

KORTREIST
STEIN

Rapport

Håndtering av lokale masser ved Veidekkes prosjekt E39 Svegatjørn-Rådal, K10 Svegatjørn- Fanavegen

Erfaringsrapport

Forfattere

Torun Rise (SINTEF Community)

Reidar Steinsland (Veidekke)

Dato	Versjon	Dokumentnummer
2019-09-26	1.0	008

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
0.1	2019-06-12	Utkast
0.2	2019-07-05	Revidert utkast
1.0	2019-09-26	Endelig rapport



Innholdsfortegnelse

Forord.....	4
Sammendrag norsk.....	5
Summary in English	6
1 Innledning.....	7
1.1 Prosjektet i tall.....	7
1.1 Prosjektets relevans for Kortreist stein og andre lignende prosjekter	7
2 Bakgrunn	8
3 Kvav til vegoppbygging.....	9
4 Arbeidsmetodikk	11
4.1 Monitorering av boredata (MWD)	11
4.2 Prøvetaking.....	12
4.3 Mekanisk laboratorietesting	13
4.4 Prioritering av masser og knusing	14
4.5 Utnyttelse av masser til vegbygging.....	15
5 Oppsummering og erfaringer	16
6 Referanser	18



Forord

Denne rapporten er skrevet i prosjektet Kortreist stein. Kortreist stein er et IPN-prosjekt i Forskningsrådets BIA-program (Brukerstyrt innovasjonsarena). Veidekke Entreprenør AS er prosjekteier.

Prosjektets overordnede idé er å utvikle nye teknologiske løsninger og verktøy, smarte forretningsmodeller og gode planprosesser for høyverdig og bærekraftig bruk av bergmasser fra infrastrukturprosjekter og eksisterende uttak. Med høyverdig bruk menes kortreist stein som kan anvendes i veg- og banekonstruksjonen i ubundet form og som kvalitetsråvare i asfalt og betong o.l.

Prosjektet vinkles mot energieffektiv materialproduksjon og optimal bruk av ikke-fornybare bergressurser. Det skal legges til rette for og etableres teknologier som gjør "Gull av gråstein". Innovasjonen i prosjektet er rettet mot rammebetingelsene som kan styre anvendelsen av kortreist stein, metoder for vurdering av anvendelse av steinmaterialer fra i hovedsak tunnelproduksjon og metoder for praktisk gjennomføring av prosjekter med bruk av kortreist stein.

Et konsortium bestående av partnere fra næringsliv, offentlig forvaltning og forskningsinstitusjoner arbeider for øyeblikket innen følgende fire fokusområder:

- Planprosesser og ressursforvaltning
- Kontrakter, forretningsmodeller og incentiver
- Produksjon og anvendelse
- Miljø og energibruk

Kortreist stein har et budsjett på 17 millioner kroner over tre år (fra 2016) og er finansiert gjennom Forskningsrådet (ca. 40 %) og industripartnerne (cirka 60 %).

Prosjektet Kortreist steins publikasjoner er utarbeidet av fagfolk hos partnerne i prosjektet. Det er gjort det ytterste for å sikre at innholdet er i samsvar med kjent viten på det tidspunktet prosjektet ble avsluttet. Feil eller mangler kan likevel forekomme.

Prosjektet Kortreist stein, forfattere og prosjektledelsen har intet ansvar for feil eller mangler i publikasjoner og mulige konsekvenser av disse.

Det forutsettes at publikasjonen benyttes av kompetente og fagkyndige personer med forståelse for begrensningene og forutsetningene som legges til grunn.

Eivind Heimdal

Prosjekteier

Torun Rise

Prosjektleder



Sammendrag norsk

Prosjektet E39 Sveгатjörn-Rådal, K10 Sveгатjörn-Fanavegen er et av Veidekkes prosjekter som benyttes som case i Kortreist stein. Foreliggende erfaringsrapport søker å gi en sammenstilling av hvordan massehåndteringen er løst i prosjektet ved å gi en beskrivelse av arbeidsmetodikken som er benyttet.

Det er i kontraktsgrunnlaget beskrevet at tunnelstein fra prosjektet skal benyttes i vegoppbyggingen, og at sprengsteinen vil være godt egnet til de fleste formål i forsterkningslag og i stor grad vil være brukbar i bærelag. Det har vist seg at geologien varierer mer enn forventet, og at bergmassene ikke var av så god kvalitet som man kunne forvente ut fra kontraktsgrunnlaget. Med bakgrunn i dette, samt entreprenørens ønske om størst mulig grad av utnyttelse av tunnelmassene i prosjektet, ble det utarbeidet en arbeidsmetodikk for å ha størst mulig kontroll på massene. Denne metodikken omfatter følgende steg:

- Steg 1: Monitorering av boredata (Measurement while drilling - MWD)
- Steg 2: Prøvetaking
- Steg 3: Mekanisk laboratorietesting
- Steg 4: Prioritering av masser og knusing
- Steg 5: Vegbygging

Det er i K10 erfart at resultatene fra MWD er svært gode data som sammen med visuell inspeksjon av bergmassen har vært med på å gi gode prognoser på forventet bergmassekvalitet. De gode prognosene har igjen gitt prosjektet god anledning til å planlegge driften med prioritering av massene før utkjøring, og man har i forkant av hver salve hatt en indikasjon på om massene kan karakteriseres som "gode" eller "dårlige".

Det er gjennomført omfattende prøvetaking av massene på anlegget. Det er i tillegg etablert en egen lab (Geolab) for å få kunne gjennomføre nødvendige analyser hvor prøveresultatene foreligger så raskt som mulig. Mekaniske analyser har i hovedsak omfatter LA-verdi og Micro-Deval-verdi, og med bakgrunn i dette har man hatt svært god kontroll på massene. Prosjektet har utført mye knusing for å kunne bruke tunnelstein, men har erfart at det er behov for store areal for å kunne ivareta nødvendig sortering, bearbeiding og lagring. Dette omfatter både lagring av masser til ulike bruk, samt lagring av ferdigprodukter i påvente av bruk. Gjennomgående kontroll på massene, fra de tas ut fra tunnelen til de er benyttet i vegoppbyggingen, har vært helt avgjørende for å kunne dokumentere kvaliteten på massene og ivareta riktig bruk.

Veidekke har hatt fokus på utnyttelse av tunnelmasser i mange prosjekter, men K10-prosjektet er første gang hvor det er utarbeidet en systematisk tilnærming med direkte kartlegging og dokumentasjon av kvaliteten av bergmassen under driften. Dette har gitt mange nye erfaringer og utfordringer, både i hvordan man planlegger, men også gjennomfører et tunnelprosjekt. Et av de viktigste momentene er å ha kontroll på kvaliteten i alle ledd, det være seg fra massene tas ut av tunnelen til de er ferdig bearbeidet og tilbakeført i veglinja. Etablering av Geolab har vist seg å være et av suksesskriteriene her for å ha så god kontroll på massene som mulig.

Veidekkes erfaringer fra kvalitetsoppfølging viser at det er fullt mulig å etablere systemer og rutiner for oppfølging av tunnelmassene som gir grunnlag for planlegging av ulike typer utnyttelse. En videreutvikling av konseptet Kortreist stein bør i større grad se nærmere på hvilke bergmasser man har i de ulike prosjektene og hva disse kan benyttes til. I dette ligger også vurdering av aktuelle bruksområder for finstoff.



Summary in English

Project E39 Sveгатjørn-Rådal, K10 Sveгатjørn-Fanavegen is one of Veidekke's projects used as a case study in "Use of local materials" (Kortreist stein). The present report describes the experiences gained from the project and tries to give an overview of how the local masses have been handled by describing the methodology Veidekke has used.

It is stated in the essential documents that the local materials shall be used in the road construction. There is also described that the tunnel masses will be well suited for most purposes in the subbase layers, and also in large extent in the base layer. It has been found that the geology varies more than expected, and that the rock masses were not as good as one would expect from the essential documents. Based on this, and also the contractors wish for a maximum possible utilization of the tunnel masses, a working methodology was developed to have as best possible control of the quality of the masses. This methodology includes the following steps:

Step 1: Measurement while drilling (MWD)

Step 2: Sampling

Step 3: Mechanical laboratory testing

Step 4: Priority of local materials and crushing

Step 5: Road construction

In K10, it has been found that the results from MWD are very good data which, together with visual inspection of the rock mass, has contributed to good forecasts of expected rock mass quality. The good forecasts have given the project a good opportunity to plan operations with prioritization of the rock masses before they are transported out of the tunnel, and there has been an indication in advance whether the masses can be characterized as "good" or "bad".

Extensive sampling of the rock masses has been carried out. In addition, a laboratory (Geolab) has been established to be able to carry out necessary analyzes where the test results are available as quickly as possible. Mechanical tests, mainly including LA values and Micro-Deval values, have been analyzed in the Geolab, given the project a very good control of the rock mass quality. The project has carried out a lot of crushing tests to be able to use tunnel masses but has experienced that a large area is needed to take care of the necessary sorting, processing and storage. This includes storing masses for different uses, as well as storing of the final products pending use. Consistent control of the rock masses, from being taken out of the tunnel to being used in the road construction, has been crucial in order to be able to document the quality of the masses and ensure the correct use.

Veidekke has focused on the utilization of local materials in many projects, but the K10 project is the first time a systematic approach has been drawn up with direct mapping and documentation of the quality of the rock mass during operations. This has given many new experiences and challenges, both in how to plan such projects, but also in carrying out a tunnel project. One of the most important elements is to provide for control over the quality of all elements in the process, from the rock masses being taken out of the tunnel until they have been processed and returned to the tunnel as road construction. Establishing of the Geolab has proven to be one of the success criteria in order to have as much control over the rock mass quality as possible.

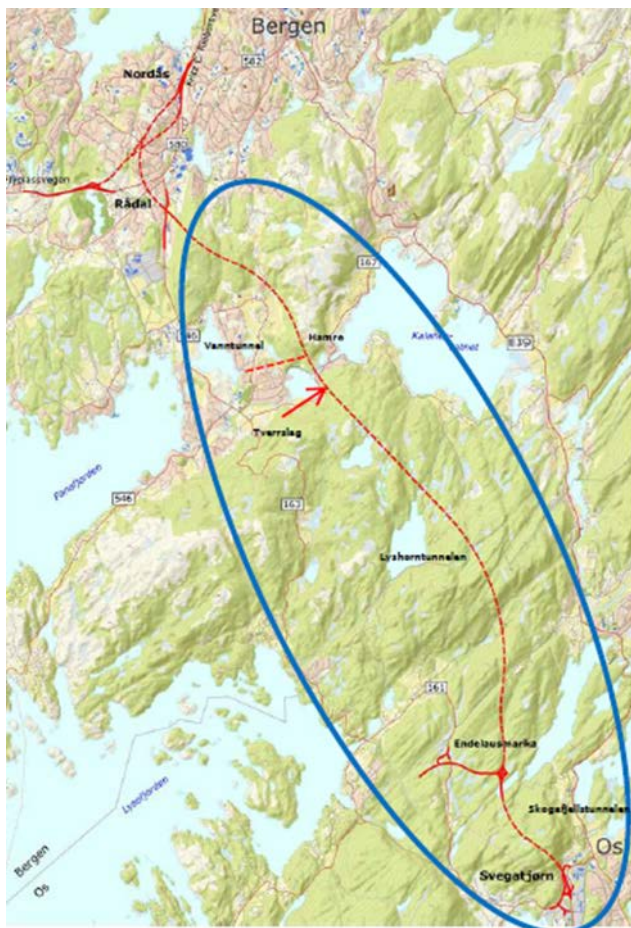
Veidekke's experience from quality follow-up shows that it is entirely possible to establish systems and routines for monitoring the tunnel masses that provide the basis for planning different types of utilization. A further development of the "Kortreist stein" concept, should include further analyzes regarding the geological conditions represented, as well as the possible use of the tunnel masses. This also includes an analyzes regarding possible use of fines.



1 Innledning

Prosjektet E39 Svegatjørn-Rådal, K10 Svegatjørn-Fanavegen (i det videre omtalt som K10) er et av Veidekkes prosjekter som benyttet som case i Kortreist stein.

K10 er en del av ny E39 mellom Svegatjørn i Os kommune og Rådal i Bergen kommune, og Veidekkes kontrakt omfatter Svegatjørn – Fanavegen med veg, tunnel- og betongarbeider.



Figur 1 Oversiktskart over prosjektområdet [1].

1.1 Prosjektet i tall

Prosjektet omfatter to tunneler; Skogafjellstunnelen med lengde ca. 1430 m og Lyshorntunnelen med lengde ca. 9160 m. Begge tunnelene bygges med doble løp. Det bygges også en overvannstunnel mellom Hamre og Fanahammeren.

På Hamre etableres det tverrslag for Lyshorntunnelen.

Prosjektet omfatter i tillegg 7 km veg i dagsone Svegatjørn og dagsone Endelaustrarka. Arbeidene i dagen omfatter blant annet etablering av høye bergskjæringer.

Totalt er det planlagt å ta ut ca. 1 800 000 fm³ tunnelstein, fordelt på de ulike påhugg og tverrslag. Totalt massebehov (knuste masser) i vegoppbyggingen er ca. 350 000 am³ fordelt på ulike fraksjoner.

Prosjektet startet i 2015 og forventes ferdigstilt for åpning i 2022.

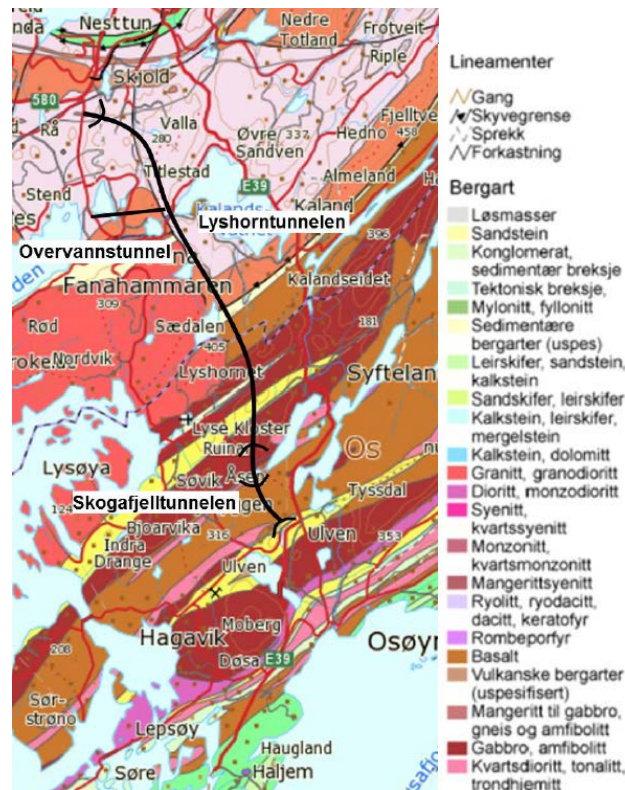
1.1 Prosjektets relevans for Kortreist stein og andre lignende prosjekter

Entreprenørens ønske er størst mulig grad av utnyttelse av massene i tunnelen. Foreliggende rapport søker å gi en sammenstilling av hvordan massehåndteringen er løst i prosjektet, ved å gi en beskrivelse av arbeidsmetodikken som er benyttet. Rapporten går ikke nærmere inn på kontraktuelle forhold knyttet til muligheter og begrensninger knyttet til bruk av masser.



2 Bakgrunn

K10 er en utførelsesentreprise hvor Byggherren har stått for prosjektering og utarbeidelse av konkurransegrunnlag med beskrivelse av forventede mengder. Foreliggende rapport går ikke nærmere inn på utarbeidet grunnlagsmateriale og kontraktsforhold, men begrenses til å omhandle hvordan Veidekke har valgt å løse massehåndteringen og mulighetene for utnyttelse av masser. Det er likevel valgt å gi en kort beskrivelse av områdets geologi, da dette anses som en av de mest avgjørende faktorene for å lykkes med utnyttelse og bruk av stedlige masser.



Figur 2: Geologisk kart, hvor veg-/tunneltraseen er angitt med svart stek [Illustrasjon: Veidekke/www.ngu.no].

Områdets geologi er gjengitt i Figur 2. Tunnelene drives gjennom vekslende geologi, dette er beskrevet nærmere i rapporten "Geologi, E39 Svevatjørn-Rådal. K10 Svevatjørn-Fanavegen" (i det videre omtalt som geologisk rapport) utarbeidet av SVV i 2014. I geologisk rapport er det beskrevet at det i Skogafjelltunnelen forventes en veksling mellom grønnstein, grønnskifer, amfibolitt og hornblendeskifer. I Lyshorn-tunnelen er det beskrevet å påtreffes blant annet gabbro, amfibolitt, kvartsrike sandsteiner og glimmerskifer, gråvakke, marmor og gneis.

Videre er det beskrevet i geologisk rapport at det er ganske store unøyaktigheter i de foreliggende geologiske kart. Det er under drivingen erfart at det er stor unøyaktighet knyttet til bergartsgrenser og bergartsbeskrivelser. En slik variasjon i bergmasseforhold vil også medføre utfordringer knyttet til hvordan massene ivaretas når de kommer ut fra tunnelen. Kontraktsgrunnlaget beskriver at tunnelstein fra prosjektet skal benyttes i vegoppbyggingen, og at sprengsteinen vil være godt egnet til de fleste formål i forsterkningslag og i stor grad vil være brukbar i bærelag. Veidekke er ansvarlig for kvalitetssikring av massene som går til knusing. For en vellykket gjennomføring er det derfor helt avgjørende å ha god kontroll på kvaliteten på massene som tas ut fra tunnelen. Dette krever et opplegg for vurdering av masser og hvordan disse lagres, sorteres og bearbeides. Det er i det videre gitt en beskrivelse av hvordan Veidekke har valgt å løse dette i prosjektet.



3 Kvav til vegoppbygging

Krav til vegoppbygging er gitt i Statens vegvesens håndbok N200 [2]. Denne håndboka ble revidert i 2018 [3], men det er versjonen datert juni 2014 som er gjeldende i prosjektet. Kontrollomfang og krav for forsterkningslag er vist i Figur 3.

Krav til	Kvalitetskrav				Kontrollomfang
	Krav		Toleranser ⁴⁾	Maks. avvik	Min. 1 prøve for hver påbegynt mengdeenhet ⁹⁾
	Verdi	Kategori			
Alle materialer, mekanisk styrke Los Angeles-verdi, Micro-Deval-verdi, ⁸⁾	≤ 35 ²⁾ ≤ 15	LA ₃₅ M _D E15			10 000 m ³ ⁵⁾ 10 000 m ³ ⁵⁾
Grus og samfengt pukk, korngradering Maks. andel overstørrelse Graderingstall Cu Maks. andel mat. < 63 µm (av hel prøve) avhengig av sortering: 0/22 0/32 og 0/45 0/63 og 0/90 Største steinstørrelse	20 % ≥ 15 ¹⁾ ≤ 7 % ≤ 5 % ≤ 3 % 2/3 av lagtykkelse, maks. 125 mm	G _A 80 f7 f5 f3	20 % 20 % 20 % 20 %	-3 % +2 % +2 % +2 %	1000 m ³ ⁶⁾ 1000 m ³ ⁶⁾ 1000 m ³ ⁶⁾ 1000 m ³ ⁶⁾
Pukk/kult, korngradering Maks andel overkom Maks andel underkom - pukk Maks. andel mat. < 63 µm (av matr. < 22,4 mm) Største steinstørrelse målt som største sidekant Min. andel < D/2 Maks. andel < D/2	20% 20% ≤ 7 % ⁷⁾ 2/3 av lagtykkelse ³⁾ maks. 360 mm 20 % 70 %		20 % 20 % 20 % 20 %	+5% +5% +2 % 30 mm	1000 m ³ ⁶⁾ 1000 m ³ ⁶⁾ 1000 m ³ ⁶⁾ 1000 m ³ ⁶⁾ 1000 m ³ ⁶⁾ 1000 m ³ ⁶⁾

Figur 3: Krav til forsterkningslag, ferdig utlagt ([2] figur 522.1).

Som det framgår av Figur 3 stilles det krav til mekaniske egenskaper i form av **Los Angeles-verdi** og **Micro-Deval-verdi**. Los Angeles-verdi er et uttrykk for et materiales motstandsevne mot mekanisk nedknusing, og Micro-Deval-verdi er et mål på steinmaterialets motstandsevne mot slitasje.

Kontrollomfang er her beskrevet til minimum en prøve for hver påbegynt mengdeenhet, men dersom tilslag hentes fra veglinje/sidetak skal hvert nytt uttakssted vurderes som en egen forekomst dersom ikke uttaksstedene er vurdert som ensartede av geolog (merknad 9 i Figur 3). Det er også oppgitt et kontrollomfang med prøver hver 10 000 m³, men at minstekrav til kontrollomfang kan anses oppfylt av produsentens produksjonskontroll forutsatt at denne er utført i henhold til aktuell standard, og materialet hentes fra en forekomst med kjent og stabil kvalitet (merknad 5 i Figur 3).

Videre beskriver Figur 3 krav til **korngradering**. Også her gjelder minimum en prøve for hver påbegynte mengdeenhet, men dersom tilslag hentes fra veglinje/sidetak skal hvert nytt uttakssted vurderes som en egen forekomst dersom ikke uttaksstedene er vurdert som ensartede av geolog (merknad 9 i Figur 3). Det er her også oppgitt et kontrollomfang med prøver hver 1000 m³, med kommentar om at prøver for korngradering skal tas på veg (merknad 6 i Figur 3).

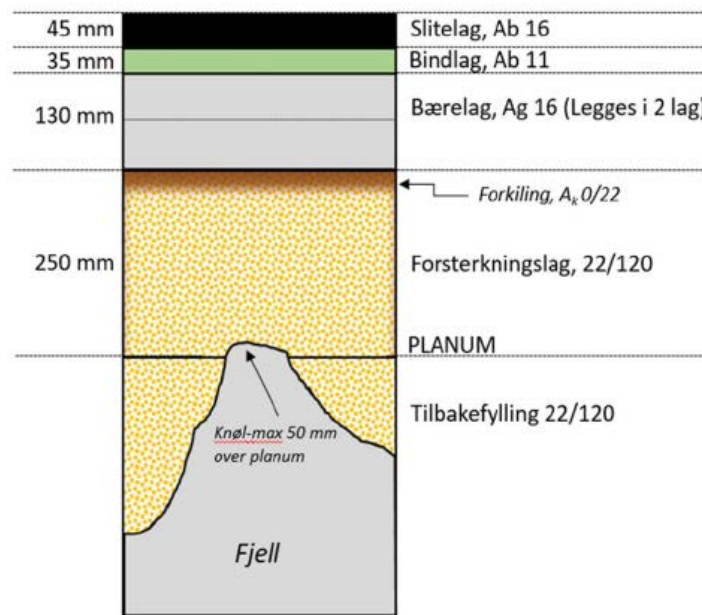
I K10 er total mengde forsterkningslag angitt å være ca. 109 000 am³ (fraksjon 22/120). Når det gjelder testing av Los Angeles- og Micro-Deval - verdi innebærer dette i utgangspunktet da et krav

- 1) Cu ≥ 10 kan benyttes for atkomstveger.
- 2) For atkomstveger, P-plasser og G/S-veger kan materialer med LA ≤ 40 benyttes.
- 3) Største steinstørrelse skal ikke overstige ½ lagtykkelse ved bæreevnegruppe 4 eller dårligere.
- 4) Maks. antall prøver utenfor krav (20 % tilsvarer 1 av 5 prøver utenfor krav).
- 5) Minstekrav til kontrollomfang kan anses oppfylt av produsentens produksjonskontroll forutsatt at denne er utført i henhold til aktuell standard, og materialet hentes fra en forekomst med kjent og stabil kvalitet.
- 6) Prøver for korngradering skal tas på veg.
- 7) Finstoffet (matr < 0,063 mm) regnes av andel matr. < 22,4 mm for pukk/kult og grovere materialer. Kravet gjelder når materialet > 22,4 mm er mettet med subbus, dvs. når det ikke er et åpent steinskjelett.
- 8) Micro-Deval er referansemetoden som benyttes ved deklarasjon og dersom det oppstår tvil om materialet oppfyller kravene. Mølleverdi (AN) kan benyttes ved løpende driftskontroll. AN < 19 gir normalt en akseptabel indikasjon om at kravet er overholdt.
- 9) Dersom tilslag hentes fra veglinje/sidetak skal hvert nytt uttaks-sted vurderes som en egen forekomst dersom ikke uttaks-stedene er vurdert som ensartede av geolog.



om kun 11 utførte tester i henhold til håndbok N200. For korngradering er det også i Figur 3 angitt en toleranse på 20%, noe som innebærer maks antall prøver utenfor krav, dvs. 1 av 5 prøver kan være utenfor (merknad 4 i Figur 3).

Håndbok N200 [2] stiller ulike kvalitetskrav til de ulike delene av vegoppbyggingen, som vist i Figur 4. I forsterkningslaget over planum er det krav til mekanisk styrke og kornfordeling, som beskrevet ovenfor og vist i Figur 3. Under planum er ikke kravene de samme, her er det kun krav til fraksjon (22/120) og at massene er drenerende. Massebehovet under planum i tunnel er anslått til ca. 200 000 am³, altså et betydelig større volum enn i forsterkningslaget (ca. 70 000 am³).



Figur 4: Vegoppbygging [Illustrasjon: Veidekke].

Som beskrevet i kapittel 2 drives tunnelene gjennom varierende geologi, og kontrollomfanget vist og beskrevet i Figur 3 vil derfor måtte økes som følge av dette (ref. merknad 9 i Figur 3). Med bakgrunn i kravene for vegoppbygging beskrevet i håndbok N200 [2] medfører disse et stort behov for kvalitetskontroll og behandling av tunnelmassene, både med tanke på prioritering, sortering og lagring. Det er i det videre gitt en beskrivelse av hvordan Veidekke har etablert en arbeidsmetodikk for å følge opp disse kravene.



4 Arbeidsmetodikk

Som nevnt innledningsvis er entreprenørens ønske å i størst mulig grad kunne utnytte tunnelmassene i vegoppbyggingen, noe som også er lagt til grunn i kontraktsgrunnlaget. Veidekke har i prosjektet utarbeidet følgende arbeidsmetodikk for å ha størst mulig kontroll på massene som tas ut av tunnelen. Denne metodikken omfatter følgende steg:

Steg 1: Monitorering av boredata (Measurement while drilling - MWD)

Steg 2: Prøvetaking

Steg 3: Mekanisk laboratorietesting

Steg 4: Prioritering av masser og knusing

Steg 5: Vegbygging

Dette beskrives nærmere i det videre.

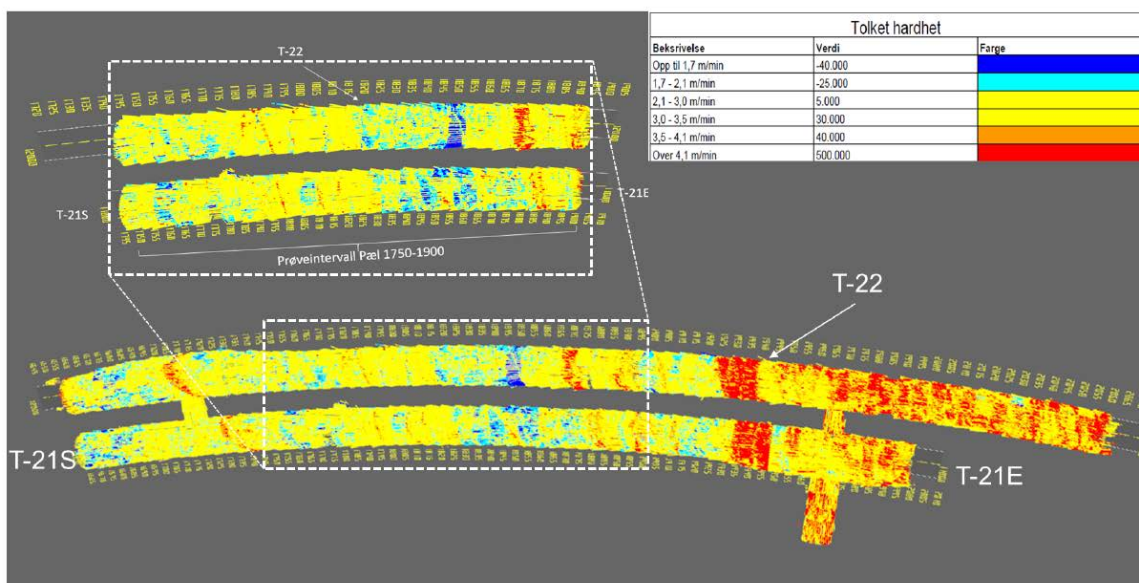
4.1 Monitorering av boredata (MWD)

Det er under driving utført kontinuerlig monitorering av boredata. Denne loggingen av boring (MWD – Measurement While Drilling) gir en indikasjon på hvilke bergmasseforhold som finnes framover i tunnelens driveretning.

Det er i K10s prosessbeskrivelse stilt krav om at alle borerigger skal ha utstyr for MWD.

Hovedgrunnen til dette er at tolkning av dataene vil kunne gi bedre grunnlag for vurdering av bergmasseforhold og dermed bore- og injeksjonsopplegget i tunnelen samt eventuelle behov for utvidelser og tyngre bergsikring.

I tillegg til å gi nyttig informasjon om forventet bergmasseforhold med tanke på nødvendig sikringsomfang, har Veidekke sett at MWD-dataene også i stor grad kan benyttes til å forutsi kvaliteten på massene. Veidekke har erfart god korrelasjon mellom MWD-data og mekaniske tester. Dette har blitt brukt til å sortere tunnelstein i "gode" og "dårlige" tunneltipper. Et eksempel på resultater fra MWD er vist i Figur 5, hvor rød angir "dårlig" bergmasse og blå angir "god" bergmasse.



Figur 5: Eksempel på resultat fra tolkede MWD-data [Illustrasjon: Veidekke].

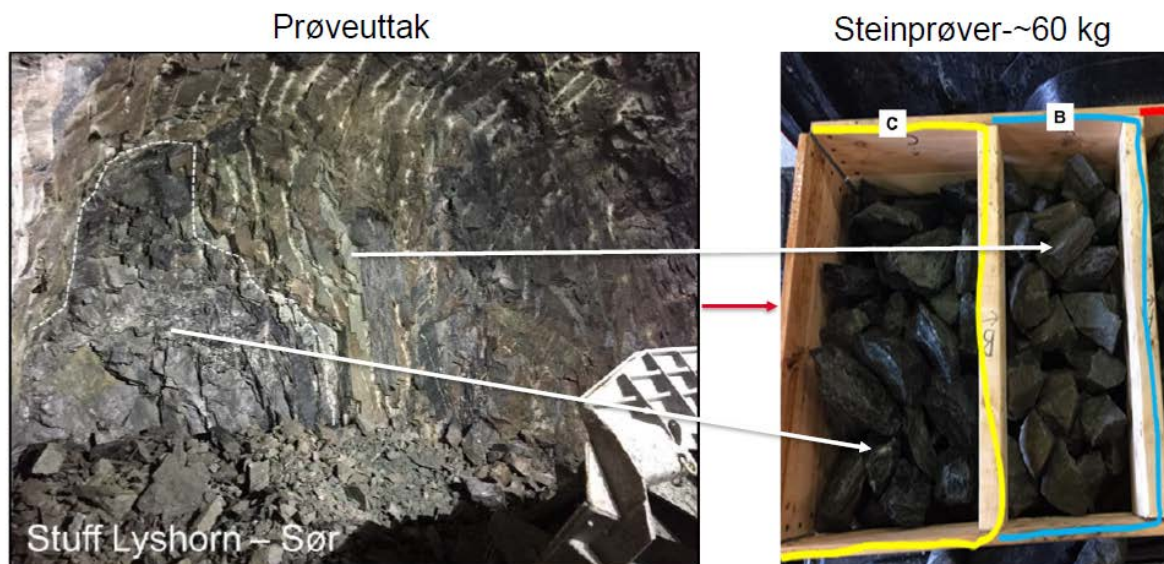


De "blå" intervallene på MWD-data indikerer lav borsynk, det vil si hardere berg og i de aller fleste tilfeller tunnelmasse som overholder krav til mekaniske egenskaper i forsterkningslag. De "røde" intervallene viser høy borsynk, det vil si mykere berg. I de fleste tilfeller faller tunnelstein herfra utenfor krav og er foredlet til bruk under planum.

4.2 Prøvetaking

Det er gjennomført systematisk prøvetaking på stoff hver 50 meter. Hensikten med dette har vært å bestemme bergmassenes mekaniske egenskaper ettersom man har erfart stor variasjon. Gjennom denne prøvetakingen har man også kunnet vurdere eventuelle korrelasjoner mellom MWD-data og mekaniske tester.

Forholdene på stoff kan være svært varierende som vist i Figur 6, noe som har gjort det utfordrende å ta representative prøver. Veidekke har i prosjektet utviklet en metodikk for prøvetaking som søker å gi steinprøver som vil gi et så representativt bilde som mulig av bergmasseforholdene ved det aktuelle prøvepunktet.



Figur 6: Prøvetaking [Foto: Veidekke].



4.3 Mekanisk laboratorietesting

Som beskrevet i kapittel 3, stiller Statens vegvesens håndbok N200 krav til vegoppbyggingen, blant annet gjennom krav til mekanisk teting av prøvemateriale for bruk i forsterkningslag. Den mekaniske tetingen omfatter Los Angeles og Micro-Deval-verdi på prøvematerialet.

Los Angeles-test er en testmetode for å simulere hvilken motstandsevne mot nedknusing et tilslag har. Det tørre materialet tromles sammen med stålkuler som vist i Figur 7, og resultatet angis som prosentvist innhold av materiale mindre enn 1,6 mm etter tromling. Som vist i Figur 3 er kravet for materiale som skal benyttes i forsterkningslag en LA-verdi på $\leq 35\%$.



Figur 7: Los Angeles-test [Foto: Veidekke].

Micro-Deval test simulerer et tilslags motstandsevne mot såkalt abrasiv slitasje, dvs. friksjon mellom korn. Denne testmetoden omfatter tromling av vått materiale med stålkuler, se Figur 8. Verdi for Micro-Deval angis som prosentvist innhold av materiale mindre enn 1,6 mm etter tromling. Krav til materiale som skal benyttes i forsterkningslag er en Micro-Deval-verdi $\leq 15\%$.



Figur 8: Micro-Deval-test [Foto: Veidekke].

Veidekke har erfart at det ved innsending av prøvemateriale til ekstern lab tok for lang tid før de fikk resultatene tilbake. En hurtigere kvalitetssikring av kvalitet var avgjørende for å kunne ta vare på god stein til forsterkningslaget samt hindre innblanding av «dårlig» kvalitet i tunneltipper med god kvalitet.

Med bakgrunn i dette valgte Veidekke derfor å bygge opp en egen lab på anlegget, kalt Geolab. Geolab ble etablert på prosjektet våren 2017, og var operativ fra juni samme år. Dette var etter at den første tunnelen (Skogafjelltunnelen) var ferdigstilt, men laboratoriet har likevel vært flittig i bruk i forbindelse med testing av materiale fra Lyshorntunnelen.

Hovedmotivasjonen for etablering av egen lab var muligheter for å kunne utføre mekaniske analyser av tunnelstein under driving og på denne måten kunne identifisere bergmasse med en slik kvalitet at



det var aktuelt å sortere ut massene for knusing og bruk i vegoppbygging. Egen testing av bergmassen er også med på å sikre at man har kontroll på kvaliteten og dermed unngå kvalitetsavvik i vegoppbyggingen. Geolab benyttes hovedsakelig for internkontroll og egen kvalitetsoppfølging, men obligatoriske prøver på ferdig utlagt veg testes også. For disse prøvene blir det også tatt ut en referanseprøve slik at BH har mulighet til å kryssjekke resultatene på egen lab.

Veidekke har tatt ut prøver for testing hver 50. meter systematisk gjennom store deler av Lyshorntunnelen, og totalt er det gjennomført testing av ca. 300 prøver på Geolab. Geolab er sertifisert hos Kontrollrådet.

4.4 Prioritering av masser og knusing

Med bakgrunn i de ulike undersøkelsene er det ved utkjøring av masser fra tunnelen gjort en prioritering og sortering, hvor massene vurdert som "god" kvalitet og masser vurdert som "dårlig" kvalitet er lagt på ulike tippområder. Dette er illustrert i Figur 9.



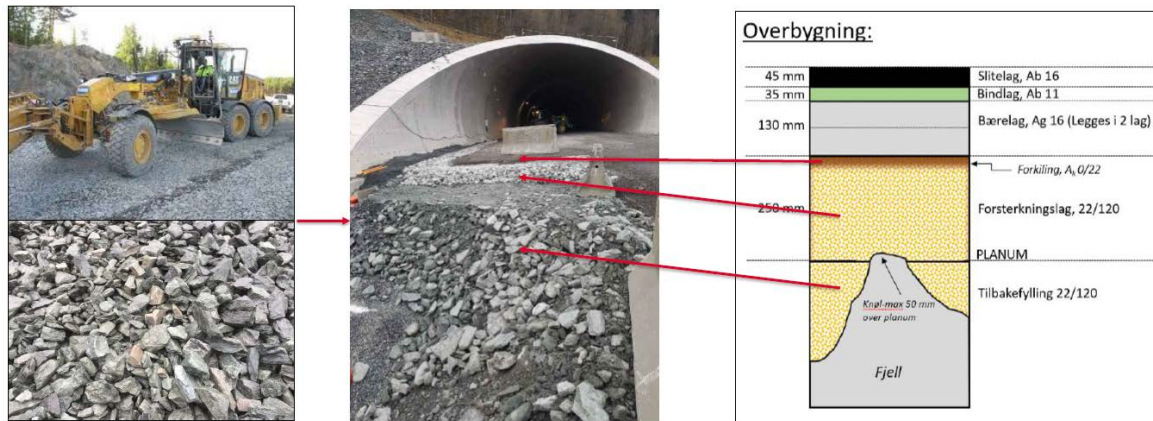
Figur 9: Prioritering av masser og knusing [Foto og sammenstilling: Veidekke].

Ferdigvare fra "gode" og "dårlige" tunnelmasser har forskjellige bruksområder på ulike steder i vegoppbyggingen. Sortering også av ferdigvare har derfor vært et viktig moment for å ha kontroll på kvaliteten.



4.5 Utnyttelse av masser til vegbygging

Som beskrevet i kapittel 3 stilles det ulike krav til de ulike delene i vegoppbyggingen, hvor kravene blir strengere jo høyere opp i vegkonstruksjonen man kommer. Prioritering og sortering av tunnelmassene gjennom de ulike stegene som beskrevet ovenfor, har dannet grunnlaget for hvor massene til vegoppbygging har blitt benyttet.



Figur 10: Vegbygging [Foto og sammenstilling: Veidekke].

Som tidligere nevnt er det et økt krav til kvalitet på massene jo lenger opp i vegkonstruksjonen man kommer. Masse foredlet av «dårlig berg» blir brukt under planum, og masse foredlet av «godt berg» blir brukt i forsterkningslaget. Ideelt sett burde det vært brukt «god» masse i hele vegoppbyggingen om tilgangen hadde vært tilstrekkelig. Dette hadde gjort komprimeringsarbeid lettere og man hadde sluppet logistikken med å sortere tunnelmasser og ferdigvare i henhold til kvalitet.



5 Oppsummering og erfaringer

Erfaringene fra K10 viser at resultatene fra **MWD** er svært gode data som, dersom de settes i system, kan gi gode indikasjoner på hva som forventes av kvalitet på bergmassene man er i ferd med å drive seg inn i. Sammen med visuell inspeksjon av bergmassen, har MWD-dataene ved K10 vært med på å gi gode prognoser på forventet bergmassekvalitet. Dette gir igjen en god anledning til å planlegge driften deretter med tanke på prioritering av massene før utkjøring. På denne måten har man i forkant en indikasjon på hvilke salver som kan karakteriseres som "gode" tunnelmasser, og hvilke som er "dårlige".

Veidekke har erfart god korrelasjon mellom hardhet på bergmassen og LA- og Micro-Devalverdi. MWD-dataene har vist seg å gi gode indikasjoner på om bergmassen kan vurderes som "god" eller "dårlig". Som beskrevet i kapittel 4.1 er det i hovedsak bergmasse med lav borsynk som i de aller fleste tilfeller overholder krav til mekaniske egenskaper i forsterkningslaget. Bergmasse fra disse områdene er derfor sortert ut som "gode" tunnelmasser. Bergmasse med høy borsynk har i stor grad vist seg å falle utenfor kravene til forsterkningslag, og er derfor sortert ut som "dårlige" tunnelmasser til bruk under planum

Veidekke har hatt svært gode erfaringer med **etablering av Geolab**. Egen lab på anlegget har medført at testing gjennomføres mye raskere, og dermed at resultatene foreligger tidligere enn om prøvematerialet skulle vært sendt til et eksternt laboratorium. Det må samtidig bemerkes at dersom bergmassen hadde vært som forventet ut fra beskrivelsene i konkurransegrunnlaget, så hadde det trolig ikke vært nødvendig å etablere egen lab. Geolab har medført at man har hatt svært god kontroll på massene, men det har naturlig nok vært betydelige kostnader knyttet til etablering og drift. Med bakgrunn i nødvendig kontrollomfang beskrevet i Figur 3, ville det i utgangpunktet vært tilstrekkelig med 11 prøver dersom bergmassen hadde vært som beskrevet i konkurransegrunnlaget. Dette er jo vesentlig færre enn de 300 prøvene som faktisk er gjennomført på anlegget.

Det foreligger ingen krav til sertifisering av et slikt laboratorium. Veidekke har likevel valgt å sertifisere sin Geolab via Kontrollrådet for å kunne bygge opp et godkjent kvalitetssystem som kan benyttes også i senere prosjekter. På bakgrunn av den uforutsigbare geologien har Veidekke valgt å utføre systematisk **prøvetaking** hver 50. meter. Dette for å sikre at man hele tiden har kontroll på kvaliteten av tunnelstein som det drives i slik at man kan foredle massene videre i henhold til kvalitet og aktuelle bruksområder.

Som nevnt i kapittel 3, og sett bort ifra omfyllingsmasse til rør, er det ingen mekaniske krav til massene som benyttes under planum, kun krav til fraksjon (22-120) og at massene skal være drenerende. Dette innebærer en begrensning på finstoffandel i massene. Nær på 2/3 av de totale knuste varene går til bruk under planum.

Prosjektet har utført mye knusing for å kunne bruke tunnelstein, men har erfart at det er **behov for store areal** for å kunne ivareta nødvendig sortering, bearbeiding og lagring. Dette omfatter både lagring av masser til ulik bruk, samt lagring av ferdigprodukter i påvente av bruk. Veidekke har også tatt i bruk **droner for å kartlegge og holde oversikt over lagervarer**. Dette har vist seg å være en svært nyttig måte å ha kontroll på mengder på tipp og hvor mye lagervarer prosjektet har tilgjengelig.



Erfaringer fra K10-prosjektet viser at det ved knusing av "gode" tunnelmasser ble generert ca. 30% finstoff. Ved knusing av de "dårlige" tunnelmassene, har finstoffandelen vært oppe i hele 50%. Dette finstoffet viste seg å bli en utfordring av flere grunner; blant annet at massene ikke har aktuelle bruksområder i prosjektet, i tillegg til miljøutfordringer ved deponering. Aktuelle bruksområder for finstoff er derfor et moment som bør vurderes undersøkt nærmere.

Veidekke har i mange prosjekter hatt stort fokus på utnyttelse av tunnelmassene, og K10-prosjektet er det første hvor det er utarbeidet en systematisk tilnærming med kartlegging og dokumentasjon av kvaliteten av bergmassen direkte under driften. Dette har gitt mange nye erfaringer og utfordringer, både i hvordan man planlegger men også gjennomfører et tunnelprosjekt. Et av de viktigste momentene er å ha kontroll på kvaliteten i alle ledd, det være seg fra massene tas ut av tunnelen til de er ferdig bearbeidet og tilbakeført i veglinja. Etablering av Geolab har vist seg å være et av suksesskriteriene her for å ha så god kontroll på massene som mulig. På nye prosjekter bør en slik geolab vurderes etablert så tidlig som mulig, spesielt dersom kvaliteten på massene er uforutsigbare.

Utnyttelse av tunnelmasser har ofte fokus på gjeldende krav for ulike formål, og spesielt mekaniske krav. Som omtalt tidligere i denne rapporten finnes det eksempelvis ikke krav til dokumentasjon av mekaniske egenskaper for masser som benyttes under planum i vegoppbygging. Det finnes også flere andre anvendelsesområder hvor det ikke foreligger spesifikke krav utover fraksjon, slik som grøftepukk.

Som beskrevet i kapittel 3, er det SVVs håndbok N200 fra 2014 [2] som er lagt til grunn i K10-prosjektet. Ved revisjon av håndboka i 2018 [3] ble det gjort endringer blant annet knyttet til krav til mekaniske egenskaper for knuste steinmaterialer. Deriblant er kravet til Micro-Deval for masser for bruk i forsterkningslag endret til ≤ 20 , i motsetning til gjeldende krav fra 2014 hvor kravet var Micro-Deval ≤ 15 .

Det er i hovedsak kravet til Micro-Deval-verdi som har vært utfordringen i K10-prosjektet. Endringen i krav i ny håndbok ville trolig medført at en langt større andel av tunnelmassene i prosjektet kunne vært benyttet i forsterkningslaget. Det er dermed grunn til å tro at revidert håndbok med endrede krav til mekaniske egenskaper vil være en positiv bidragsyter til økt utnyttelse av tunnelmasser i vegoppbygging. Med bakgrunn i de store variasjonene i geologiske forhold som foreligger i K10-prosjektet, ville det trolig likevel vært nødvendig med tilsvarende monitorering og prøvetaking av bergmassene for å sikre og dokumentere kvaliteten på massene.

En videreutvikling av kortreist stein bør i større grad se nærmere på hvilke bergmasser man har i de ulike prosjektene og hva disse kan brukes til. Veidekkes erfaringer fra kvalitetsoppfølging viser at det er fullt mulig å etablere systemer og rutiner for oppfølging av tunnelmassene som gir grunnlag for planlegging av **ulike typer utnyttelse**.



6 Referanser

- [1] Statens vegvesen, «K10 Svegatjørn-Fanavegen, informasjonsmøte 27.10.2014,» [Internett]. Available:
https://www.vegvesen.no/_attachment/713903/binary/996936?fast_title=K10+Svegatj%C3%B8rn-Fanavegen%2C+Kari+Bremnes+27.10.14.pdf.
- [2] Statens vegvesen/Vegdirektoratet, «Håndbok N200 Vegbygging,» Datert juni 2014.
- [3] Statens vegvesen/Vegdirektoratet, «Håndbok N200 Vegbygging,» Datert juli 2018.





KORTREIST STEIN



Statens vegvesen



HORDALAND
FYLKESKOMMUNE



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
- NGU -



BERGEN
KOMMUNE

Multiconsult



asplan viak

BANE NOR

NTNU



SINTEF

 **Forskningsrådet**

Støttet av Norges forskningsråd

