184.62	86.05
BH09/16	195	47.04	74.34	BH14/16	198	185.21	86.09
BH09/16	198	47.03	74.08	BH14/16	201	185.79	86.04
BH09/16	201	46.98	74.91	BH14/16	204	186.70	86.10
BH09/16	204	46.92	74.79	BH14/16	207	187.23	86.12
BH09/16	207	46.98	75.35	BH14/16	210	186.61	86.13
BH09/16	210	46.80	74.63	BH14/16	213	189.15	86.21
BH09/16	213	46.78	75.55	BH14/16	216	188.98	86.22
BH09/16	216	46.75	75.84	BH14/16	219	189.19	86.22
BH09/16	219	46.73	75.93	BH14/16	222	188.34	86.20
BH09/16	222	46.70	76.47	BH14/16	225	188.36	86.27
BH09/16	225	46.71	76.61	BH14/16	228	187.61	86.17
BH09/16	228	46.70	77.22	BH14/16	231	190.16	86.24
BH09/16	231	46.69	76.74	BH14/16	234	190.03	86.23
BH09/16	234	46.66	77.02	BH14/16	237	189.06	86.20
BH09/16	237	46.62	77.41	BH14/16	240	188.19	86.23
BH09/16	240	46.64	77.01	BH14/16	243	189.82	86.25
BH09/16	243	46.57	76.41	BH14/16	246	190.05	86.26
BH09/16	246	46.56	76.04	BH14/16	249	189.43	86.22
BH09/16	249	46.55	78.29	BH14/16	252	189.73	86.23
BH09/16	252	46.55	77.79	BH14/16	255	190.16	86.24
BH09/16	255	46.60	77.06	BH14/16	258	190.23	96.23
BH09/16	258	46.63	78.13	BH14/16	261	190.48	86.21
BH09/16	261	46.69	77.33	BH14/16	264	190.52	86.22
BH09/16	264	46.73	80.38	BH14/16	267	191.00	86.23
BH09/16	267	46.77	78.49	BH14/16	270	190.14	86.28
BH09/16	270	46.77	78.56	BH14/16	273	191.77	86.26
BH09/16	273	46.77	78.46	BH14/16	276	190.39	86.20
BH09/16	276	46.80	78.48	BH14/16	279	191.27	86.24
BH09/16	279	46.76	80.16	BH14/16	282	193.31	86.20
BH09/16	282	46.76	78.65	BH14/16	285	191.49	86.19

## Vedlegg B - Metode

---

BH09/16	285	46.73	77.69	BH14/16	288	191.87	86.21
BH09/16	288	46.77	76.66	BH14/16	291	191.59	86.22
BH09/16	291	46.91	79.10	BH14/16	294	191.94	86.21
BH09/16	294	46.91	79.61	BH14/16	297	191.55	86.22
BH09/16	297	46.81	79.61	BH14/16	300	190.18	86.16
BH09/16	300	46.74	79.43				
BH09/16	303	46.71	80.06				
BH09/16	306	46.71	79.07				
BH09/16	309	46.66	78.94				
BH09/16	312	46.65	81.05				
BH09/16	315	46.62	82.58				
BH09/16	318	46.60	80.09				
BH09/16	321	46.61	79.17				
BH09/16	324	46.64	80.13				
BH09/16	327	46.58	81.05				
BH09/16	330	46.61	80.19				
BH09/16	333	46.61	81.37				
BH09/16	336	46.72	78.50				
BH09/16	339	46.60	81.63				
BH09/16	342	46.54	82.02				
BH09/16	345	46.46	81.75				
BH09/16	348	46.34	81.18				

---

## Vedlegg C - Resultater

---

---

## Netto inndrift

**Tabell C.1: Inngangsparametere brukt i Tunsim for beregning av netto inndrift.**

<i>Parameter</i>		<i>Asker- gruppe n Q=2,5</i>	<i>Asker- gruppe n Q=0,2</i>	<i>Forkast- ning Q=0,05</i>	<i>Basalt Q=0,4</i>	<i>Basalt Q=12</i>	<i>RP8 Q=16</i>	<i>Forkast- ning Q=0,2</i>	<i>RP8 Q=2</i>
<b><i>Tunneldata</i></b>									
Tverrsnitt	[m <sup>2</sup> ]	83	91,2	99,4	83	83	120	120	120
Tunnellengde	[m]	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000
Borehullslengde	[m]	5	3	3	5	5	5	3	5
Borehulldiameter	[mm]	48	48	48	48	48	48	48	48
Diameter, store borehull	[mm]	102	102	102	102	102	102	102	102
<b><i>Bergdata</i></b>									
Borsynkindeksen, DRI		50	50	50	74	74	56	56	56
Borbarhet		Medium	Medium	Medium	God	God	Medium	Medium	Medium
Sprengbarhet, SPR		Medium	Medium	Medium	God	God	God	God	God
VHNR		133	133	133	720	720	775	775	775
<b><i>Generelt</i></b>									
Ferdighetsnivå		Høyt	Høyt	Høyt	Høyt	Høyt	Høyt	Høyt	Høyt
Excavation method		Sporløs	Sporløs	Sporløs	Sporløs	Sporløs	Sporløs	Sporløs	Sporløs
<b><i>Boring og ladning</i></b>									
Type borhammer		COP 1838	COP 1838	COP 1838	COP 1838	COP 1838	COP 1838	COP 1838	COP 1838
Antall borhamre	[stk]	4	4	4	4	4	4	4	4
Type sprengstoff		Emulsjon	Emulsjon	Emulsjon	Emulsjon	Emulsjon	Emulsjon	Emulsjon	Emulsjon
<b><i>Lasting og transport</i></b>									
Maskin, lasting		Cat 988G	Cat 988G	Cat 988G	Cat 988G	Cat 988G	Cat 988G	Cat 988G	Cat 988G
Maskin, transport		Dump truck	Dump truck	Dump truck	Dump truck	Dump truck	Dump truck	Dump truck	Dump truck
<b><i>Sprengdesign</i></b>									
Antall borehull	[stk]	100	107	113	120	120	159	166	159

## Vedlegg C - Resultater

Korreksjon for boret lengde		1	0,91	0,91	1	1	1	0,91	1
Antall store borehull	[stk]	3	1	1	3	3	3	1	3
<b>Boring og ladning</b>									
Inntrengningshastighet for 45 mm borehull	[cm/min]	218	218	218	264	264	210	210	210
Korreksjon for borehulls-diameter	[%]	100	100	100	100	100	100	100	100
Korreksjon for store borehull	[%]	44	44	44	44	44	44	44	44
Forflytning per hull	[min]	0,75	0,70	0,70	0,75	0,75	0,75	0,70	0,75
Stangskjøting		Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei
Tid for stangskjøring	[min]	0	0	0	0	0	0	0	0
Faktor for bytting av borkrone		0,005	0,005	0,005	0,034	0,034	0,038	0,038	0,038
Faktor for mangel på samtidighet		0,023	0,021	0,019	0,03	0,03	0,018	0,018	0,018
Antall ladde linjer	[stk]	3	3	3	3	3	3	3	3
Ladetid	[min]	54	56	58	60	60	74	76	74
Korreksjon borelengde		1	0,82	0,82	1	1	1	0,82	1
Bruk av "service platform on drilling jumbo" for lading		Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Riggetid	[min]	18,5	19	20	18,5	18,5	22,5	23	22,5
<b>Ventilering</b>									
Ventilasjonspause	[min]	16	18	19	16	16	23,8	25	23,8
<b>Lasting og transport</b>									
Normalisert brutto lastekapasitet	[asm <sup>3</sup> / time]	214	214	214	214	214	214	214	214
Faktor for overmasse, ekskl. nisjer		1,148	1,148	1,148	1,148	1,148	1,146	1,146	1,146
Inndrift per runde, pull	[%]	91	91	91	91	91	91	91	91
Riggetid	[min]	22,5	24	25,5	22,5	22,5	30	32	30
<b>Rensk</b>									
Bruk av renskmaskin		Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Tid for driftrensk	[min]	64	69	74	39	39	119	124	119
Korreksjon for boret lengde		1	0,82	0,82	1	1	1	0,82	1

## Vedlegg C - Resultater

<b>Tid for utgraving</b>									
Time per skift	[time/ skift]	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1
Antall skift per dag	[skift/ dag]	2	2	2	2	2	2	2	2
Antall dager i uka	[dag/ uke]	5	5	5	5	5	5	5	5
Arbeidstimer per uke	[time /uke]	101	101	101	101	101	101	101	101
Antall uker per år	[uke /år]	44	44	44	44	44	44	44	44
<b>Output</b>									
Faktisk volum per runde	[m <sup>3</sup> ]	433.5	285.82	311.52	433.5	433.5	641.4	412.03	641.4
Netto rundesyklus	[min/ salve]	429,4	322,3	343,4	416,8	416,8	653,7	492,3	653,7
<b>Netto ukentlig inndrift</b>	<b>[m/ uke]</b>	<b>64,2</b>	<b>51,3</b>	<b>48,2</b>	<b>66,2</b>	<b>66,2</b>	<b>42,2</b>	<b>33,8</b>	<b>42,2</b>

## Brutto inndrift

**Tabell C.2: Utregning av brutto inndrift for strekning A for 101 timers arbeidsuker.**

		Enhet	Asker gr.	Asker gr.	Asker gr.	Forkastn ing	Basalt	Basal t
	Q-verdi		<b>2.5</b>	<b>2.5</b>	<b>0.2</b>	<b>0.05</b>	<b>0.4</b>	<b>12</b>
	Pelnr.	[m]	18130 - 18190	18190 - 18205	18205 - 18225	18225 - 18270	18270 - 18290	1829 0 - 1838 0
	Lengde	[m]	60	15	20	45	20	90
	<b>Sonderboring, normale hull</b>							
	Hypighet	[hver x. salve]	3	5	5	5	5	3
lh	Antall boret meter	[m/x. salve]	25	25	25	25	25	25
Nh	Antall borehull	[stk/x. salve]	6	0	0	0	0	6
vh	Netto inntrengningshastighet	[cm/ min]	218	218	218	218	264	264
Trb	Riggetid	[min]	18.5	19	20	20	20	18.5
tst	Enhetstid. stangskjøting	[min]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
fk	Byttefrekvens. borekrone		0.005	0.005	0.005	0.005	0.034	0.034
tk	Enhetstid. bytting av borekrone	[min]	3	3	3	3	3	3
Nm	Antall borehamre	[stk]	4	4	4	4	4	4
tf	Forflytningstid per hull	[min]	0.75	0.7	0.7	0.7	0.7	0.75
fsa	Korrskjonefaktor for mangel på samtidighet		0.023	0.021	0.019	0.019	0.028	0.03
	Boretid	[min/x. salve]	23.09	0	0	0	0	26.33
	<b>Boretid, normale sonderhull</b>	[min/ salve]	<b>7.70</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8.78</b>



Vedlegg C - Resultater

<b>Sonderboring, ekstra hull</b>								
	Hyppighet	[hver x. salve]	1	1	1	1	1	1
lh	Antall boret meter	[m/salve]	4	4	4	4	4	4
Nh	Antall borehull	[stk/salve]	8	7	7	7	7	8
vh	Netto inntrengninshastighet	[cm/min]	218	218	218	218	264	264
Trb	Riggetid	[min]	18.5	19	20	20	20	18.5
tst	Enhetstid. stangskjøting	[min]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
fk	Byttefrekvens. borekrone		0.005	0.005	0.005	0.005	0.034	0.034
tk	Enhetstid. bytting av borekrone	[min]	3	3	3	3	3	3
Nm	Antall borehamre	[stk]	4	4	4	4	4	4
tf	Forflytningstid per hull	[min]	0.75	0.7	0.7	0.7	0.7	0.75
fsa	Korreksjonsfaktor for mangel på samtidighet		0.023	0.021	0.019	0.019	0.028	0.03
	<b>Boretid, ekstra sonderhull</b>	[min/salve]	<b>23.79</b>	<b>23.54</b>	<b>24.54</b>	<b>24.54</b>	<b>25.15</b>	<b>24.49</b>
<b>Forinjeksjon, boretid</b>								
	Hyppighet	[hver x. salve]	3	5	5	5	5	3
lh	Antall boret meter	[m/x. salve]	21	21	21	21	21	21
Nh	Antall borehull	[stk/x. salve]	0	35.48	37.18	37.18	37.18	0
vh	Netto inntrengninshastighet	[cm/min]	218	218	218	218	264	264
Trb	Riggetid	[min]	18.5	19	20	20	20	18.5
tst	Enhetstid. stangskjøting	[min]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
fk	Byttefrekvens. borekrone		0.005	0.005	0.005	0.005	0.034	0.034
tk	Enhetstid. bytting av borekrone	[min]	3	3	3	3	3	3
Nm	Antall borehamre	[stk]	4	4	4	4	4	4
tf	Forflytningstid per hull	[min]	0.75	0.7	0.7	0.7	0.7	0.75

Vedlegg C - Resultater

fs	Korreksjonsfaktor for mangel på		0.023	0.021	0.019	0.019	0.028	0.03
a	samtidighet							
	Boretid	[min/x. salve]	0	44.97	47.20	47.20	64.09	0
	<b>Boretid, injeksjonshull</b>	[min/ salve]	<b>0</b>	<b>8.99</b>	<b>9.44</b>	<b>9.44</b>	<b>12.82</b>	<b>0</b>
	<b>Injisering</b>							
	Hyppighet, injesering	[hver x. salve]	3	5	5	5	5	3
	Antall injeksjonshull	[stk/x. salve]	0	35.48	37.18	37.18	37.18	0
	Lengde injeksjonshull	[m/x. salve]	21	21	21	21	21	21
	Hyppighet, normale sonderhull	[hver x. salve]	3	5	5	5	5	3
	Antall normale sonderhull	[stk/x. salve]	6	0	0	0	0	6
	Lengde normale sonderhull	[m/x. salve]	25	25	25	25	25	25
	Hyppighet, ekstra sonderhull	[hver x. salve]	1	1	1	1	1	1
	Antall ekstra sonderhull	[stk/x. salve]	4	4	4	4	4	4
	Lengde ekstra sonderhull	[m/x. salve]	8	7	7	7	7	8
	Total lengde hull	[m/ salve]	82	177.02	184.16	184.16	184.16	82
	Masse	[kg/ m hull]	26.9	26.9	26.9	26.9	81	81
	Masse	[kg/ salve]	2205.8 0	4761.7 3	4953.8 0	4953.80	14916. 64	6642. 00
	Masse per min	[kg/mi n]	23.28	23.28	23.28	23.28	29.57	29.57
	Injeseringstid	[min/x. salve]	94.74	204.51	212.76	212.76	504.51	224.6 4
	<b>Injeseringstid</b>	[min/ salve]	<b>31.58</b>	<b>40.90</b>	<b>42.55</b>	<b>42.55</b>	<b>100.90</b>	<b>74.88</b>
	<b>Bolter, tung sikring</b>							

Vedlegg C - Resultater

c/c ansett buer	[m]	0	4.5	4.5	4.5	4.5	0
Antall buer	[stk/ salve]	0	0.67	0.67	0.67	0.67	0
Antall bolter	[stk/ bue]	0	23.65	24.79	24.79	24.79	0
Antall bolter	[stk/ salve]	0	15.77	16.53	16.53	16.53	0
Lengde bolter	[m]	4	4	4	4	4	4
Boltetid	[min/ m bolt]	12	12	12	12	12	12
<b>Boltetid, tung sikring</b>	[min/ salve]	<b>0</b>	<b>756.8</b>	<b>793.28</b>	<b>793.28</b>	<b>793.28</b>	<b>0</b>
<b>Bolter, forbolter</b>							
Hyppighet	[hver x. salve]	1	1	1	1	1	1
Antall forbolter	[stk/ salve]	0	53	124	124	124	0
Lengde forbolter	[m]	6	6	6	6	6	6
Boltetid	[min/ m bolt]	12	12	12	12	12	12
<b>Boltetid, forbolter</b>	[min/ salve]	<b>0</b>	<b>3816</b>	<b>8928</b>	<b>8928</b>	<b>8928</b>	<b>0</b>
<b>Bolter, arbeidssikring</b>							
Hyppighet	[hver x. salve]	1	1	1	1	1	1
Antall bolter	[stk/s alve]	15	15	15	15	15	15
Lengde bolter	[m]	4	4	4	4	4	4
Boltetid	[min/ m bolt]	12	12	12	12	12	12
<b>Boltetid, arbeidssikring</b>	[min/ salve]	<b>720</b>	<b>720</b>	<b>720</b>	<b>720</b>	<b>720</b>	<b>720</b>
<b>Sprøytebetong, tung sikring</b>							
c/c ansett buer	[m]	0	4.5	4.5	4.5	4.5	0
Antall buer	[stk/	0	0.67	0.67	0.67	0.67	0

Vedlegg C - Resultater

	<i>salve]</i>							
Volum sprøytebetong	<i>[m<sup>3</sup>/ bue]</i>	0	7.13	7.47	7.47	7.47	0	
Volum sprøytebetong	<i>[m<sup>3</sup>/ salve]</i>	0	4.75	4.98	4.98	4.98	0	
Total sprøytetid	<i>[time/ m<sup>3</sup>]</i>	0	0.12	0.115	0.115	0.115	0	
Total sprøytetid	<i>[min/ m<sup>3</sup>]</i>	0	7.2	6.9	6.9	6.9	0	
<b>Sprøytetid</b>	<i>[min/ salve]</i>	<b>0</b>	<b>34.22</b>	<b>34.36</b>	<b>34.36</b>	<b>34.36</b>	<b>0</b>	
<b>Sprøytebetong, arbeidssikring</b>								
Hypighet	<i>[hver x. salve]</i>	1	1	1	1	1	1	
Volum sprøytebetong	<i>[m<sup>3</sup>/ salve]</i>	12.890	7.944	8.274	8.274	8.274	12.890	
Sprøytetid	<i>[min/ m<sup>3</sup>]</i>	7.5	7.2	6.9	6.9	6.9	7.5	
<b>Sprøytetid</b>	<i>[min/ salve]</i>	<b>96.68</b>	<b>57.20</b>	<b>57.09</b>	<b>57.09</b>	<b>57.09</b>	<b>96.68</b>	
<b>Byggherrens halvtid</b>								
<b>Byggherrens halvtid</b>	<i>[min/ salve]</i>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	
<b>Netto inndrift</b>	<i>[min/ salve]</i>	<b>416.1</b>	<b>322.3</b>	<b>341</b>	<b>343.4</b>	<b>319.6</b>	<b>416.8</b>	
<b>Brutto inndrift</b>	<i>[min/ salve]</i>	<b>1325.8</b>	<b>5809.9</b>	<b>10980.</b>	<b>10982.66</b>	<b>11021.</b>	<b>1371.</b>	
		<b>4</b>	<b>6</b>	<b>26</b>		<b>20</b>	<b>63</b>	

**Tabell C.3: Utregning av brutto inndrift for strekning B for 101 timers arbeidsuker.**

		Enhet	RP8	RP8	Forkastning	RP8	RP8
	Q-verdi		<b>16</b>	<b>2</b>	<b>0.2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
	Pelnr.	[m]	28730 - 28840	18840 - 18850	28850 - 28860	28860 - 28840	28870 - 28980
	Lengde	[m]	110	10	10	10	110
	<b>Sonderboring, normale hull</b>						
	Hyppighet	[hver x. salve]	3	5	5	5	3
lh	Antall boret meter	[m/x. salve]	25	25	25	25	25
Nh	Antall borehull	[stk/x. salve]	6	0	0	0	6
vh	Netto inntrengninshastighet	[cm/min]	210	210	210	210	210
Tr b	Riggetid	[min]	22.5	23	23	23	22.5
tst	Enhetstid. stangskjøting	[min]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
fk	Byttefrekvens. borekrone		0.038	0.038	0.038	0.038	0.038
tk	Enhetstid. bytting av borekrone	[min]	3	3	3	3	3
N m	Antall borehamre	[stk]	4	4	4	4	4
tf	Forflytningstid per hull	[min]	0.75	0.7	0.7	0.7	0.75
fsa	Korrsksjonefaktor for mangel på samtidighet		0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
	Boretid	[min/x. salve]	30.80	0.00	0.00	0.00	30.80
	<b>Boretid, normale sonderhull</b>	[min/salve]	<b>10.27</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10.27</b>
	<b>Sonderboring, ekstra hull</b>						
	Hyppighet	[hver x. salve]	1	1	1	1	1
lh	Antall boret meter	[m/salve]	4	4	4	4	4
Nh	Antall borehull	[stk/salve]	8	7	7	7	8

Vedlegg C - Resultater

vh	Netto inntrengningshastighet	[cm/min]	210	210	210	210	210
Tr b	Riggetid	[min]	22.5	23	23	23	22.5
tst	Enhetstid. stangskjøting	[min]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
fk	Byttefrekvens. borekrone		0.038	0.038	0.038	0.038	0.038
tk	Enhetstid. bytting av borehrone	[min]	3	3	3	3	3
N m	Antall borehamre	[stk]	4	4	4	4	4
tf	Forflytningstid per hull	[min]	0.75	0.7	0.7	0.7	0.75
fsa	Korreksjonsfaktor for mangel på samtidighet		0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
	<b>Boretid, ekstra sonderhull</b>	[min/salve]	<b>28.58</b>	<b>28.23</b>	<b>28.23</b>	<b>28.23</b>	<b>28.58</b>
	<b>Forinjeksjon, boretid</b>						
	Hyppighet	[hver x. salve]	3	5	5	5	3
lh	Antall boret meter	[m/x. salve]	21	21	21	21	21
Nh	Antall borehull	[stk/x. salve]	0	45.86	45.68	45.68	0
vh	Netto inntrengningshastighet	[cm/min]	210	210	210	210	210
Tr b	Riggetid	[min]	22.5	23	23	23	22.5
tst	Enhetstid. stangskjøting	[min]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
fk	Byttefrekvens. borekrone		0.038	0.038	0.038	0.038	0.038
tk	Enhetstid. bytting av borehrone	[min]	3	3	3	3	3
N m	Antall borehamre	[stk]	4	4	4	4	4
tf	Forflytningstid per hull	[min]	0.75	0.7	0.7	0.7	0.75
fsa	Korreksjonefaktor for mangel på samtidighet		0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
	Boretid	[min/x. salve]	0.00	80.42	80.20	80.20	0.00
	<b>Boretid, injeksjonshull</b>	[min/salve]	<b>0.00</b>	<b>16.08</b>	<b>16.04</b>	<b>16.04</b>	<b>0.00</b>
	<b>Injisering</b>						
	Hyppighet, injesering	[hver x. salve]	3	5	5	5	3

Vedlegg C - Resultater

Antall injeksjonshull	[stk/x. salve]	0	44.08	44.08	44.08	0
Lengde injeksjonshull	[m/x. salve]	21	21	21	21	21
Hyppighet, normale sonderhull	[hver x. salve]	3	5	5	5	3
Antall normale sonderhull	[stk/x. salve]	6	0	0	0	6
Lengde normale sonderhull	[m/x. salve]	25	25	25	25	25
Hyppighet, ekstra sonderhull	[hver x. salve]	1	1	1	1	1
Antall ekstra sonderhull	[stk/x. salve]	4	4	4	4	4
Lengde ekstra sonderhull	[m/x. salve]	8	7	7	7	8
Total lengde hull	[m/ salve]	82	213.136	213.136	213.136	82
Masse	[kg/ m hull]	81	81	81	81	81
Masse	[kg/ salve]	6642.00	17264.02	17264.02	17264.02	6642.00
Masse per min	[kg/ min]	29.57	29.57	29.57	29.57	29.57
Injeseringstid	[min/x. salve]	224.64	583.90	583.90	583.90	224.64
<b>Injeseringstid</b>	[min/ salve]	<b>74.88</b>	<b>116.78</b>	<b>116.78</b>	<b>116.78</b>	<b>74.88</b>
<b>Bolter, tung sikring</b>						
c/c ansett buer	[m]	0	3.5	3.5	3.5	0
Antall buer	[stk/ salve]	0	0.85714286	0.857142857	0.85714286	0
Antall bolter	[stk/ bue]	0	29.39	29.39	29.39	0
Antall bolter	[stk/ salve]	0	25.1914286	25.19142857	25.1914286	0
Lengde bolter	[m]	5	5	5	5	5
Boltetid	[min/ m bolt]	12	12	12	12	12
<b>Boltetid, tung sikring</b>	[min/ salve]	<b>0</b>	<b>1511.48571</b>	<b>1511.485714</b>	<b>1511.48571</b>	<b>0</b>
<b>Bolter, forbolter</b>						

Vedlegg C - Resultater

Hyppighet	[hver x. salve]	1	1	1	1	1
Antall forbolter	[stk/salve]	0	77	77	77	0
Lengde forbolter	[m]	6	6	6	6	6
Boltetid	[min/m bolt]	12	12	12	12	12
<b>Boltetid, forbolter</b>	[min/salve]	<b>0</b>	<b>5544</b>	<b>5544</b>	<b>5544</b>	<b>0</b>
<b>Bolter, arbeidssikring</b>						
Hyppighet	[hver x. salve]	1	1	1	1	1
Antall bolter	[stk/salve]	15	15	15	15	15
Lengde bolter	[m]	5	5	5	5	5
Boltetid	[min/m bolt]	12	12	12	12	12
<b>Boltetid, arbeidssikring</b>	[min/salve]	<b>900</b>	<b>900</b>	<b>900</b>	<b>900</b>	<b>900</b>
<b>Sprøytebetong, tung sikring</b>						
c/c ansett buer	[m]	0	3.5	3.5	3.5	0
Antall buer	[stk/salve]	0	0.85714286	0.857142857	0.85714286	0
Volum sprøytebetong	[m <sup>3</sup> /bue]	0	8.86	8.86	8.86	0
Volum sprøytebetong	[m <sup>3</sup> /salve]	0	7.59428571	7.594285714	7.59428571	0
Total sprøytetid	[time/m <sup>3</sup> ]	0	0.115	0.115	0.115	0
Total sprøytetid	[min/m <sup>3</sup> ]	0	6.9	6.9	6.9	0
<b>Sprøytetid</b>	[min/salve]	<b>0.00</b>	<b>52.40</b>	<b>52.40</b>	<b>52.40</b>	<b>0.00</b>
<b>Sprøytebetong, arbeidssikring</b>						
Hyppighet	[hver x. salve]	1	1	1	1	1
Volum sprøytebetong	[m <sup>3</sup> /salve]	13.790	8.844	8.844	8.844	13.790
Sprøytetid	[min/	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9



Vedlegg C - Resultater

		<i>m<sup>3</sup></i>					
<b>Sprøytetid</b>		<i>[min/salve]</i>	<b>95.15</b>	<b>61.02</b>	<b>61.02</b>	<b>61.02</b>	<b>95.15</b>
<b>Byggherrens halvtime</b>							
<b>Byggherrens halvtime</b>		<i>[min/salve]</i>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
<b>Netto inndrift</b>		<i>[min/salve]</i>	<b>653.7</b>	<b>492.3</b>	<b>492.3</b>	<b>492.3</b>	<b>653.7</b>
<b>Brutto inndrift</b>		<i>[min/salve]</i>	<b>1792.58</b>	<b>8752.30</b>	<b>8752.26</b>	<b>8752.26</b>	<b>1792.58</b>

