

Utbedringstiltak på bergsikring i driftsfasen

Tunneler bygget etter vegnormal 021/N500 Vegtunneler fra
2010 og senere

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 999



Tittel

Utbedringstiltak på bergsikring i driftsfasen

Undertittel

Tunneler bygget etter vegnormal 021/N500
Vegtunneler fra 2010 og senere

Forfatter

Are Håvard Høyen, Ingrid Andersen, Beeke
Dittmer Glenjen

Avdeling

Konstruksjoner

Seksjon

Konstruksjonsteknikk

Prosjektnummer

L10439

Rapportnummer

999

Prosjektleder

Are Håvard Høyen

Godkjent av**Emneord**

Bergsikring, utbedringstiltak, driftsfase, tunnel

Sammendrag

Se egen side

Title

Remedial measures for rock support during
the operational phase

Subtitle

Tunnels built according to regulation
021/N500 Road Tunnels:2010 and onwards

Author

Are Håvard Høyen, Ingrid Andersen, Beeke
Dittmer Glenjen

Department

Structures

Section

Structural Engineering

Project number

L10439

Report number

999

Project manager

Are Håvard Høyen

Approved by**Key words**

Remedial measures, rock support, rock
reinforcement, operational phase, tunnel

Summary

Se dedicated summary page



Sammendrag

Alle tunneler på europa-, riks- og fylkesvegnettet har siden 2010 fått bergsikringen utført etter en egen bergsikringstabell gitt i vegnormal 021/N500 Vegtunneler. Hvert femte år blir det utført hovedinspeksjon i disse tunnelene som bl.a. undersøker stabilitetsforholdene. I denne rapporten er hovedinspeksjonsrapportene av bergsikring på disse tunnelene for europa- og riksvegnettet gjennomgått for å se på bergsikringens tilstand og om det har vært behov for utbedringer. Av de totalt 86 tunnelene bergsikret med regelverket fra og med 2010 er det funnet inspeksjonsrapporter for 57 av disse. Av de 57 tunnelene inkludert i datasettet er det funnet til sammen 16 tunneler der det er beskrevet bergsikringstiltak i driftsfasen. Av disse er ti klassifisert som enkle og seks som betydelige og ingen som omfattende. Det er ingen inspeksjonsrapporter som tilsier at man har oppfattet det som om totalstabiliteten er i umiddelbar fare. Tunnelene på fylkesvegnettet bergsikret med regelverk fra og med 2010 er i antall omtrent det samme som på europa- og riksvegnettet, men disse er ikke inkludert i denne undersøkelsen.

Under driving av tunnelene blir det etter hver salve gjort en geologisk kartlegging som inkluderer registrering av Q-verdi. Den geologiske kartleggingen danner grunnlaget for bestemmelsen av sikring etter en bergsikringstabell gitt i vegnormalen. I samme vegnormal er det definert at det skal være 100 års dimensjonerende brukstid på bergsikringen. At bergsikringen må utbedres etter bare 10-15 år i et omfang som beskrevet over tilsier at kravet til brukstid ikke alltid etterleves i praksis.

Den inspiserbare lengden er i mange tilfeller begrenset grunnet vann- og frostsikringen eller mangel på inspeksjonsluker. Med tanke på at det er anbefalt tiltak i flere av tunnelene hvor ikke hele lengden er inspiserbar, er det derfor rimelig å anta at andelen anbefalte tiltak ville vært større dersom mer av bergsikringen var mulig å inspisere. Regelverk, arbeidsinstrukser og tekniske løsninger for bergsikring og tunnelkledning bør endres for å unngå disse utbedringstiltak i driftsfasen og usikkerheter om hva som befinner seg bak kledningen.

Regelverket og utførelse for bergsikringen er gitt i N500 Vegtunneler, supplert av veiledning N-V521 Geologi og bergsikring i tunnel, samt bestemmelser i kontrakter og internsystemer hos byggherre og entreprenør. Mange tiltak kunne trolig vært unngått med bedre kontroll og oppfølging under drivingen, spesielt om oppfølgingen i tidsrommet mellom driving og montering av tunnelkledning hadde vært bedre. Geologisk kartlegging og registrering av Q-verdi under drivingen betyr at prosjekteringen i praksis foregår i utførelsesfasen. N500s krav 7.5-3 presiserer at bergsikringen skal kontrolleres før montering av tunnelkledningen, med referanse videre til punkt 2.3 *Kontroll og kvalitetssikring av geologiske rapporter og prosjektering* som igjen viser til eurokode 0 for kontrollomfang, imidlertid på en måte som burde blitt gjort klarere. Det er også bergmassetyper og stabilitetsforhold Q-systemet ikke identifiserer og behandler på en tilfredsstillende måte som må sees nærmere på. Kompetansekrav for prosjektering og oppfølging av bergsikring i tunneler bør innføres i N500, som det nettopp er gjort i N200 Vegbygging for bergskjæringer. Hos byggherre og entreprenør er det viktig at internsystemer og arbeidsbeskrivelser for oppfølging og kvalitetskontroll er etablert, følges, og er på et nivå som sikrer at tiltak i driftsfasen unngås.

Forskjellige kontraktstyper med entreprenører gir byggherren varierende grad av innflytelse på bergsikringens utførelse i prosjektene. Det er avgjørende at alle kontrakter utformes slik at ansvarsfordeling og kvalitetskrav er tydelig definert, og at byggherren har myndighet til å sikre at bergsikringen har riktig kvalitet. I tillegg må man passe på at kontraktene for utførelse har åpning for å følge opp og ettersikre bak stuff, både gjennom kontraktspunkter som gjelder selve sikringen, men også på de delene som gjelder fremdriften på prosjektet.

På sikt bør deler av regelverket endres slik at man kan innføre nye metoder for bergsikring og tunnelkledning der man unngår områder som ikke kan inspiseres og man samtidig kan være i tvil om stabiliteten er god nok.

For alle tunnelene med anbefalte tiltak er det i resultatkapittelet gitt et sammendrag av hovedinspeksjonsrapporter og relevant dokumentasjon, samt en oppsummering av bergmassekvaliteten for tunnelen. I vedlegg 1 er det gitt en tabell med oversikt over alle tunnelene i datasettet med kommentar til generell tilstand på bergsikringen og ev. utfordringer m.m.

Summary

Since 2010, all tunnels on the European, national, and county road networks have had rock support carried out according to a specific rock support table provided in the road standard 021/N500 Road Tunnels. Every five years, a main inspection is conducted in these tunnels to assess their stability conditions. This report reviews the main inspection reports of rock support in these tunnels on the European and national road networks to evaluate the condition of the rock support and whether any improvements were needed. Out of the 86 tunnels rock supported with the regulations from 2010 onwards, inspection reports were found for 57 of them. Among these 57 tunnels, 16 were identified as having additional rock support measures needed during the operational phase, with 10 classified as minor, 6 as significant, and none as extensive. No inspection reports indicated that the overall stability was in immediate danger. Tunnels on the county road network rock supported with regulations from 2010 onwards are approximately the same in number as those on the European and national road networks and are not included in this study.

During the excavation of the tunnels, a geological survey is conducted after each blast round, including the registration of the Q-value. This geological survey forms the basis for determining the support according to a rock support table provided in the road tunnel regulation. The same regulation defines a design life of 100 years for the rock support, and the need for improvements after just 10-15 years, as described above, indicates that this is not being adhered to. The inspectable length is often limited due to the water and frost protection or lack of inspection hatches. Given that recommended measures are found in several tunnels where the entire length is not inspectable, it is reasonable to assume that the proportion of recommended measures would be higher if more of the rock support could be inspected. Regulations, work methods, and technical solutions for rock support and tunnel lining should be changed to avoid these improvement measures during the operational phase and uncertainties about what is behind the lining.

The regulations and execution for rock support are provided in N500 Road Tunnels, supplemented by guidance N-V521 Geology and rock support in tunnels, as well as provisions in contracts and internal systems of the client and contractor. Many measures could have been avoided with better control and follow-up during the excavation, especially if the follow-up in the period between excavation and installation of the tunnel lining had been better. Geological mapping and registration of the Q-value during excavation mean that, in practice, the design takes place during the execution phase. N500 requirement 7.5-3 specifies that the rock support must be checked before installing the tunnel lining, however, in an intricate way that can be made clearer. There are also rock types and stability conditions that the Q-system does not identify and handle satisfactorily, which should be further addressed. Competence requirements for the design and follow-up of rock support in tunnels should be introduced in N500, as has recently been done in N200 Road Construction for road cuts. For the client and contractor, it is important that internal systems and work descriptions for follow-up and quality control are established, followed, and at a level that ensures that measures during the operational phase are avoided.

Different contract types with contractors give the client varying degrees of influence over the execution of rock support in the projects. It is crucial that all contracts are designed so that the distribution of responsibilities and quality requirements are clearly defined, and that the client has the authority to ensure that the rock support meets the necessary standards. Additionally, it is important to ensure that the contracts for execution allow for follow-up and additional support behind the face, both through contract points related to the support itself and those related to the project's progress.

In the long term, parts of the regulations should be changed to introduce new methods for rock support and tunnel lining that avoid areas that cannot be inspected *and* where there may be doubts about the stability.

For all tunnels with recommended measures, the results chapter provides a summary of the main inspection reports and relevant documentation, as well as a summary of the rock quality for the tunnel. Appendix 1 provides a table with an overview of all tunnels in the dataset with comments on the general condition of the rock support and any challenges.

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	2
2	Metode	2
2.1	Utvalg av tunneler	2
2.2	Tiltaksgrad	3
3	Resultater.....	3
3.1	Utvalg	3
3.2	Tunnelenes tiltaksgrad.....	3
3.3	Tunneler med enkle tiltak.....	4
3.3.1	Eidsnakktunnelen (E39).....	4
3.3.2	Fyrdstunntunnelen (E39)	4
3.3.3	Harangstunntunnelen (E39).....	5
3.3.4	Kråkmotunnelen (E6)	5
3.3.5	Kåfjordtunnelen (E6)	5
3.3.6	Nordnestunnelen (E6).....	6
3.3.7	Oppdølsstrandtunnelen (Rv. 70)	6
3.3.8	Røvikstunntunnelen (Rv. 80)	7
3.3.9	Ørgenvikstunntunnelen (Rv. 7).....	7
3.3.10	Øyertunnelen (E6).....	8
3.4	Tunneler med betydelige tiltak	8
3.4.1	Eidsvollstunntunnelen, sørgående løp (E6).....	8
3.4.2	Granstunntunnelen (Rv. 4).....	9
3.4.3	Kvivstunntunnelen (E39)	10
3.4.4	Teigkamptunnelen (E6).....	10
3.4.5	Vangstunntunnelen (E16)	11
3.4.6	Vågstrandstunntunnelen (E136)	12
4	Diskusjon og konklusjon	12
4.1	Rapportering fra inspeksjoner	13
4.2	Inspiserbar lengde	13
4.3	Gradering av tiltak	13
4.4	Forslag til endringer i regelverk	14

Vedlegg 1

1 Introduksjon

Vegttunneler på europa-, riks- og fylkesvegnettet bygges etter regelverk gitt i vegnormal N500 Vegttunneler. Etter et ras i Hanekleivatunnelen på slutten av 2006 ble det satt i gang et arbeid for å innføre nye regler i vegnormalen, da 021 Vegttunneler, for bergsikringen som skal utføres i disse tunnelene. De nye reglene ble innført i 2010 og innebar bl.a. en innføring av en bergsikringstabell i vegnormalen, samt nye rutiner for bestemmelse av bergsikringen som ble spesifisert i kontrakt med entreprenør. I korte trekk blir bergsikringen bestemt etter hver salve ved geologisk kartlegging og registrering av Q-verdi (NGI 2022), som begge inngår i en helhetlig vurdering av stabiliteten.

Raset initierte en kartlegging av bergsikringen i alle vegttunnelene i Norge og i en del tunneler ble det gjennomført meget omfattende ettersikringstiltak. Det utføres nå en hovedinspeksjon av tunnelene hvert femte år der bl.a. tilstanden til bergsikringen og stabilitetsforholdene blir vurdert (Statens vegvesen 2016).

Det nevnte regelverket har nå vært aktivt relativt lenge, og for å undersøke hvordan regelverksendringen for utførelse av bergsikringen fungerer i praksis har hovedinspeksjonsrapporter fra tunnelene på europa- og riksvegnettet bygget etter regelverk fra 2010 og senere blitt systematisk gjennomgått. Gjennomgangen er hovedsakelig utført for å undersøke om regelverket for bergsikring er godt nok med tanke på langtidsstabilitet og levetiden på bergsikring, og om det eventuelt er større problemer i enkelte bergmasseforhold enn andre. Dette for å identifisere eventuelle nødvendige justeringer i regelverk for bergsikringen ved bygging av nye tunneler og om det kan være nødvendig med endrede rutiner i driftsfasen.

I de tilfellene det har vært nødvendig med supplerende sikringstiltak har det blitt sett nærmere på hva slags tiltak dette er, hvor omfattende de har vært og hva som er grunnen til tiltakene. I tillegg er også bergmassekvaliteten undersøkt og oppsummert for de tunnelene hvor det er anbefalt tiltak.

Totalt er det bygd ca. 200 tunneler på europa-, riks- og fylkesveger etter regelverket som ble innført i 2010. Det er i denne gjennomgangen gitt tilgang til inspeksjonsrapporter fra tunneler på europa- og riksveger i Statens vegvesens systemer. Tunneler på fylkesveger er ikke med i dette arbeidet.

2 Metode

2.1 Utvalg av tunneler

For å identifisere hvilke tunneler som både er bygget etter bergsikringstabellen i N500 Vegttunneler som ble innført i 2010 og har gjennomgått en hovedinspeksjon er det brukt data hentet fra Drift og vedlikehold og geologisk kartleggings- og bergsikringsdata innhentet fra Vegdirektoratet.

Dataene befant seg i to regneark; *Tunneloversikt, øvelsesplan og inspeksjonsplan* fra Drift og vedlikehold og *Sjekkliste tunneler* fra Vegdirektoratet. I det førstnevnte dokumentet er det bl.a. oversikt over når tunnelene er inspisert og neste gang de skal inspiseres. Det sistnevnte dokumentet inneholder bl.a. en oversikt over hvilke europa- og riksveger i Norge som er sikret med bergsikringstabellen i N500. Det tar en viss tid fra en tunnel blir planlagt etter et nytt regelverk til den blir åpnet og det ble derfor kryssjekket mellom de to dokumentene for å identifisere de aktuelle tunnelene.

For tunneler som ikke var oppført i *Sjekkliste tunneler*, men som ble åpnet etter 2010, ble det i tillegg sjekket om bergsikringstabellen ble brukt ved å lese i sluttrapporter og dokumentasjon fra andre kilder. Hovedinspeksjoner utføres vanligvis hvert 5. år og det er derfor kun et fåtall tunneler åpnet etter 2019 som er inkludert.

Etter identifisering av de aktuelle tunnelene ble hovedinspeksjonsrapporter og andre relaterte dokumenter (notater, vedlegg o.l.) samlet i en egen mappe. I mange tilfeller ble det ikke funnet en fullstendig rapport, men kun notat. I flere tilfeller har rapportene til de aktuelle tunnelene hatt et annet navn enn «hovedinspeksjon» og det har derfor vært utfordringer med å finne frem til rapportene.

Det er opprettet et eget regneark for å samle de innhentede dataene og vurderingene. I noen tilfeller var det avvik mellom tunnelnavnene i grunlagsdataene og der dette har vært tilfelle ble navnet fra «Tunneloversikt, ...» brukt videre.

Regnearket inneholder vegnummer, åpningsår, lengden av tunnelen eller lengden til det lengste løpet om tunnelen har to løp, inspiserbar lengde av bergsikringen langs såle, samt hvilke hovedinspeksjonsrapporter

eller lignende dokumentasjon som var tilgjengelig. Den generelle tilstanden på bergsikringen i tunnelen er lagt inn, i tillegg til utfordringene til sikringen og eventuelle tiltak relatert til disse.

Tunnelene er bygd med ulike typer tunnelkledning som reduserer tilgangen til å inspiser bergsikringen. Inspiserbar lengde av bergsikringen langs såle er registrert som prosent relativt til tunnellengden. Der inspiserbar lengde var gitt i meter ble denne gjort om til prosent ved bruk av tunnellengden. Det kan være noe avvik i tunnellengden og inspiserbar lengde fordi det ikke alltid var like tydelig i rapportene om tunnellengden inkluderte portaler eller ikke. Der inspiserbar lengde bak kledningen ikke var oppgitt direkte, ble dette regnet ut enten ved hjelp av opplysninger oppgitt fra hovedinspeksjonen eller funnet i vedlegg. I noen tilfeller var det ikke mulig å finne ut nøyaktig omfang av inspeksjonen og inspiserbar lengde ble da satt til ukjent.

For de tunnelene der det er anbefalt tiltak er også prosentvis fordeling av bergmasseklasser samt en kort beskrivelse, både spesifikt i områdene der det er gjort tiltak og generelt, inkludert i denne rapporten. Q-verdiene ble som oftest funnet i ingeniørgeologisk sluttrapport, mens tiltakene ble funnet i rapportene/notatene fra hovedinspeksjonene. I de ulike rapportene var det ulikt hvordan Q-verdien/bergmasseklassen var oppgitt. Noen oppga bare prosentvis andel av hver bergmasseklasse, mens andre la ved fullt detaljert utdrag fra den geologiske kartleggingen, med Q-verdien/bergmasseklassen gjennom hele tunnelen, noe som la til rette for å finne Q-verdien/bergmasseklassen på de spesifikke stedene der tiltak var anbefalt.

Om en tunnel skal bli registrert med tiltak må det ha blitt anbefalt og/eller være utført sikringsarbeider. Det at spesialinspeksjon er anbefalt er i denne sammenheng ikke tatt med som at tunnelen krevde tiltak. Tiltak nevnt i rapportene i form av å følge opp en observasjon ble heller ikke notert som tiltak i denne sammenhengen.

2.2 Tiltaksgrad

For å lettere få en oversikt over tiltakene har hver tunnel blitt plassert i en tiltaksgrad som definert under. Inndelingen har fire kategorier: Ingen, enkle, betydelige og omfattende tiltak. *Enkle tiltak* er typisk installering av opp til noen titalls bolter, satt der det er bom eller sprekker i sprøytebetongen. *Betydelige tiltak* er typisk installering av over 100 bolter, systematisk bolting ved undersikring, eksponert leirholdig berg og/eller fare for utvikling av stabilitetsproblemer over tid. *Omfattende tiltak* innebærer mangler med bergsikring som medfører fare for totalstabiliteten og som ville kreve ny prosjektering av bergsikringen.

3 Resultater

3.1 Utvalg

Utvalget er utført som forklart i kapittel 2.1. Totalt i Norge er det over 1200 vegtunneler fordelt på europa-, riks- og fylkesvegnettet. Det ble det funnet 95 tunneler som ble åpnet fra og med 2010 på europa- og riksveger. Omtrent det samme antallet er åpnet på fylkesvegnettet, men de er ikke en del av datasettet i denne undersøkelsen.

Av de tunnelene på europa- og riksveg som er åpnet etter 2010 er det 86 som er bergsikret med regelverket fra 2010. Av disse tunnelene er det funnet 57 med utført hovedinspeksjon og som dermed er inkludert i datasettet som er undersøkt nærmere. I denne siste eksklusjonen er tunnelene hovedsakelig for nye til å ha fått utført en hovedinspeksjon. De resterende tilfellene gjelder tunneler som burde vært inspisert siden de er eldre enn 5 år, men det er ikke funnet dokumentasjon fra inspeksjoner.

3.2 Tunnelenes tiltaksgrad

Av de 57 tunnelene inkludert er det 16 der det er anbefalt supplerende tiltak til bergsikringen. Tabell 1 viser hvilke tunneler som fikk anbefalt tiltak og deres tiltaksgrad (se kapittel 2.2). For de 57 tunnelene hadde 18 % enkle tiltak, 10 % hadde betydelige tiltak og ingen hadde omfattende tiltak. I vedlegg 1 er det gitt en detaljert oversikt over alle de 57 aktuelle tunnelene som ble gjennomgått. Vedlegget inkluderer vegnummer, åpningsår, lengde på tunnel, hvilke hovedinspeksjonsrapporter o.l. som er funnet, generell tilstand på bergsikringen, utfordringene til sikringen, tiltaksgrad, omfang av tiltak, inspiserbar lengde og bergmasseklasser.

Tabell 1: Oversikt over tunnelene som fikk anbefalt tiltak etter hovedinspeksjon (eller befaring), med vegnavn, åpningsår, lengde på tunnelen og tiltaksgrad. Tiltaksgrad viser om de anbefalte tiltakene var enkle (E) eller betydelige (B). (*sørgående løp)

Tunnelnavn	Vegnr.	Åpnet	Lengde [m]	Tiltaksgrad
Eidsnakkunnelen	E39	2012	1620	E
Fyrdsberg tunnelen	E39	2011	1123	E
Harangstunnelen	E39	2014	790	E
Kråkmotunnelen	E6	2015	526	E
Kålfjordtunnelen	E6	2013	1279	E
Nordnestunnelen	E6	2018	5788	E
Oppdølsstrandtunnelen	Rv. 70	2014	7578	E
Røvik tunnelen	Rv. 80	2011	2058	E
Ørgenviktunnelen	Rv. 7	2014	3635	E
Øyertunnelen	E6	2012	3900	E
Eidsvolltunnelen*	E6	2011	1190	B
Gran tunnelen	Rv. 4	2017	1726	B
Kvivstunnelen	E39	2012	6578	B
Teigkamptunnelen	E6	2016	3747	B
Vangstunnelen	E16	2013	2469	B
Vågstrandtunnelen	E136	2014	3706	B

3.3 Tunneler med enkle tiltak

Tunnelene som hadde behov for enkle supplerende tiltak til bergsikringen er oppsummert i dette kapitlet. Oppsummeringen består av de viktigste punktene fra hovedinspeksjonene og ingeniørgeologisk sluttrapport. Hvilke inspeksjonsrapporter som er funnet er vist i vedlegg 1.

3.3.1 Eidsnakkunnelen (E39)

Funn fra hovedinspeksjon og anbefalte tiltak

Ifølge notat fra hovedinspeksjon i 2019 ble det i Eidsnakkunnelen registrert 13 sprekker i sprøytebetong, 24 områder med bom, ett område som utvider seg (profilnr. 15140–15150), og en vrakbolt. Forslag til tiltak var installasjon av 12–15 bolter i områdene der det er bom. Dette ble anbefalt ved profilnr. 15389–15390, 15140–15150, 15120–15125, 14955–14965 og 710–730. I 2020 ble 18 bolter montert i disse områdene.

Litt over 50 % av bergsikringen var tilgjengelig for inspeksjon. Sluttrapporten beskriver tre soner som bør inspiseres i driftsfasen, men disse lot seg ikke inspiseres under hovedinspeksjonen fordi de var dekket av VF-sikring.

Bergmassekvalitet

Ifølge sluttrapporten for tunnelen var berget i Eidsnakkunnelen for det meste av god til svært god kvalitet. 74 % hadde bergmasseklasse A/B, 16 % C, 7 % D og 3 % E ($Q < 1$). Det var fire soner som hadde $Q < 1$. En av disse var oppgitt til å være mellom profilnr. 14310–14385. Det ble også funnet to soner med middels aktive sveleegenskaper, ved profilnr. 14406 og 14303.

Det er ingen direkte informasjon i sluttrapporten som tyder på at områdene der tiltak ble anbefalt under hovedinspeksjon var spesielt utfordrende under driving. Områdene der tiltak ble utført er verken innenfor den ene sonen med $Q < 1$ som ble nevnt spesifikt, eller der det ble funnet leire med middels aktive sveleegenskaper. De anbefalte tiltakene angår ingen av sonene som det står spesifikt i sluttrapporten at bør inspiseres i driftsfasen.

3.3.2 Fyrdsberg tunnelen (E39)

Funn fra hovedinspeksjon og anbefalte tiltak

Ifølge notat fra hovedinspeksjon i Fyrdsberg tunnelen i 2019 ble det registrert ni områder med bom og fire områder med sprekker i sprøytebetong, hvorav et av områdene var «ganske stort» (km 10570–10650).

Forslag til tiltak var installasjon 10–15 bolter på et område, mellom profilnr. 20520–20560 (km 10570–10660), innen et år. Det anbefalte tiltaket gjaldt altså hovedsakelig innenfor det «ganske» store området med bom og sprekker. Det ble ifølge «E39 Volda-Horningdal Sluttrapport» montert 14 bolter. Rundt 9 % (101 av 1123 m) av bergsikringen var tilgjengelig for inspeksjon.

Bergmassekvalitet

Ifølge sluttrapporten for Fyrdsberg tunnelen var bergmassen i denne tunnelen for det meste av god til svært god kvalitet, og med en relativt stor andel middels kvalitet. 64 % hadde bergmasseklasse A/B, 22 % C, 10 % D og 4 % E.

Det ble registrert tre områder med bergmasseklasse E. Dette var to mindre soner i begge ender av tunnelen og en sone mellom profilnr. 20015–20063. Det ble også funnet en kraftig vannførende svakhetsone ca. ved profilnr. 20055.

Området det ble gjort tiltak på var mellom profilnr. 20520–20560. Dette er derfor trolig ikke innenfor områdene med bergmasseklasse E. De anbefalte tiltakene angår ingen av sonene som det står spesifikt i sluttrapporten at bør inspiseres i driftsfasen.

3.3.3 Harangstunnelen (E39)

Funn fra hovedinspeksjon og anbefalte tiltak

Ifølge rapport fra hovedinspeksjon av Harangstunnel i 2018 ble tunnelens tilstand vurdert som god. Det ble registrert at sprøytebetongen stedvis ikke går helt ned, og at det i områdene med dårlig bergkvalitet var nedfall fra den usprøytede delen. Det ble også observert enkelte riss i sprøytebetonghvelvet. Anbefalte tiltak var rensk og reparasjon av sprøytebetong i overgangen mellom veggelement og sprøytebetonghvelv innen et år, i et område mellom «P5785–P5885». Bergsikringen i tunnelen var inspiserbar i 80 % av lengden på den ene siden og langs hele lengden på den andre siden. Altså var omtrent 90 % av bergsikringen inspiserbar.

Bergmassekvalitet

Ifølge rapporten fra hovedinspeksjonen av Harangstunnelen i 2018 var bergmasseklassene hovedsakelig C og D. Det var to områder med bergmasseklasse E. Disse to områdene er 70 m og 10 m lange. Ifølge sluttrapporten for tunnelen hadde omtrent 44 % bergmasseklasse C, 44 % D og 12 % E.

I henhold til vedlegg 1 i hovedinspeksjonen har området med tiltak hovedsakelig bergmasseklasse E, men også noe D. Området med tiltak inkluderer altså den lengste strekningen på 70 m med dårligst bergmassekvalitet i tunnelen.

3.3.4 Kråkmotunnelen (E6)

Funn fra hovedinspeksjon og anbefalte tiltak

Ifølge notat fra hovedinspeksjon 2021 av Kråkmotunnelen ble det registrert 15 bomme partier, samt ett sted med riss i sprøytebetongen. Anbefalte tiltak var montering av 14 bolter der det er bom i sprøytebetongen. Alle boltene skulle settes mellom profilnr. 225–295.

Grovt regnet var omtrent 17 % av bergsikringen inspiserbar (fra illustrasjon i hovedinspeksjon), resten var dekket med vf-sikring.

Bergmassekvalitet

Ifølge sluttrapporten for Kråkmotunnelen var Q-verdien for bergmassen mellom 1,5–2, noe som tilsvarer bergmasseklasse D, gjennom hele tunnelen. Ingen forhold ble oppgitt å kreve spesiell overvåkning under driftsfasen. Bergmassekvaliteten var altså så å si lik gjennom i hele tunnelen, men de supplerende boltene som ble anbefalt skulle kun settes i området mellom profilnr. 225–295.

3.3.5 Kåfjordtunnelen (E6)

Funn fra hovedettersyn og hovedinspeksjon, og anbefalte tiltak

Ifølge notat fra hovedettersyn av Kåfjordtunnelen i 2015 ble det ikke registrert noen stabilitetsproblemer med korttidshorisont. Ifølge notat fra hovedinspeksjon i 2021 var tilstanden på bergsikringen bak hvelv vurdert

som god. Det ble registrert en feilmontert bolt og to områder der bolteplatene ikke var strammet inntil sprøytebetongen. Anbefalte tiltak for bergsikring i tunnelen i 2021 var montering av tre bolter ved profilnr. 99, 657 og 926 (der den ved 926 erstatter feilmontert bolt), og stramming av bolter inntil berget ved to lokaliteter (profilnr. 114–116). Det ble inspisert bak hvelv i 2021, men det er ukjent hvor lang den inspiserbare lengden var.

Bergmassekvalitet

Ifølge sluttrapporten fra Kåfjordtunnelen var det noe ulik tolkning mellom SRF-verdien mellom entreprenøren og byggherren. Dette ga enkelte avvik mellom Q-verdien entreprenøren kartla, og permanentsikringen som ble utført.

Av den kartlagte distansen i tunnelen var omtrent 22,4 % bergmasseklasse C, 40,4 % D, 31,1 % E og 6,1 % F. Dette er beregnet ut ifra illustrasjonene i vedlegg 14 i sluttrapporten for tunnelen.

Sluttrapporten og hovedinspeksjonen oppgir ulike profilnumre. Hovedinspeksjonen oppgir profilnumre fra 0 i vest (Strømsnes) til 1279 i øst (Kvenvik), mens sluttrapporten oppgir 35903 (Strømsnes) til 37113 (Kvenvik). Dette gjør det utfordrende å direkte finne Q-verdier for områdene med tiltak. Ifølge sluttrapporten har vestre del av tunnelen den beste bergmassekvaliteten, mens midtre og østre del har generelt dårligere kvalitet på bergmassen. Profilnummereringen fra hovedinspeksjonen indikerer dermed at de fleste tiltakene sannsynligvis ble anbefalt i områdene med den bedre bergmassekvaliteten, men dette er ikke sikkert, da det ikke er kjent hvor skillet går. I tillegg kan det være lokale variasjoner.

3.3.6 Nordnestunnelen (E6)

Funn fra hovedinspeksjon og anbefalte tiltak

Ifølge rapport fra hovedinspeksjon av Nordnestunnelen i 2023 var stabiliteten, tilstanden og funksjonen til bergsikringen generelt god. Det ble registrert noen områder med bom sprøytebetong i heng eller vederlag. Det ble også registrert riss og oppsprekking av sprøytebetongen i noen områder. Det ble registrert ett nedfall i nedre del av veggen (profilnr. 5035).

Anbefalte tiltak var montering av fem bolter, samt spettersk på en lokalitet, innen 1–2 år (profilnr. 1915 og 1920–1925), mens spettersk var anbefalt ved profilnr. 2085. Omtrent 65 % av strekningen bak hvelv var tilgjengelig for inspeksjon.

Bergmassekvalitet

Ifølge sluttrapporten fra Nordnestunnelen var kartlagte bergmasseklasser i tunnelen 76 % A/B, 17 % C, 5 % D og 2 % E. Det var bergmasseklasse D og E fra Monsastubergan (vestre påhugg) og ca. 170 m inn, og fra Bergli (østre påhugg) og ca. 50 m inn i tunnelen. Det ble også påtruffet en svakhetsone under driving mellom profilnr. 3359–3370 med bergmasseklasse E, og noen korte partier i tunnelen med bergmasseklasse D.

Profilnummereringen i sluttrapporten og hovedinspeksjonen er noe ulik. Hovedinspeksjonen går fra profilnr. 0 i vest (Monsastubergan) til 5788 i øst (Bergli), mens sluttrapporten oppgir profilnr. fra 510 i vest til 6250 i øst. Det gjør det utfordrende å finne nøyaktige Q-verdier til områdene med tiltak. En kan likevel tolke at det ikke var anbefalte tiltak i områdene med lavere sikringsklasser ved påhuggene, da alle de anbefalte tiltakene befinner seg et stykke inn i tunnelen.

3.3.7 Oppdølsstrandtunnelen (Rv. 70)

Funn fra hovedinspeksjon og anbefalte tiltak

Ifølge rapport fra hovedinspeksjon av Oppdølsstrandtunnelen i 2018 var inspeksjon kun tilgjengelig i tunnelrom. I fire områder (4 % av tunnellengden) var det synlige områder med sprøytebetong og bergbolter. Dette var mellom profilnr. 3060–3100, 3940–4030, 4240–4300 og 4600–4715. I alle disse områdene ble det registrert bom sprøytebetong, som ble tolket at skyldes bevegelse i bergmassen bak sprøytebetongen. Mengden bomme partier var «overraskende stor vurdert, alderen til tunnelen tatt i betraktning». Det ble også registrert riss i nærhet til mange av de bomme partiene. Anbefalte tiltak på kort sikt var montering av 20 bolter i bomme partier i sprøytebetongen. Det ble i tillegg observert at det virket som det allerede var gjort noe

supplerende bolting på ukjent tidspunkt, og av ukjent omfang. Forfatterne av denne rapporten vil presisere at man ikke kan forvente at det ikke skal være bom i sprøytebetongen i en tunnel med sprakeberg slik som i Oppdølsstrandtunnelen og at dette *kan* være en helt normal tilstand for bergsikringen under slike bergmasseforhold.

Bergmassekvalitet

Ifølge sluttrapporten for Oppdølsstrandtunnelen ble Q-verdien kartlagt i 97,8 % av tunnelen. 24,4 % av hele tunnelen fikk kartlagt bergmasseklasse A/B, 52,4 % C, 20,1 % D og 0,8 % E. Det ble også kartlagt leire med 140 % fri svelling og høyt svelletrykk ved profilnr. 5946. Der er det en svakhetssone som strekker seg ca. fra profilnr. 5925–6000.

Ifølge figur 12–16 i sluttrapporten, ser det ut til at profilnumrene det ble avdekket bom sprøytebetong på har bergmasseklasse omtrent A/B til C (for profilnr. 3060–3100), og C (for profilnr. 3940–4030, 4240–4300 og 4600–4715). Dette er omtrentlige verdier, fordi figurene var vanskelig å lese av for nøyaktige profilnumre.

3.3.8 Røviktunnelen (Rv. 80)

Funn fra hovedettersyn og hovedinspeksjon, og anbefalte tiltak

Ifølge notat fra hovedettersyn av Røviktunnelen i 2015 ble det registrert en god del partier med bom sprøytebetong og riss i sprøytebetongen. Det ble ikke anbefalt noen tiltak, men det står at to nye bolter ble satt i bomt parti i sprøytebetong.

Ifølge notat fra hovedinspeksjon i 2020 var tilstanden til tunnelen generelt bra. Det ble også observert en del bom og noen riss i sprøytebetong, samt små nedfall av berg i nedre del av veggen bak hvelvet. Anbefalte tiltak var kun rensk av en liten blokk på 0,2 m³ (profilnr. 1880).

Det ble i begge tilfeller inspisert bak hvelv, men ukjent i hvor stor grad.

Bergmassekvalitet

Ifølge sluttrapporten for Røviktunnelen besto berggrunnen i tunnelen av hovedsakelig middels til godt berg, men det er noe berg av dårligere kvalitet. Kartleggingen av Q-verdiene i denne tunnelen baserte seg på etterkartlegging av veggene i tunnelen. Det var kun mulig der entreprenøren ikke sprøytet helt ned som arbeidssikringen. Årsaken til at det ble gjort slik er trolig fordi tunnelen ble lagd i overgangen til det nye regelverket fra 2010. Berggrunnen ble klassifisert som hovedsakelig middels til godt berg. På Strømnes-siden fra påhugg profilnr. 6058 til omtrent 7725 varierte den kartlagte Q-verdien mellom 5–40, som tilsvarer bergmasseklasse B og C. På Røvik-siden fra omtrent profilnr. 7725 til påhugg profilnr. 8095 varierte den kartlagte Q-verdien mellom 0,3–2, altså bergmasseklasse D og E.

Sluttrapporten og notatet fra hovedinspeksjonen bruker ulike profilnumre. Sluttrapporten bruker 6058–8094 (Fra Strømnessiden til Røviksiden), mens notatet fra hovedinspeksjonen starter på profilnr. 0 ved betongportalen på Røviksiden. Profilnr. 1880 fra hovedinspeksjonen er derfor trolig på Strømnes-siden. Bergmasseklassen i dette området er derfor trolig mellom B og C. Tiltak var altså dermed ikke nødvendig i områdene i tunnelen med dårligst bergmassekvalitet.

3.3.9 Ørgenviktunnelen (Rv. 7)

Funn fra hovedinspeksjoner og anbefalte tiltak

Ifølge notat fra hovedinspeksjon i 2018 ble det ikke gjort funn i noen av skadekategoriene, og Ørgenviktunnelen fremsto som godt sikret. Omtrent 87 % av tunnelen var inspiserbar langs sålen bak veggelementene. Denne inspeksjonen inkluderte ikke hengen.

Ifølge rapport fra hovedinspeksjon i 2022 fremstod sikringen som god og funksjonell. Under denne inspeksjonen ble hengen inspisert. Det ble markert ett område med sprekk/riss i sprøytebetongen (profilnr. 13460) og ett sted med bom sprøytebetong (profilnr. 11960). Det ble funnet gammel avskalling av sprøytebetongen på flere lokasjoner. Ved tre lokasjoner var det mangler ved utført sikring. Bomt berg ble observert ved ni profilnumre, og noen av disse områdene hadde også sprekker. Anbefalte tiltak var 14 bolter på områdene med bomt berg eller sprekk i sprøytebetongen, ved profilnr. 12850, 12980, 13057, 13108, 13215,

13223, 13235, 14105 og 14210. Alle boltene ble markert i hengen. Ved profilnr. 13235 ble det også anbefalt rensk og sprøytebetong.

Ved hovedinspeksjonen i 2022 var omtrent 90 % av tunnelen inspiserbar langs sålen bak veggelementene. Det sto også «Ingen tiltak bak hvelv nødvendig». Her er det trolig snakk om at det ikke var nødvendig med tiltak bak veggelementene, kun i hengen uten elementer.

Bergmassekvalitet

Ifølge notat fra sluttrapporten for Ørgenviktunnelen hadde 46 % av bergmassen bergmasseklasse A/B, 21 % C, 19 % D og 13 % E. Det ble funnet middels aktiv svelleleire ved profilnr. 13349–13467 og meget aktiv svelleleire ved profilnr. 13582.

Ifølge utskrift fra Novapoint har seks av profilnumrene med tiltak bergmasseklasse A/B, og tre har bergmasseklasse C. Altså var det ikke nødvendig med tiltak i områdene med dårligst bergmasse.

3.3.10 Øyertunnelen (E6)

Funn fra hovedinspeksjon og anbefalte tiltak

Ifølge rapport fra hovedinspeksjon av Øyertunnelen i 2017–2018 ble det registrert en del bomt berg i sammenheng med et område med høy bergmasseoverdekning og et vertikalt sprekkesett orientert langs tunnelretningen. Dette gjelder spesielt profilnr. 15300–15800. Stabiliteten ble vurdert til å være tilfredsstillende på daværende tidspunkt. Anbefalte tiltak innen 2 år var å fikse manglende bergsikring ved profilnr. 14715 og å boltesikre et avløst blokkparti ved profilnr. 15285.

Omtrent 88 % av tunnelen var inspiserbar langs såle bak hvelv.

Bergmassekvalitet

Ifølge sluttrapporten for Øyertunnelen var Q-verdien hovedsakelig mellom 10 til 40 i sørlige halvdel, med noen partier ned mot 5. Midtpartiet har omtrent samme Q-verdier, mellom 5–40, og noen enkelte lag ned mot 1. Den nordre delen, fra profilnr. 16700 til påhugget ved profilnr. 16960 har den dårligste bergmassekvaliteten. Mellom profilnr. 16703–16730 ble det registrert Q-verdier ned mot 1, og enda lavere på et lokalt område på profilnr. 16726. Flere steder er det registrert verdier ned mot 1, og enda lavere i et lokalt område midt i hengen ved profilnr. 16726. Fra det området og til nordre påhugg er Q-verdien typisk rundt 5, med gode partier opp til 15 og enkelte dårligere skiferlag ned til 1,0–0,5. For denne tunnelen er det også ifølge sluttrapporten «ingen eller meget liten risiko for at det noen gang vil oppstå ustabilitet i vegger eller heng som følge av svelletrykk i leirsoner».

Altså var ingen av de to områdene med tiltak innenfor området med dårligst bergkvalitet. De er begge innenfor områdene med Q-verdier på mellom 5–40. Det ble ikke funnet mer detaljert informasjon om nøyaktig hva Q-verdien er ved de spesifikke profilnumrene der tiltak kreves.

3.4 Tunneler med betydelige tiltak

Tunnelene som hadde behov for betydelige supplerende tiltak til bergsikringen er oppsummert i dette kapitlet. Oppsummeringen består av de viktigste punktene fra hovedinspeksjonene og ingeniørgeologisk sluttrapport. Hvilke inspeksjonsrapporter som er funnet er vist i vedlegg 1.

3.4.1 Eidsvolltunnelen, sørgående løp (E6)

Funn fra ingeniørgeologisk inspeksjon og hovedinspeksjon, og anbefalte tiltak

Løpene i Eidsvolltunnelen er bygget på ulike tidspunkter og bare sørgående løp i Eidsvolltunnelen er sikret etter regelverket innført i 2010. Derfor er det bare informasjon for dette løpet det blir tatt hensyn til her.

Ifølge ingeniørgeologisk inspeksjon i 2015 var bergsikringen i god stand. Skader relatert til bergsikringen var i hovedsak knyttet til rennende vann/vanndråper, løse blokker i heng/vederlag og nedbrytning av sprøytebetong. De bomme og løse blokkene var i hovedsak <300 kg. Det ble også registrert fjellbånd og bolt med trekantskive i områder hvor fjellbånd ikke var sprøytet med sprøytebetong. Sprøytebetongens tykkelse i vederlaget var også tynn. Anbefalte tiltak gjaldt for to områder «rundt 1898 m», hvor leire var eksponert og

trykket på sprøytebetongen, samt fire områder med større mengder vann. Rapporten spesifiserer at tiltak burde iverksettes i løpet av et år, men spesifiserer ikke hva tiltakene er.

Ifølge rapport fra hovedinspeksjon i 2020 var avvikene/skadene relatert til bergsikringen knyttet til det samme som i 2015. Bergsikringsboltene var i generelt god stand, men noen av de var dårlig innspent med løs plate. Sprøytebetongen var av varierende kvalitet og tykkelse. Det ble også observert avløste blokker og bomt berg, samt mindre nedfall. Det var ingen anbefalte tiltak i sammenheng med bergsikringen. I rapporten står det også at hvelvet ble vurdert til å være i generelt god stand.

Hele lengden bak hvelv langs såle var inspiserbar for begge inspeksjonene. I 2015 ble det inspisert på hvelvet der stige var montert på innsiden av hvelvet. Det ble ikke inspisert på hvelv i 2020.

Bergmassekvalitet

Ifølge sluttrapporten til Eidsvolltunnelen varierte den registrerte Q-verdien mellom 0,033–18, tilsvarende bergmasseklasse F til B. Det ble også tatt flere leirprøver for testing av svelleegenskaper. Disse viste hovedsakelig meget stor fri svelling, og lite til stort svelletrykk.

I rapporten fra hovedinspeksjonen i 2015, som anbefalte tiltak, står det at «I sydløpet er det ingen tydelig kobling mellom avvik som er registrert og kontrollpunktene i Geologisk sluttrapport, Eidsvolltunnelen, fra byggetiden».

3.4.2 Granstunnelen (Rv. 4)

Funn fra hovedinspeksjon og anbefalte tiltak

Ifølge rapporten «Geologisk inspeksjon av berg og bergsikring 2021–2022», som innebærer hovedinspeksjon i 2021 og befaring oppå hvelv i 2022, var det flere problemer i denne tunnelen. Den valgte SRF-verdien under driving var for lav i noen områder, noe som førte til undersikring av tunnelen i de områdene (for høy Q-verdi). I tillegg var det flere avvik fra driving. Dette innebar blant annet for tynn sprøytebetong, bolter satt for tidlig, mekaniske skader og mulig dårlig kvalitet på betong. I tillegg var det utfordringer knyttet til alunskifer og galgeberg. Det ble under inspeksjon funnet blant annet flere riss og sprekker i sprøytebetong, samt bomberg. I 2022 ble det også registrert en nedfallshendelse i et tverrslag. Dette var til tross for at det tidligere var gjort tiltak i form av påføring av nett, grunnet for tynn sprøytebetong.

Anbefalte tiltak var rensk, ettergysing av eksisterende ugyste bolter, sikring med sprøytebetong og påføring av sementmørtel i/på sprekker. I tillegg ble systematisk bolting anbefalt i området med nedfall og i ett område i nordgående løp. Neste hovedinspeksjon ble anbefalt å utføres i 2024, tidligere enn det normale inspeksjonsintervallet på 5 år. Områdene det ble anbefalt sikringstiltak var for sørgående løp profilnr. 8095–8100, 8390–8400 og 8650–8667, og for nordgående løp 8445, 8684–8695 og 8875–8880.

Omtrent 73 % av bergsikringen bak hvelv langs såle var tilgjengelig for inspeksjon (fra egen utregning ut fra vedlegg 2 fra rapport fra hovedinspeksjon 2021–2022).

Bergmassekvalitet

Av den kartlagte distansen i nordgående løp av Granstunnelen var omtrent 17 % bergmasseklasse A/B, 56 % C, 19 % D og 9 % E. Av den kartlagte distansen i sørgående løp var omtrent 19 % bergmasseklasse A/B, 52 % C, 21 % D og 8 % E. Totalt, av den kartlagte distansen, var omtrent 18 % A/B, 54 % C, 20 % D og 8 % E. Andelen i hver bergmasseklasse ble beregnet ut fra illustrasjonene i «Vedlegg I – Fra Novapoint Nordgående og Sørgående løp» fra sluttrapporten til tunnelen.

Tabell 2 viser de kartlagte bergmasseklassene for tiltaksområdene, fra sluttrapporten til tunnelen. Som nevnt tidligere ble noen deler av tunnelen undersikret ifølge vurderingen om at SRF-verdien ble satt for lavt. Tabell 2 viser derfor også om disse områdene var innenfor et av områdene med avvik mellom teoretisk og kartlagte SRF-verdier. Områdene med avvik i SRF-verdi er hentet fra rapporten fra den geologiske inspeksjonen i 2022.

Tabell 2: Kartlagte bergmasseklasser og om det er avvik mellom teoretisk og kartlagt SRF for områdene med anbefalte tiltak i Granstunnelen.

Sørgående løp, profilnr. for områder med anbefalte tiltak	Kartlagt bergmasseklasse	Avvik mellom teoretisk og kartlagt SRF
8095 – 8100	A/B	Nei
8390 – 8400	C	Ja
8650 – 8667	D	Nei
Nordgående løp, profilnr. for områder med anbefalte tiltak		
8445	A/B	Ja
8684 – 8695	C (1 m med D)	Nei
8875 – 8880	D	Nei

Tabell 2 viser at to av seks områder hvor tiltak ble anbefalt ved hovedinspeksjonen, hadde avvik mellom teoretisk og kartlagt SRF, og var derfor mulig undersikret. Det er derfor mulig at disse områdene ikke hadde hatt behov for supplerende sikringstiltak dersom Q-verdien hadde blitt satt rett ved driving av tunnelen. For de resterende områdene med anbefalte tiltak, ble det ikke funnet avvik mellom teoretisk og kartlagt SRF, og de har derfor trolig fått kartlagt en passende Q-verdi. Av områdene med tiltak uten SRF-avvik har altså ett område bergmasseklasse A/B, ett område C og to områder D. Det har altså hovedsakelig vært behov for supplerende sikring i middels til dårlig bergmasse, samt ett område med svært/ekstremt god bergmasse. Det er verdt å nevne at området med bergmasseklasse A/B hadde, ifølge hovedinspeksjonen, noen avvik i utførelsen av sikringen slik som dårlig rensk, tidlig bolting, tynn betong og mulig dårlig herdetid på betong.

3.4.3 Kvivstunnelen (E39)

Funn fra hovedinspeksjon og anbefalte tiltak

Ifølge notat fra hovedinspeksjon av Kvivstunnelen i 2018 ble det registrert bekymringsfullt mange sprekker og bomme områder for en forholdsvis ny tunnel. Det ble registrert 57 områder med sprekker i sprøytebetongen og 69 områder med bom sprøytebetong. Det var fire strekninger med både sprekker og bomme områder. Det ble også registrert fem vrakbolter.

Anbefalt tiltak var montering av 290–350 bolter, samt påføring av noe sprøytebetong innen et år. Dokumentet «E39 Volda- Horningdal sluttrapport» omhandler utførte tiltak i flere tunneler. Faktisk antall monterte bolter i tunnelen ble 148 og det ble sprøytet til sammen et lass med betong på to punkter.

Ifølge rapporten fra hovedinspeksjonen var tiltakene krevd på strekningene mellom profilnr. 8230–8240, 8920–8930, 8990–9010, 9480–9660, 9840–9860, 11650–11670 og 11890–11940. Det var mulig å observere sprøytebetongen brukt som bergsikring i 60 % av tunnelen.

Bergmassekvalitet

Bergmassen i Kvivstunnelen viste seg ved driving å være eksepsjonelt godt tunnelfjell, ifølge sluttrapporten fra tunnelen. 79,3% hadde bergmasseklasse A/B, 18,7 % C, 1,9 % D og 0,1 % E.

Det var kun en sone med dårlig bergmasse som ble registrert. Dette var i en skjærsone med oppknust berg og noe svelleleire med moderate svelleegenskaper. Ifølge sluttrapporten burde spesifikt dette området (profilnr. 9055–9095) inspiseres i driftsfasen. Tiltakene hovedinspeksjonen anbefaler angår ikke denne sonen. I denne tunnelen var det altså generelt eksepsjonelt godt tunnelfjell, men likevel relativt stor grad av tiltak.

3.4.4 Teigkamptunnelen (E6)

Funn fra hovedinspeksjon og spesialinspeksjoner, og anbefalte tiltak

Ifølge rapport fra hovedinspeksjon av Teigkamptunnelen i 2021 var bergsikringen tilstrekkelig og i generelt god stand i mesteparten av tunnelen. Det ble funnet flere områder med bom, riss og sprekker i sprøytebetongen, som regel i forbindelse med de kartlagte svakhetssonene. Mellom P35800-P35820 ble det funnet tydelige tegn til deformasjon i form av riss, større sprekker, en løs/utpresset bolt og bøyde/deformerte

forankringsbolter i vederlag og heng. Det ble mistenkt at deformasjonen på boltene kan skyldes svelleleire, da det også var funnet meget aktiv svelleleire mellom P35740–P36780.

Det ble anbefalt tiltak snarest mulig for sonen mellom P35800–P35820 som viste tydelige tegn til deformasjon. Det står ikke i rapporten fra hovedinspeksjonen hva de anbefalte tiltakene er.

Ifølge bilag 2 fra hovedinspeksjonen var omtrent 95 % av tunnelen tilgjengelig for inspeksjon bak hvelv langs såle.

På grunnlag av observasjonene fra hovedinspeksjonen ble det utført spesialinspeksjon en måneds tid etter, i området med tydelige tegn til deformasjon. Ifølge rapporten fra spesialinspeksjonen i 2021 ble to ulike løsninger foreslått. Ifølge spesialinspeksjon i 2023 ble løsningen å montere 53 bolter gjennom hvelv i sonen med tydelige tegn til deformasjon. Den andre alternative løsningen var å ta ned hele hvelvet, bombanke, renske, for så å sikre. Ifølge rapport fra spesialinspeksjonen i 2023 virker det som den valgte løsningen ga ønsket effekt. Videre tiltak var å følge opp området årlig fram til neste hovedinspeksjon.

Bergmassekvalitet

Av den kartlagte distansen i Teigkamptunnelen var omtrent 80 % bergmasseklasse A/B, 15 % C, 3 % D, 2 % E, og liten sone på ca. 6 m hadde bergmasseklasse F. Dette ble beregnet ut ifra illustrasjonene i Vedlegg 2 i sluttrapporten for tunnelen.

Sonen med tydelig deformasjon ble ikke utpekt som en av svakhetssonene i tunnelen i sluttrapporten. I følge hovedinspeksjonen ble denne sonen kartlagt med Q-verdi på 8, tilsvarende bergmasseklasse C, under driving. I området med aller dårligst berg, bergmasseklasse F, ble det kun funnet sprekker og riss som bør følges opp ved neste inspeksjon.

3.4.5 Vangstunnelen (E16)

Funn fra befaringer og anbefalte tiltak

For Vangstunnelen ble det ikke funnet noen rapport fra hovedinspeksjon, men det ble funnet to notater fra to befaringer med såpass interessante funn at det ble besluttet å ta med denne tunnelen

Det ble i 2021 utført en befaring i forbindelse med oppsprekking og nedfall av betong. Ifølge notat fra befaringen ble det funnet store mengder bom betong jevnt fordelt langs tunneløpet, men særlig ved inngang/utgang til nisje. Områdene varierte fra noen få m² til flere titalls m². Det ble vurdert til å være fare for nedfall i områdene med bom sprøytebetong og oppsprekking. Det ble også funnet områder med for tynn sprøytebetong på 2–3 cm i stedet for minimumskravet til N500 på 8 cm. Problemer med oppsprekking og nedfall har ifølge notatet fra befaringen også vært omtalt som et problem tidligere, både under driving, og i to notat fra 2015 og 2017. Etter disse notatene ble det utført bolting av bom i betongen. Ifølge notatet fra 2021 ville trolig problemet med bom vært mindre om alle salvene i klasse C og D hadde blitt boltet systematisk utenfor sprøytebetongen, og boltene strammet skikkelig inntil.

Foreslåtte tiltak var rensk med spett i de områdene med oppsprukket betong hvor det var mulig, bolting av områder med bom større enn ca. 1,5 m² med begynnende oppsprekking, systematisk bolting (c/c 2 m) på store områder med bom over hele hengen, og eventuelt bruk av fjellbånd for å fange opp områder med bom. Trekantplate på boltene kunne med fordel bli brukt. Ifølge «Registreringsskjema i samband med statusrapport» ble det merket for ca. 500 bolter i tunnelen. Tre av områdene ble merket for systematisk bolting, mens resten av boltene var «spredt».

Ifølge notat fra befaring i forbindelse med oppfølging av sikringsarbeid i 2021 ble det rensket ned flere områder med løs betong. Berget bak var svært glatt og hadde et svart belegg av grafitt, som kan ha gitt dårlig heft. Det ble også funnet noe bomt berg. Det ble anbefalt å påføre mer sprøytebetong før det blir boltet systematisk i de to områdene med størst utstrekning, 75 m utstrekning til sammen.

Det ble ikke funnet ut hvor mye av bergsikringen som var inspiserbar.

Bergmassekvalitet

Ifølge sluttrapporten for Vangstunnelen ble 89 % av tunnelens lengde i berg kartlagt. Noe over 10 % av kartlagt bergmasse tilhørte bergmasseklasse A/B, 76 % C, noe over 10 % tilhørte D og <0,5 % E.

Boltene anvist i «registreringsskjema i samband med statusrapport» har andre profilnumre enn profilnumrene oppgitt i sluttrapporten. Ut ifra informasjonen tilgjengeliggjort for dette prosjektet har det derfor ikke vært mulig å vite hva Q-verdien i områdene med tiltak er.

3.4.6 Vågstrandstunnelen (E136)

Funn fra hovedinspeksjon og anbefalte tiltak

Ifølge notat fra hovedinspeksjon av Vågstrandstunnelen i 2019 var det mange områder med riss/sprekker eller bom i sprøytebetongen. Det ble registrert ett område med dårlig kvalitet på sprøytebetongen, slik at den drysset ned ved forsiktig skraping med renskespett. Det ble også registrert to områder med tynn sprøytebetong og 17 feilinstallerte bolter. Det ble registrert mange bompartier i sprøytebetongen, ofte i sammenheng med riss og sprekker, særlig i vederlag og heng. Mange av disse områdene hadde allerede i forkant av hovedinspeksjonen blitt ettersikret med bergbolter.

Anbefalte tiltak var montering av 110 bolter som sikring av oppsprukket og bom sprøytebetong, etterstramming av de feilinstallerte boltene og rensk av løs/dårlig sprøytebetong. Vedlegg 2 (Kartleggingsskjema) til hovedinspeksjonen viser hvor de supplerende boltene skulle plasseres. Det er omtrent i områdene mellom profilnr. 480–960, 1095–1130, 1195–1255, 1285–1290, 1360–1370 og 1430–1435. Rensk skulle utføres rundt profilnr. 855, og ved behov for sprøytebetong etter rensk skulle det påføres på samme område, samt ved profilnr. 846 og 905, der sprøytebetongen var for tynn.

Det var utfordrende å finne nøyaktig inspiserbar lengde. Det står i notat fra hovedinspeksjon at «Adkomst fra luke i sørlig ende av tunnelen begrenser seg til ca. 10 meter innover i tunnelen. I motsatt retning er det adkomst bak hvelv fram til tunnelportalen ved pel 0». Det står også at der det ikke er VF-sikring, er bergsikringen utført med sprøytebetong fra vegnivå.

Bergmassekvalitet

Ifølge sluttrapporten for Vågstrandstunnelen viste kartlegging under tunneldrivingen at 73,5 % av bergmassen tilhørte bergmasseklasse A/B, 21,7 % C, 4,6 % D og 0,3 % E. En påtruffet svakhetssone med klasse D/(E) mellom profilnr. 23640–23730 fikk ifølge rapporten noe mer sikring enn sikringsklassen skulle tilsi.

Hovedinspeksjonsrapporten oppgir både profilnummer og kilometrering, men kilometreringen ser ikke ut til å øke jevnt i takt med profilnummeret. I tillegg går kilometreringen i hovedinspeksjonen fra km. 21582–25288, mens profilnumrene i sluttrapporten går fra 21535 til 25200. Både kilometreringene og profilnumrene øker fra sørlige ende (Stolsneset/Åndalsnes) til nordlige ende (Våge/Vestnes). Denne forskjellen i ulik bruk av kilometrering/profilnumre mellom de to rapportene gjør det utfordrende å finne nøyaktig bergmasseklasse i områdene med tiltak.

Ifølge kartleggingsskjema i sluttrapporten er det bergmasseklasse E og D helt i starten av sørlige ende tunnelen ved ca. profilnr 21535–21555 og ved nordlige ende ved ca. profilnr. 25170–25200. Det er også noen flere områder med bergmasseklasse D i nordlige del av tunnelen. Ifølge profilnumrene til områdene med tiltak er det i sørlige halvdel, men ikke helt i enden der bergmasseklassen er dårligst, at flest tiltak må gjøres.

4 Diskusjon og konklusjon

Målet med denne undersøkelsen var å identifisere hvordan regelverksendringen for bergsikring fra 2010 har fungert med tanke på langtidsstabilitet og levetid på sikringen. Av de 86 tunnelene på europa- og riksvegnettet bygget etter regelverk fra etter 2010 hadde omtrent 72 % av tunnelene ingen anbefalte supplerende tiltak på bergsikringen. Bergsikringen har altså i de fleste tilfellene vært både tilstrekkelig og i god tilstand. Omfanget av tiltakene som var nødvendig i de resterende tunnelene varierte mye, men det er ikke avdekket tilfeller der det er umiddelbar fare ved totalstabiliteten. Men likevel, omfanget er mye større enn det burde være og det er behov for endringer i systemene for anvisning og oppfølging av bergsikringen gjennom byggetiden. Det er spesifisert 100 års brukstid på bergsikringen, noe som ser ut til å ikke stemme for alle anlegg slik praksis har vært til nå.

Over tid bør metoder og tekniske løsninger for bergsikring og tunnelkledning endres slik at man unngår disse utbedringstiltakene i driftsfasen samt usikkerhetene med hva som befinner seg bak kledningen. På kort sikt bør man gjøre endringer i regelverk og arbeidsmetoder for utførelsen under driving for å redusere omfanget av tiltak i driftsfasen.

Om kvalitetsavvik for sikringen oppsto under driving eller i driftsfasen er i mange tilfeller vanskelig å avgjøre. Både bestemmelsen av sikringsmengder og kvalitetskrav til bergsikringen under driving og under inspeksjonen i driftsfasen er objektive, og det vil derfor kunne være tilfeller hvor personellet til stede under drivingen mente at bergsikringen var bra nok, men at den blir vurdert annerledes under inspeksjon i ettertid.

Den inspiserede lengden for mange av tunnelene er relativt kort. For tunneler med tunnelkledning med betongelementer i veggene er det mer tilfeldig hvor man har tilgang og ikke tilgang til bergsikringen. For tunneler med tunnelkledning utformet som innsprøytet PE-skum montert på knøl vil det være de tørre områdene man kan se. Vann skaper problemer for bergsikringen både ved utførelse og over tid og man må regne med at tilstanden der man ikke kan få inspisert i alle fall ikke er bedre enn de områdene man kan observere.

Ut fra datagrunnlaget er det ikke bakgrunn for å si at det er visse typer bergmasse som har krevd mer tiltak enn andre.

4.1 Rapportering fra inspeksjoner

Det har generelt vært en utfordring å tolke og sammenlikne rapporter og notater fra inspeksjonene fordi de har hatt stor variasjon i både type og mengde informasjon. Det varierte fra fullstendige rapporter til mer eller mindre fullstendige notater. I tillegg er rapporteringen utført av ulike firmaer som bruker ulike måter å rapportere om funn og tiltak og tar i bruk f.eks. ulik skadegradering eller profilnummerering. Det var også stor variasjon på innholdet i rapportene der noen rapporter gikk veldig overflatisk og generelt gjennom aktuelle forhold, mens andre beskrev dem i mye større detalj og hadde detaljerte illustrasjoner fra kartlegging.

En annen utfordring var at rapportene tidvis var vanskelige å tolke, da de i noen tilfeller inneholdt informasjon som kunne fremstå som motstridende eller uklart formulert. Eksempelvis førte det til at det ble vanskelig å avgjøre inspisert lengde. Ettersom rapportene er skrevet av mange ulike forfattere, var det naturligvis også mye variasjon i skrivemåten og beskrivelsene i de ulike rapportene.

Et felles system for nøyaktig hva rapportene skal inneholde av informasjon og rangering av tilstand på bergsikring etc. ville vært veldig nyttig da det ville gjort arbeidet med sammenlikning av tilstandene i tunnelene lettere.

4.2 Inspiserbar lengde

Det var stor variasjon i hvor mye av bergsikringen det var mulig å inspisere i de ulike tunnelene. I enkelte tunneler kunne bergsikringen i hele lengden være tildekket, mens i andre tunneler kunne nesten hele, om ikke hele, bergsikringen i veggene inspiseres fra sålen.

Det var til tider utfordrende å tolke om rapportforfatterne meldte om funn bak tunnelkledning eller i tunnelrommet, da det ikke alltid var et tydelig skille i rapportene. Det var heller ikke alle rapportene som oppga hvor mye som ble inspisert bak tunnelkledningen, eller hvor mye kledning tunnelene har. Det gjorde det vanskelig å vite hvor omfattende tiltakene faktisk er i relativ forstand, da en ikke vet størrelsen på området som ble inspisert.

I denne rapporten er det bare sett på hvor mye av bergsikringen som var inspiserbar langs sålen, og ikke hvor mye som var mulig å inspisere fra toppen av hvelvet. Det er fordi det kun i noen få tilfeller var oppgitt hvor mye som var mulig å inspisere i hengen i de tilfellene det var hvelv.

En vesentlig usikkerhet ved antall tiltak som er beskrevet er den inspiserbare lengden, da man ikke vet hva som befinner seg i de områdene som ikke er inspisert.

4.3 Gradering av tiltak

Det var stor differanse i omfanget av tiltak i de ulike tunnelene. Det ble i denne rapporten kun tatt hensyn til tiltak relatert til selve bergsikringen, og ikke på tunnelkledningen.

Det var utfordrende å finne et system for gradering av tiltak på hele tunnelen under ett fordi alvorlighetsgraden av tiltakene avhenger av så mange ulike variabler. Viktige variabler er blant annet tilstanden på sikringen, tunnellengde, inspiserbar lengde, ulike typer supplerende sikring og kombinasjoner av dem, ulike benevnninger oppgitt i rapportene (m^2 , m^3 , ett lass, noe mer, osv.), avvik fra drivingen av tunnelen, avvik mellom Q-verdi vurdert ved driving og inspeksjon og størrelsen på områdene med tiltak sammenliknet på størrelsen med tunnelen generelt. Det var heller ikke alltid oppgitt mengder av materialer til utbedring. Alle

disse faktorene vanskeliggjør en objektiv sammenlikning av alvorlighetsgraden av tiltakene i de ulike tunnelene.

Ethvert system for gradering av tiltak vil ha svakheter ettersom det er mange ulike variabler involvert og ulik grad av informasjon oppgitt for hver tunnel. I denne rapporten er tunnelene med tiltak delt opp i fire kategorier for gradering av tiltak; ingen, enkle, betydelige og omfattende tiltak. Definisjonene er nokså overfladiske, men fungerer ok til å få frem hovedpoenget som er på en enkel måte å formidle alvorlighetsgraden av tiltakene.

4.4 Forslag til endringer i regelverk

Det overordnede regelverket er som nevnt *N500 Vegtunneler* (Statens vegvesen 2024b). I tillegg kommer veiledning *N-V521 Geologi og bergsikring i tunnel* (Statens vegvesen 2022) utgitt av Vegdirektoratet, samt bestemmelser i kontraktene og internsystemene til de ulike byggherrene.

Det antas at mye av tiltakene kunne vært unngått med en nøyere kontroll og oppfølging under drivingen av tunnelen. Spesielt oppfølging og kontroll av bergsikringen i tiden mellom driving og montering av tunnelkledning er viktig for å observere eventuelle endringer som skjer over tid samt sikring som ikke er tilfredsstillende utført på stuff.

Måten tunnelen blir drevet på med geologisk kartlegging og registrering av Q-verdi, samt bestemmelse av sikring underveis i drivingen, betyr at prosjekteringen av den bærende konstruksjonen skjer i utførelsesfasen på prosjektet. I N500 krav 7.5-3 blir det presisert at bergsikringen skal kontrolleres før montering av tunnelkledningen og det vises videre til punkt 2.3 *Kontroll og kvalitetssikring av geologiske rapporter og prosjektering* som igjen viser til eurokode 0, NS-EN 1990+NA, for hvilket kontrollomfang som gjelder. Det spesifiseres altså at tunnelen skal gjennomgå en siste kontroll. Ledelse og ansvarlige for bergsikringen på anleggene bør være godt kjent med kravene eurokoden har til kontroll, men likevel kan dette tydeliggjøres i denne delen (kapittel 7 Tunneldriving) av N500. Da f.eks. med en egen referanse til eurokode 0, samt en veiledningstekst som spesifiserer tydeligere hva man skal gjøre og hvorfor.

Det er også sett tilfeller der den geologiske kartleggingen og oppfølgingen er mangelfull. I N200 Vegbygging (Statens vegvesen 2024a) er det innført kompetansekrav til de som skal prosjektere og følge opp bergsikring i skjæringer ved å referere til byggesaksforskriften, SAK10. Det anbefales at det samme innføres i N500 slik at det blir tydelige kompetansekrav, samt at det spesifiseres at personellet skal ha formell kompetanse i ingeniørgeologi og bergteknikk.

Det har vært skifter i N500 Vegtunneler om veggene skal sprøytes med sprøytebetong eller ikke. I nåværende regelverk skal hele tverrsnittet sprøytes, men det er store CO₂-utslipp knyttet til bruk av sprøytebetong. Det har derfor gjennom fraviksbehandling i enkelte tilfeller vært åpnet for å la være å sprøyte nederst i veggene under spesielle forutsetninger. Om dette utvikler seg til å bli en generell endring er det viktig at det presiseres at alt leirholdig berg skal sprøytes inn.

Ulike kontraktstyper med entreprenør gir byggherren ulik grad av påvirkning på utførelsen av bergsikringen underveis i prosjektene. Det er viktig at det i utformingen av alle typer kontrakter blir sørget for at man ender opp med en tunnel med riktig nivå på bergsikringen ved plassering av ansvar og kvalitet på riktig plass, og med myndighet til å håndheve kravene. I tillegg må kontraktene være utformet slik at de åpner for å sikre bak stuff både med poster som gjelder selve sikringen, men også slik at man er sikker på at det er mulig med hensyn til fremdriften generelt på anlegget.

I internsystemer og arbeidsbeskrivelser for oppfølging og kvalitetskontroll både hos byggherre og entreprenør er det viktig at det legges opp til et nivå der man unngår tiltak i driftsfasen. Enkelt sagt må man sørge for at sikringen i tunnelen både er god og ser bra ut slik at de som eventuelt kommer etter ikke blir i tvil om at sikringen er på riktig nivå og fungerer slik den skal.

På sikt bør deler av regelverket endres slik at man kan innføre nye metoder for bergsikring og tunnelkledning der man unngår områder som ikke kan inspiseres og man samtidig kan være i tvil om stabiliteten er god nok.

Referanser

- NGI (2022) Using the Q-system - Rock mass classification and support design. Handbook. Norwegian Geotechnical Institute, Oslo
- Statens vegvesen (2016) Standard for drift og vedlikehold av riksveger. R610, vol R610. Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Oslo
- Statens vegvesen (2022) Tunnelveiledning. V521. Statens vegvesen, Oslo
- Statens vegvesen (2024a) Vegbygging. N200. Statens vegvesen, Oslo
- Statens vegvesen (2024b) Vegtunneler. N500. Statens vegvesen, Oslo

Vedlegg 1

Listen er sortert med tunneler med *enkle* tiltak først, så *betydelige* og *ingen* til slutt. Innen hver kategori er tunnelene alfabetisk sortert. Det er kun innhentet bergmassefordeling på tunnelene der det er beskrevet tiltak.

Tunnelnavn	Vegnr.	Åpnet	Lengde [m]	Hovedinsp.-rapporter m.m.	Bergsikringens tilstand	Utfordringene til sikringen	Tiltaks-grad	Omfang av tiltak	Inspiserbar lengde	Bergma.kl. (Q-syst.)
Eidsnakkunnelen	E39	2012	1620	H.i. 2019 + utførte tiltak 2020	Nokså bra.*	13 sprekker i spr, 24 områder med bom, ett område utvider seg, en vrakbolt.	Enkle	Installert 18 bolter der det er bom (5 områder).	50 %	74% A/B, 17% C, 7% D, 3% E
Fyrdtsberg tunnelen	E39	2011	1123	H.i. notat 2019 + utførte tiltak 2020	Virker ikke tilfredsstillende.*	9 områder med bom, 4 områder med sprekker i spr. Et område er ganske stort.	Enkle	Anbefalt 10-15 bolter innen et år på et område (2019) . 14 bolter ble satt inn (2020).	9 %	64% A/B, 22% C, 10% D, 4% E
Harangstunnelen	E39	2014	790	H.i. 2018	Tunnelens tilstand vurderes som god.	Stedvis går spr ikke helt ned, der berget i tillegg er av dårlig kvalitet ryr det.	Enkle	Rensk og reparasjon av spr i overgang mellom veggelement og spr-hvelv.	90 %	44% C, 44% D, 12% E
Kråkmotunnelen	E6	2015	526	H.i. notat 2021	Ingen tegn til at det ikke er bra.*	15 registreringer med bomt parti, riss i spr et sted.	Enkle	14 bolter der det er bom i spr.	17 %	100% D
Kåfjordtunnelen	E6	2013	1279	H.i. notat 2021 + notat hovedett. 2015	Tilstand på bergsikringen er god (2021).	To lokaliteter der bolteplatene ikke er strammet inntil spr, en feilmontert bolt.	Enkle	Installere 3 bolter, stramme 2 bolter inntil berget (2021).	Ukjent	22.4% C, 40.4% D, 31.1% E, 6.1% F
Nordnestunnelen	E6	2018	5788	H.i. 2023	Stabilitet, tilstand og funksjon til bergsikringen er generelt god.	Noen områder med bom spr i heng eller vederlag, oppsprukket spr, riss, nedfall av stein i nedre del av vegg bak hvelv.	Enkle	5 bolter (ved bom spr og/eller oppsprukket spr) og en spettrensk innen 1-2 år.	65 %	76% A/B, 17% C, 5% D, 2% E
Oppdølsstrand-tunnelen	Rv. 70	2014	7578	H.i. notat 2018	Mengden med bomme partier av spr er overraskende stor.	Mye bom spr (ofte med riss). Bom spr i alle synlige områder med spr og bergbolter. Forandring i fargen på spr kan ligne avskalling i mm størrelse.	Enkle	20 supplerende bolter i områder med bom spr. Det virker som det allerede er gjort supplerende bolting noen steder på ukjent tidspunkt og omfang.	4 %	24.4% A/B, 52.4% C, 20.1% D, 0.8% E
Røvik tunnelen	Rv. 80	2011	2058	H.i. notat 2020 + notat hovedettersyn 2015	Tilstand i tunnelen er generelt bra, vurderes tilfredsstillende.	En del bom og noen riss i spr, samt små nedfall fra nedre del av bergvegg bak hvelv.	Enkle	2 nye bolter satt ifølge kartleggingskjema (2015). En liten blokk (0.2m3) bør renskes (2020).	Ukjent	Mest B og C, men E og D på en ca. 200m strekke.
Ørgenviktunnelen	Rv. 7	2014	3635	H.i. 20202 + h.i. notat 2018	Tunnelen fremstår som godt sikret (2018). Bak hvelv ble tilstanden og stabiliteten på bergsikringen vurdert som tilstrekkelig (2022).	Noe bom, en sprekk i spr, 4 bolter med løs plate, flere bolter ved 2 lokasjoner som ikke var inngyst. 4 markeringer for bolt som ikke var satt.	Enkle	14 bolter på 9 ulike lokasjoner med sprekker og/eller bomt berg, supplerende rensk og spr på en lokasjon (2022).	90 %	46% A/B, 21% C, 19% D, 13% E
Øyertunnelen	E6	2012	3900	H.i. 2017/18	Stabiliteten er på nåværende tidspunkt vurdert til å være tilfredsstillende (2017/18).	En god del bomt berg.	Enkle	Boltesikre et avløst blokkparti innen 2 år.	88 %	Hovedsakelig Q-verdi på 5 - 40. Noen dårligere partier.

Vedlegg 1

Tunnelnavn	Vegnr.	Åpnet	Lengde [m]	Hovedinsp.-rapporter m.m.	Bergsikringens tilstand	Utfordringene til sikringen	Tiltaks-grad	Omfang av tiltak	Inspiserbar lengde	Bergma.kl. (Q-syst.)
Eidsvolltunnelen, sørgående løp	E6	2011	1190	H.i. 2020 + ing.geoloisk inspeksjon 2015	Hvelvets tilstand vurderes generelt å være i god stand.	Flere løse og bomme blokker, svellende leire som trykker ut spr, områder med for tynn spr og varierende kvalitet, gjennomgående registrert moderat til tett oppsprekking i tunnelveggen, nedfall av mindre steiner og blokker (usikkert hvilket løp).	Betydelige	Tiltak to steder der leire er eksponert og trykker på spr (2015, står ikke hva tiltaket er eller om det er blitt utført).	100 %	Mellom 0.033(F)-18(B). Gjennomsnittlig 7.9 (C).
Granstunnelen	Rv. 4	2017	1726*	H.i. 2021-2022 + div. dokumenter	Mange problemer.*	Soner med for lav SRF var undersøket. Alunskifer og svellende galgeberg med syrepotensiale. Mye avvik fra driving. Nedfallshendelse (tynn spr), sprekker i spr, bomberg.	Betydelige	Systematisk bolting i flere områder, ekstra spr, rensk, ettergysing i ett område, sementmørtel i/over sprekker, neste hovedinspeksjon bør være om 3 år.	73 %	18% A/B, 54% C, 20% D, 8% E (beregnet for hånd fra illustrasjon)
Kvivstunnelen	E39	2012	6578	H.i. notat 2018	Ikke bra.*	69 områder med bom spr, 57 områder med sprekker i spr. 4 områder har både sprekker og bom. 5 vrakbolter.	Betydelige	Anslått behov for 290-340 bolter samt noe spr. 148 bolter ble montert og ett lass spr ble påført på to områder.	60 %	79.3% A/B, 18.7% C, 1.9% D, 0.1% E
Teigkamptunnelen	E6	2016	3747	H.i. 2021 + spesialinspeksjon 2021 og 2023	Bergsikringen er i generelt i god stand og tilstrekkelig for å ivareta trafiksikkerheten og stabiliteten i mesteparten av tunnelen (h.i. 2021).	Tydlig deformasjon i en sone (riss, større sprekker i spr, en løs/utpresset bolt, bøyde/deformerte forankringsbolter, meget aktiv svelleleire). Flere områder med bom, riss og sprekker i spr. Noe svelleleire.	Betydelige	Anbefalt hastetiltak for utbedring av bergsikringen i sone med deformasjon (hovedinspeksjon 2021). Spesialinspeksjon ga 2 alternativer for utbedring av området (2021). Løsningen ble å montere 53 bolter gjennom hvelv i sonen med tydelige tegn til deformasjon (ifølge spesialinsp. 2023).	95 %	80% A/B, 15% C, 3% D, 2%E (beregnet for hånd fra illustrasjon)
Vangstunnelen	E16	2013	2469	Notater fra befaringer 2021	Virker ikke bra, bekymringsfullt.*Store områder med bom i betongen. Områdene er jevnt fordelt langs tunneløpet med størst utbredelse ved inngang/utgang til nisje. Områdene med bom i betongen og oppsprekking er vurdert til å ha usikker stabilitet med fare for nedfall.	Store områder med bom i spr. Veldig varierende tykkelse på spr. Der spr er falt ned/reasket vekk er berget veldig glatt.	Betydelige	Utført bolting av bom i spr i 2015 og 2017. I 2021 anbefales ca. 500 bolter i områder med bom (systematisk 3 områder, ellers spredt), rensk, samt noe spr og eventuelt bruk av fjellbånd.	Ukjent	Noe over 10% A/B, 76% C, noe over 10% D, <0.5% E

Vedlegg 1

Tunnelnavn	Vegnr.	Åpnet	Lengde [m]	Hovedinsp.-rapporter m.m.	Bergsikringens tilstand	Utfordringene til sikringen	Tiltaks-grad	Omfang av tiltak	Inspiserbar lengde	Bergma.kl. (Q-syst.)
Vågstrandstunnelen	E136	2014	3706	H.i. notat 2019	Ett sted mellom nokså bra og ikke bra** Eksisterende bergbolter utenpå spr er i generelt god.	Mange bompartier i spr, ofte med riss og sprekker, særlig i vederlag og heng. 2 steder med tynn spr, ett sted med spr av dårlig kvalitet, 17 feilinstallerte bolter.	Betydelige	110 bolter, etterstramme 17 feilinstallerte bolter, renske løs/dårlig spr (Ettersikret med bergbolter fra før på ukjent tidspunkt) (2021).	Ukjent	73.5% A/B, 21.7% C, 4.6% D, 0.3% E
Ailegastunnelen	E6	2018	3445	H.i. 2023	God stabilitet.	En sprekk i spr.	Ingen	-	Ukjent	
Bergsundtunnelen	E16	2014	714	H.i. 2020	Tilstrekkelig bergsikring.	Ingen funn i de områdene der bergsikringen er synlig.	Ingen	-	3 %	95% med A/B, 2 områder med C
Bjørnegårdtunnelen	E16	2018	2335*	H.i. 2023	Tilstrekkelig tilstand og stabilitet.	Noen løse bolteskiver, noe avskalling i spr (trolig fra driving).	Ingen	-	Ukjent	
Eggjatunnelen	E134	2015	311	H.i. 2023	Stabilitet og tilstand anses som god.	Generelt er mange bolter bøyd/kappet, 2 steder med riss/sprekker i spr.	Ingen	-	97 %	
Eikremtunnelen	Rv. 70	2012	1024	H.i. 2018	Ingen tegn til at det ikke har gått bra.*	Ukjent, bergsikring kunne ikke inspiseres.	Ingen	-	0 %	
Espatunnelen	E6	2014	762*	H.i. 2020	Tilfredsstillende bergsikring og stabilitet.	Mulig begynnende nedbrytningsprosesser i spr, rissdannelse, mindre partier med begynnende bom.	Ingen	-	Ukjent ^a	C til E med hovedvekt på D
Hamnøytunnelen	E10	2013	1461	H.i. notat 2021 + notat hovedettersyn 2015	Fremstår veldig godt sikret og tørr (2015).	Ukjent, bergsikring kunne ikke inspiseres.	Ingen	-	0 %	
Hjartåbergstunnelen	E39	2014	3505	H.i. notat 2018	Virker bra.*	Ingen funn i de områdene der bergsikringen er synlig.	Ingen	-	Ukjent	
Hobekksetertunnelen	E18	2012	385*	H.i. notat 2022 + notat geo. inspeksjon 2017	Stabiliteten og tilstand på eksisterende sikring er god.	Noen av boltene hvelvet er festet i er svakt bøyd.	Ingen	-	Ukjent	Hovedsakelig sikringsklasse II og III (Q-verdien var mellom 0.9 - 11).
Holtetunnelen	Rv. 36	2018	200	H.i. notat 2023	Stabilitet ansees som god, god kvalitet på utført sikring, svært få mangler.	2 registreringer med bøyde bolter.	Ingen	-	100 %	
Hundorptunnelen	E6	2016	4300	H.i. 2021	Bergsikringen vurderes som i god stand og tilstrekkelig berget fremstår stabilt, installerte bergsikringsbolter fremstår generelt i god stand.	Noen få områder med bom, riss og sprekker.	Ingen	-	93 %	B-C (5-40)
Høgsetstunnelen	E39	2013	752	H.i. 2018	Det er ikke observert indirekte tegn som tyder på stabilitetsproblemer.	Ukjent, bergsikring kunne ikke inspiseres.	Ingen	-	0 %	A til C (89.1%)
Jobergtunnelen	Rv. 13	2017	2077	H.i. 2023	Observert bergsikring vurdert som god, stabiliteten og tilstanden på spr er god.	Bom spr flere steder, noe riss i spr.	Ingen	-	Ukjent	
Karistrandtunnelen	E6	2018	269	H.i. 2022	Tilstanden til bergsikringen er gjennomgående god.	Ingen funn i de områdene der bergsikringen er synlig.	Ingen	-	50 %	

Vedlegg 1

Tunnelnavn	Vegnr.	Åpnet	Lengde [m]	Hovedinsp.-rapporter m.m.	Bergsikringens tilstand	Utfordringene til sikringen	Tiltaks-grad	Omfang av tiltak	Inspiserbar lengde	Bergma.kl. (Q-syst.)
Kongsbergtunnelen	E134	2020	2210*	H.i. notat 2022	Tilstand og stabilitet på bergsikringen er vurdert tilstrekkelig.	Flere bomme områder i spr, 4 steder med sprekker og riss i spr, 79 steder med ulike avvik på bolter (skader/dårlig installasjon).	Ingen	-	95 %	
Korslundtunnelen	E6	2015	635*	H.i. 2020	Utført bergsikring vurderes generelt å være i god stand.	To små nedfall, ett bomt parti, sprekker i spr (ett sted grunnnet svelleleire), noe utførelsesfeil ved boltinnstallasjon og enkelte steder der spr i vegg er tynnere eller har mindre fiberinnhold.	Ingen	-	99 %	
Larvikstunnelen	E18	2017	2795*	H.i. 2023	Sikringstilstanden er generelt god i begge tunneløp. Stabiliteten er god. Fare for nedfall er liten.	Stedvis observert defekte bolter, tynn oppsprukken spr. Stedvis også observert riss i spr, samt vannlekkasje med mulig utvasket leire.	Ingen	-	99 %	
Lørentunnelen	Rv. 150	2013	1174*	H.i. 2019	Utført bergsikring oppfyller sin tiltenkte funksjon.	Svelleleire og trolig surt grunnvann, noe bom, riss og sprekker. Trolig fra byggetiden: plate er løs eller ikke i kontakt med spr, vrakbolter, ofte bøyde bolter.	Ingen	-	99 %	
Malerødtunnelen	E18	2012	230	H.i. notat 2022 + notat geo.inspeksjon 2017	Stabiliteten er god. Tilstand på eksisterende sikring er god.	Noen av boltene hvelvet er festet i er svakt bøyd, to registreringer på mangel av spr (1 i heng og 1 i vegg).	Ingen	-	Ukjent	
Martineåstunnelen	E18	2017	1298*	H.i. 2023	Sikringstilstanden er generelt god i begge tunneløp. Stabiliteten er generelt god. Fare for nedfall er vurdert som liten.	Stedvis defekte bolter og riss i spr.	Ingen	-	99 %	
Melsvikstunnelen	E6	2016	2424	H.i. notat 2021	Boltene og spr er i generelt god stand bak hvelv.	Noen ødelagte bolter, noen områder med tynn spr.	Ingen	-	Ukjent	
Moanetunnelen	E134	2020	285	H.i. 2023	Tilstand og stabilitet på bergsikringen er vurdert som tilstrekkelig.	7 områder med bom spr, avskalling av spr på 6 områder, sprekk i spr 3 steder, riss fra bolt to steder.	Ingen	-	~100% ^b	
Morskogstunnelen	E6	2014	2358*	H.i. 2020	Bergsikringen vurderes som i god stand og tilstrekkelig for å ivareta trafiksikkerheten og stabiliteten til tunnelen.	Enkelte bolter har løs skrive og/eller manglende kontakt med berg. Riss i spr.	Ingen	-	99 %	
Nesetunnelen	E134	2015	160	H.i. 2023	Stabiliteten i tunnelen og tilstanden til bergsikringen anses som god.	Enkelte bolter er bøyd eller har løs bolteplate. Enkelte riss i spr, to områder med avskalling av spr.	Ingen	-	98 %	

Vedlegg 1

Tunnelnavn	Vegnr.	Åpnet	Lengde [m]	Hovedinsp.-rapporter m.m.	Bergsikringens tilstand	Utfordringene til sikringen	Tiltaks-grad	Omfang av tiltak	Inspiserbar lengde	Bergma.kl. (Q-syst.)
Paulertunnelen	E18	2012	420*	H.i. notat	Tilstand på eksisterende sikring er god. God stabilitet.	Noen av boltene hvelvet er festet i er svakt bøyd.	Ingen		Ukjent	For det meste sikringsklasse II men også III. Noe I og IV.
Rallerudtunnelen	Rv. 7	2014	2780	H.i. 2018 og 2022	Tilstand og stabilitet på bergsikringen er vurdert som tilstrekkelig. Installert spr er gjennomgående av god kvalitet og få skader er registrert. Observerte bergbolter er i god stand.	For tynn spr i flere områder, noe eldre avskallinger av spr, en vrakbolt og en manglende installasjon av bolt.	Ingen	-	99 %	Q-verdi på to svakhetssoner: Q = 0.15-0.9 og Q = 10-19.
Reinforsheitunnelen	E6	2018	620	H.i. notat 2023	Virker bra** Spr fremstår god med tilstrekkelig tykkelse.	1 løs bolteskive.	Ingen	-	Ukjent	
Sandbekkåstunnelen	E18	2012	155*	H.i. notat 2022 + notat geo. inspeksjon 2017	Tilstand på eksisterende sikring er god. Stabiliteten er god.	Noen av boltene hvelvet er festet i er svakt bøyd.	Ingen	-	Ukjent	
Skjåholmen	Rv. 94	2012	667	H.i. notat 2021 + notat hovedettersyn 2015	Tunnelen og eksisterende sikring er i god stand.	Mye innlekkasje av vann fra berget. 2-4 skader og riss antas i trafikkrommet	Ingen	-	Ukjent	
Stordalstunnelen	E134	2016	1190	H.i. 2023	Tilstand på sikring og stabiliteten i tunnelen vurderes som god.	Enkelte bolter er bøyd eller har løs bolteplate, mindre avskallinger av spr, ett område med bom, spir i tunnelhengen 3 steder relatert til blokkutfall.	Ingen	-	53 %	
Storvikatunnelen	E6	2016	1179	H.i. notat 2021	Spr og bolter var generelt i bra stand bak hvelv.	Noen løse og/eller feilmonterte bolter, noen områder med tynn spr. Stedvis har små blokker og betong falt i grøften fra veggene i tunnelen.	Ingen	-	Ukjent	
Strindheimtunnelen	Rv. 706	2014	2139*	H.i. 2019 (østgående), h.i. notat 2019 (vestgående)	Tilstanden til permanentsikringen er i hovedsak tilfredsstillende (om østgående løp), Virker ok* (vest).	En del bom, riss, sprekker, stedvis oppsmuldet spr, noen feilinstallerte bolter.	Ingen	-	Ukjentc	25% C, 65% D, 10% E/F
Svartåstunnelen	E134	2020	1551*	H.i. 2023	Tilstand og stabilitet på bergsikring er vurdert som tilstrekkelig.	7 registreringer med sprekk i spr (3-4 av disse med bom), 7 lokasjoner med riss, 17 vrakbolter, 2 nedfall av spr, 35 mindre avskallinger.	Ingen	-	Ukjentd	
Svotunnelen	Rv. 13	2012	4733	H.i. 2024	Tilstanden på tunnelen vurderes som god. Tilstand på bolter og spr vurderes også som god.	Ingen funn i de områdene der bergsikringen er synlig.	Ingen	-	Ukjent	

Vedlegg 1

Tunnelnavn	Vegnr.	Åpnet	Lengde [m]	Hovedinsp.-rapporter m.m.	Bergsikringens tilstand	Utfordringene til sikringen	Tiltaks-grad	Omfang av tiltak	Inspiserbar lengde	Bergma.kl. (Q-syst.)
Sørkjostunnelen	E6	2018	4582	H.i. 2023	Stabiliteten på berget i tunnelen i henhold til bergsikringen, og tilstand og funksjon til bergsikringen er god.	I et område i vegg opp mot vederlag, på begge sider av tunnelen, er spr oppsprukket noen mm og en del av boltene til PE-skummet er bøyd.	Ingen	-	99 %	
Talviktunnel	E6	2013	835	H.i. notat 2021 + notat hovedettersyn 2015	Boltene og spr er i generelt god stand bak hvelv.	Noen ødelagte bolter, noen områder med tynn spr.	Ingen	-	Ukjent	
Trifontunnelen	E105	2017	690	H.i. 2022	Stabiliteten vurderes til å være god.	Ukjent, bergsikring kunne ikke inspiseres.	Ingen	-	0 %	
Trældalstunnelen	E10	2015	1110	H.i. notat 2020	Tilstanden på spr (brannsikringen) er generelt veldig god.	Ukjent, bergsikring kunne ikke inspiseres.	Ingen	-	0 %	
Vikanestunnelen (Rogaland)	E134	2015	368	H.i. 2023	Stabiliteten til tunnelen anses som god.	En rekke bolter i vegg og vederlag er bøyd/påkjørt og/eller kappet for kort.	Ingen	-	95 %	
Vollåstunnelen	E134	2020	440	H.i. 2023	Tilstand og stabilitet på bergsikringen er vurdert som tilstrekkelig.	6 områder med bom spr, ett område med bomt fjell, 5 områder med avskalling, en sprekk i spr, en vrakbolt.	Ingen	-	96 %	
Årsetunnelen	E39	2014	240	H.i. notat 2018	Berget og bergsikringen var ikke tilgjengelig for inspeksjon.	Ingen funn.	Ingen	-	Ukjent	

H.i. = hovedinspeksjon

* rapportforfatterne av denne rapporten sin tolkning av teksten fra inspeksjon, ikke ytret direkte av tunnelinspektøren

a= Tilkomsten bak hvelv er god, med kun et par korte, trange partier.

b= Alle områdene bak hvelv er inspisert, men fremkommeligheten varierte.



Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag