



Tilstand av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

Etatsprogrammet Varige konstruksjoner 2012-2015

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 470



Tittel

Tilstand av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

Undertittel

Forfatter

Christian Rønneberg og Trond A. Østmoen (Aas-Jakobsen AS)

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Seksjon

Tunnel og betong

Prosjektnummer

603242

Rapportnummer

Nr. 470

Prosjektleder

Synnøve A. Myren / Alf Kveen

Godkjent av

Mona Lindstrøm

Emneord

Varige konstruksjoner, tilstandsutvikling tunneler, vegtunnel, vann- og frostsikring, tilstand

Sammendrag

På oppdrag fra Statens vegvesen gjennomførte Aas-Jakobsen AS i 2013 befaringer for kartlegging av tilstand og tilstandsutvikling av ulike vann- og frostsikringshvelv i 12 vegtunneler.

Hvelv-typene inkluderer tidligere typegodkjente lette hvelv. I rapporten finnes en detaljert beskrivelse av hvelvene.

Inspeksjonen av hvelvene og vurdering av tilstand er utført visuelt og ved bruk av ikke-destruktive metoder. Beskrivelsene fra hver tunnel er supplert med utfyllende fotobilag

Title

Condition of different types of tunnel linings

Subtitle

Author

Christian Rønneberg and Trond A. Østmoen (Aas-Jakobsen AS)

Department

Traffic Safety, Environment and Technology Department

Section

Tunnel and concrete

Project number

603242

Report number

No. 470

Project manager

Synnøve A. Myren / Alf Kveen

Approved by

Mona Lindstrøm

Key words

Durable structures, existing tunnels, road tunnels, tunnel linings, condition

Summary

This report describes a survey of five types of tunnel linings installed in 12 Norwegian road tunnels, mainly lightly trafficked tunnels. The construction details of each of the linings are presented, along with the results from observations in the tunnels.

The report assesses the general condition of the linings, based primarily on visual observations, and with a comparison of the different types of linings. The report includes an extensive photographic documentation from each tunnel

Forord

Denne rapporten inngår i en serie rapporter fra **etatsprogrammet Varige konstruksjoner**. Programmet hører til under Trafikksikkerhet-, miljø- og teknologiavdelingen i Statens vegvesen, Vegdirektoratet, og foregår i perioden 2012-2015. Hensikten med programmet er å legge til rette for at riktige materialer og produkter brukes på riktig måte i Statens vegvesen sine konstruksjoner, med hovedvekt på bruer og tunneler.

Formålet med programmet er å bidra til mer forutsigbarhet i drift- og vedlikeholdsfasen for konstruksjonene. Dette vil igjen føre til lavere kostnader. Programmet vil også bidra til å øke bevisstheten og kunnskapen om materialer og løsninger, både i Statens vegvesen og i bransjen for øvrig.

For å realisere dette formålet skal programmet bidra til at aktuelle håndbøker i Statens vegvesen oppdateres med tanke på riktig bruk av materialer, sørge for økt kunnskap om miljøpåkjenninger og nedbrytningsmekanismer for bruer og tunneler, og gi konkrete forslag til valg av materialer og løsninger for bruer og tunneler.

Varige konstruksjoner består, i tillegg til et overordnet implementeringsprosjekt, av fire prosjekter:

- Prosjekt 1: Tilstandsutvikling bruer
- Prosjekt 2: Tilstandsutvikling tunneler
- Prosjekt 3: Fremtidens bruer
- Prosjekt 4: Fremtidens tunneler

Varige konstruksjoner ledes av Synnøve A. Myren. Mer informasjon om prosjektet finnes på vegvesen.no/varigekonstruksjoner

Denne rapporten tilhører **Prosjekt 2: Tilstandsutvikling tunneler** som ledes av Alf Kveen. Prosjektet vil skaffe kunnskap om den tekniske tilstanden på tunnelers konstruksjon og utrustning og øke kunnskapen om nedbrytningsmekanismer. Formålet med prosjektet er å utvikle bedre verktøy for tilstandsutvikling, noe som er viktig både for planlegging av drift og vedlikehold av eksisterende tunneler. Prosjektet vil også etablere kunnskap som kan bidra til at fremtidige tunneler bygges og innredes slik at ønsket kvalitet og levetid oppnås.

Rapporten er utarbeidet av *Christian Rønneberg og Trond A. Østmoen, Aas-Jakobsen AS* på oppdrag fra Varige konstruksjoner.



Statens Vegvesen



Rev	Dato/Date	Beskrivelse/Reason for issue	Utført/ Made by	Kontr./ Checked	Godkjent/ Approved
0	10.11.2016	Endelig rapport	CHR/TAØ	KHB	CHR
11378-1		Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv			
Dok.nr /Doc. no.		Tittel /Title			

 **AAS-JAKOBSEN**

Lilleakerveien 4, 0283 OSLO, Tel +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01



Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

**Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer
vann- og frostsikringshvelv**

Utført/Prep.By

CHR/TAØ

Rev. av/Rev by

Side/Page

1

INNHOLDSFORTEGNELSE

INNHOLDSFORTEGNELSEI

SAMMENDRAGIV

1 GENERELL BESKRIVELSE AV VANN- OG FROSTSIKRINGSLØSNINGENE..... 1

1.1 WG TUNNELHVELV T100 1

1.1.1 Generelt 2

1.1.2 Detaljert beskrivelse av hvelvets oppbygging..... 4

1.1.3 Monteringsprosedyre WG Tunnelhvelv T100 14

1.2 WG TUNNELHVELV T200 16

1.2.1 Generelt 16

1.2.2 Detaljert beskrivelse av hvelvets oppbygging..... 17

1.2.3 Monteringsprosedyre WG Tunnelhvelv T200 19

1.3 ISOLON MEMBRANHVELV 20

1.3.1 Generelt 20

1.3.2 Detaljert beskrivelse av Isolon-hvelvets oppbygging..... 21

1.3.3 Monteringsprosedyre Isolon membran hvelv 27

1.4 WAPRO VANNAVSKJERMINGSSYSTEM 28

1.4.1 Generelt 28

1.4.2 Detaljert beskrivelse av Wapro -hvelvets oppbygging..... 29

1.4.3 Monteringsprosedyre WaPro vannavskjermingssystem 34

1.5 ALUWAY ISOLERT PLATEHVELV 35

1.5.1 Generelt 35

1.5.2 Detaljert beskrivelse av hvelvets oppbygging..... 36

1.5.3 Monteringsprosedyre AluWay isolert platehvelv: 46

2 INSPISERTE TUNNELER 47

2.1 INNLEDNING 47

2.2 FRØYATUNNELEN 49

2.2.1 Generelt 49

2.2.2 Omfang av befaringen..... 50

2.2.3 Generell vurdering av tilstand 51

2.2.4 Observasjoner på trafikksiden 51

2.2.5 Observasjoner bak hvelvet 53

2.3 BJORØYTUNNELEN 56

2.3.1 Generelt 56

2.3.2 Omfang av befaringen..... 57

2.3.3 Generell vurdering av tilstand 57

2.3.4 Observasjoner på trafikksiden 58

2.3.5 Observasjoner bak hvelvet 61

2.4 ARNANIPATUNNELEN 65

2.4.1 Generelt 65

2.4.2 Omfang av befaringen..... 66

Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

**Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer
vann- og frostsikringshvelv**

Utført/Prep.By


CHR/TAØ

Rev. av/Rev by


Side/Page

II

2.4.3	Generell vurdering av tilstand	66
2.4.4	Observasjoner på trafikksiden	67
2.4.5	Observasjoner bak hvelvet	70
2.5	TROLDHAUGTUNNELEN	74
2.5.1	Generelt	74
2.5.2	Omfang av befaringen	75
2.5.3	Generell vurdering av tilstand	75
2.5.4	Observasjoner på trafikksiden	76
2.5.5	Observasjoner bak hvelvet	79
2.6	NATTLAND- OG SÆDALSTUNNELEN	82
2.6.1	Omfang av befaringen	83
2.6.2	Generell vurdering av tilstand	83
2.7	STONGAFJELLTUNNELEN	88
2.7.1	Generelt	88
2.7.2	Omfang av befaringen	89
2.7.3	Generell vurdering av tilstand	89
2.7.4	Observasjoner på trafikksiden	90
2.8	KJØPSVIKTUNNELEN	93
2.8.1	Generelt	93
2.8.2	Omfang av befaringen	94
2.8.3	Generell vurdering av tilstand	94
2.8.4	Observasjoner på trafikksiden	95
2.8.5	Observasjoner bak hvelvet	98
2.9	STORVIKSKARTUNNELEN	103
2.9.1	Generelt	103
2.9.2	Omfang av befaringen	104
2.9.3	Generell vurdering av tilstand	104
2.9.4	Observasjoner på trafikksiden	105
2.9.5	Observasjoner bak hvelvet	109
2.10	ELLINGSØYTUNNELEN OG VALDERØYTUNNELEN	114
2.10.1	Generelt	114
2.10.2	Omfang av befaringen	115
2.10.3	Generell vurdering av tilstand	116
2.10.4	Observasjoner på trafikksiden	116
2.10.5	Observasjoner bak hvelvet	120
2.11	KNAPPETUNNELEN	124
2.11.1	Generelt	124
2.11.2	Omfang av befaringen	125
2.11.3	Generell vurdering av tilstand	125
2.11.4	Observasjoner på trafikksiden	125
2.11.5	Observasjoner bak hvelvet	127
2.12	VÆRETUNNELEN	129
2.12.1	Generelt	129
2.12.2	Omfang av befaringen	130
2.12.3	Generell vurdering av tilstand	130
2.12.4	Observasjoner på trafikksiden	131
2.12.5	Observasjoner bak hvelvet	134

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		III

3	GJENVÆRENDE BRUKSTID.....	138
3.1	GENERELT	138
3.2	GJENVÆRENDE BRUKSTID FOR TUNNELER MED KLEDNINGER TYPE TUNNELDUK WG T100 OG WGT200.....	138
3.2.1	<i>Kriterier og grunnlag for vurderinger av gjenværende brukstid</i>	<i>138</i>
3.2.2	<i>Tunnelduken.....</i>	<i>139</i>
3.2.3	<i>Bakrør, festebolter og framrør</i>	<i>140</i>
3.2.4	<i>Oversikt over gjenværende brukstid.....</i>	<i>144</i>
3.3	GJENVÆRENDE BRUKSTID AV HVELV I TUNNELER MED ØVRIGE MEMBRAN/SPRØYTEBETONG- OG PLATEHVELV	146
3.3.1	<i>Ellingsøytunnelen, hvelvtype «Isolon membranhvelv»</i>	<i>146</i>
3.3.2	<i>Knappetunnelen, hvelvtype «Wapro Vannavskjermingsystem».....</i>	<i>148</i>
3.3.3	<i>Væretunnelen, hvelvtype «AluWay isolert platehvelv»</i>	<i>149</i>
4	SAMMENLIGNING AV ULIKE HVELVTYPER MHT BESTANDIGHET OG GJENVÆRENDE BRUKSTID	151
4.1	TUNNELHVELV WG T100, TUNNELDUK 554	151
4.2	TUNNELHVELV WG T100, TUNNELDUK 556	154
4.3	SAMMENLIGNING AV TUNNELHVELV WG T100 MED TUNNELDUK 554 OG TUNNELDUK 556.....	156
4.4	SAMMENLIGNING AV «ISOLON MEMBRANHVELV» MED «WAPRO VANNAVSKJERMINGSSYSTEM»	157
5	DISKUSJONSDDEL, EVALUERING AV GJENNOMFØRTE BEFARINGER.....	159
5.1	SUPPLERENDE KOMMENTARER TIL GJENNOMFØRINGER AV BEFARINGENE AV DE ENKELTE TUNNELENE	159
5.1.1	<i>Tunnelhvelv WG T100 og T200.....</i>	<i>159</i>
5.1.2	<i>Isolon membranhvelv.....</i>	<i>160</i>
5.1.3	<i>WaPro vannavskjermingsystem.....</i>	<i>161</i>
5.1.4	<i>AluWay isolert platehvelv</i>	<i>162</i>
5.2	RELEVANS AV METODER FOR VURDERING AV TILSTAND	162
6	OPPSUMMERING	164
7	KONKLUSJON.....	165
8	REFERANSER.....	167
A.	VEDLEGG -	A.1

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		IV

SAMMENDRAG

På oppdrag fra Statens vegvesen Vegdirektoratet har Aas-Jakobsen gjennomført befaringer for kartlegging av tilstand og tilstandsutvikling av ulike vann- og frostsikringshvelv i 12 tunneler.

Befaringene ble utført i perioden oktober – november 2013. Kartleggingen omfattet følgende typegodkjente vann- og frostsikringshvelv:

- WG tunnelhvelv T100 med duktyper 554 og 556
- WG tunnelhvelv T200 med duktype 556
- Isolon membranhvelv
- WaPro Vannavskjermingsystem
- AluWay isolert platehvelv

Typegodkjenning for hvelvtype WG T100 med tunnelduk 554 ble trukket tilbake i 2004 på grunn av at løsningen ikke tilfredstilte nye krav til røykproduksjon etter standard ISO 9705-1993.

Innledningsvis i rapporten beskrives de ulike vann- og frostsikringsløsningene i detalj inkl. beskrivelse av alle materialer og konstruksjonsdeler som inngår i hvelvene. Beskrivelsene er supplert med tegninger, figurer og bilder. I tillegg beskrives monteringsprosedyre for hver enkelt hvelvtype.


Tunnelhvelvene ble vurdert fra trafikkrommet og fra baksiden av hvelvene hvor dette var mulig. Alle tilgjengelige konstruksjonsdeler ble inspisert ned til minste detalj. Vurdering av tilstand ble gjort visuelt og for øvrig ved ikke-destruktive metoder.

I rapporten fra befaringer i de utvalgte tunnelene beskrives tilstanden til alle inspiserte konstruksjonsdeler. Beskrivelsen er illustrert ved foto. I tillegg inngår en mer utfyllende fotodokumentasjon fra hver tunnelbefaring som egne vedlegg.

Gjenværende brukstid er vurdert for hvelvene i alle tunnelene som ble inspisert og er grovt anslått i intervall på 10 år. Det er også beskrevet hvilken konstruksjonsdel som er avgjørende for anslått, gjenværende brukstid.

Rapporten inneholder også sammenligning mht bestandighet og gjenværende brukstid for hvelvene som er inspisert på grunnlag av duktype og beslektede hvelvtyper. Avslutningsvis inneholder rapporten en diskusjonsdel som beskriver evt. mangler ved de utførte befaringene, relevans av anvendte metoder for vurdering av tilstanden og om observasjonene er representative for tilstandsvurdering av hvelvet i den aktuelle tunnelen.

Ved typegodkjenning av hvelvtypene er forventet levetid satt til 50 år.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		V

Tilstanden for alle de inspiserte tunnelhvelvene er generelt god. Hvelvene tilfredsstillers derved funksjonskrav som vann- og frostsikring av tunnelene.

På grunnlag av observasjoner i tunnelene, tidligere erfaring med denne type konstruksjoner samt rapporter med erfaringer fra tidligere befaringer utført av SvV, har vi vurdert gjenværende brukstid for hvelvkonstruksjonene i de besøkte tunnelene. For de ulike hvelvtypene med varianter anslås følgende total levetid:

- WG tunnelhvelv T100, duktype 554 : 40 år
- WG tunnelhvelv T100, duktype 556: 30 år
- WG tunnelhvelv T200, duktype 556: 35 år
- Isolon membranbvelv, undersjøisk del: 45 år
- Isolon membranbvelv, oversjøisk del: > 50 år
- WaPro Vannavskjermingssystem: > 50 år


- AluWay isolert platehvelv, stålkassetter 30 år
- AluWay isolert platehvelv, kassetter i syrefast kvalitet > 50 år

For alle tunnelhvelv av type WG, vurderes tunnelduken å være begrensende for levetid av hvelvene. For å kunne vurdere og anslå levetid for duktypene på et bedre grunnlag, anbefales det at det gjennomføres tester for å dokumentere gjenværende mengde mykgjørere samt tap av mykgjørere i forhold til opprinnelig innhold ved produksjon av duken. I tillegg anbefales det at det utføres tester av dukens gjenværende strekkstyrke på dukprøver fra ulike tunneler med dette hvelvet.

Levetid på 45 år for Isolon membranbvelv er anslått på grunnlag av observasjoner og vurdering av tilstand på montasjedel i den undersjøiske delen av Ellingsøytunnelen. Vi har redusert antatt levetid fra > 50 år på grunn av skader på bakskivene som vi antar kan tilbakeføres til produksjon-, transport- og montasjefasen.

Levetid for WaPro vannavskjermingssystem er anslått til > 50 år.

For AluWay isolert platehvelv er hvelvets anslåtte levetid etter vår vurdering begrenset av levetid på stålkassetten som spenner mellom bæreprøfilene. Etter 30 år vurderer vi at korrosjonsbeskyttelsen på platene er tæret bort. Det vil da være risiko for svekkelse i kassetten pga. etterfølgende korrosjon på stålet. Svekkelse av konstruktiv styrke kan medføre at kassetter kan falle ned i trafikkrommet.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 1

1 GENERELL BESKRIVELSE AV VANN- OG FROSTSIKRINGSLØSNINGENE

Rapporten omfatter følgende typer vann- og frostsikringsløsninger:

- WG tunnelhvelv T100 (WG tunnelduk 554 og tunnelduk 556)
- WG tunnelhvelv T200
- Isolon membranhvelv
- WaPro vannavskjermingsystem
- AluWay isolert platehvelv


I dette kapittelet gis en generell beskrivelse av de ulike typer løsninger med angivelse av alle materialer og konstruksjonsdeler som inngår i løsningene. I tillegg beskrives monteringsprosedyrer for løsningene.

Løsningene er alle typegodkjente av Vegdirektoratet. Mht. grunnlag for typegodkjenning, henvises det til Håndbok R510 kap 2 Godkjennin.

1.1 WG Tunnelhvelv T100



Fig 1.1 Oversikt WG Tunnelhvelv T100 i Sælandstunnelen i Bergen

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		2

1.1.1 Generelt

WG Tunnelhvelv T100 er en typegodkjent, lett kledning for bruk i tunnelklasse A og B opp til en trafikkmengde (ÅDT_{20}) ≤ 2500 kjt. Løsningen er godkjent brukt for en frostmengde $F_{10T} < 3000 \text{ h}^0\text{C}$. Inntil oktober 2004 var kledningen godkjent med WG tunnelduk 554. Denne godkjenningen ble tatt ut som typegodkjent løsning i NA-rundskriv 04/20 da løsningen med denne duken ikke tilfredstilte nye krav til røykproduksjon basert på testing etter standard ISO 9705-1993.

Ny godkjenning ble gitt i brev fra Vegdirektoratet datert 18.05.2005 ved bruk av en modifisert utgave av tunnelduk 554, benevnt WG tunnelduk 556. Denne duken tilfredstilte gitte krav i ISO 9705-1993 mht røykproduksjon og flammespredning ved brann. Duken tilfredstilte også øvrig tekniske kvaliteter til WG tunnelduk 554 og opphengssystemet var det samme. Nytt krav til godkjenningen var at hvelvløsningen skal kombineres med føringskant av betong med høyde minimum 1 m over kjørebanelen. Fig 1.1 viser gjeldende typegodkjent løsning montert i Sælandstunnelen i Bergen.

WG Tunnelhvelv T100 er et dukhvelv bestående av PVC-belagt polyesterrev som er festet i rørbuer montert vinkelrett på tunnelretningen og med senteravstand 1,5 m. Buene er forhåndskrummet slik at de følger normalprofilen. De er festet inn til berget med $\varnothing 16$ mm festebolter, en bolt i senter tunnel og for øvrig bolter med senteravstand maks 2500 mm langs buen i tverretningen. Boltene monteres vinkelrett på rørbuen, se figur 1.2.

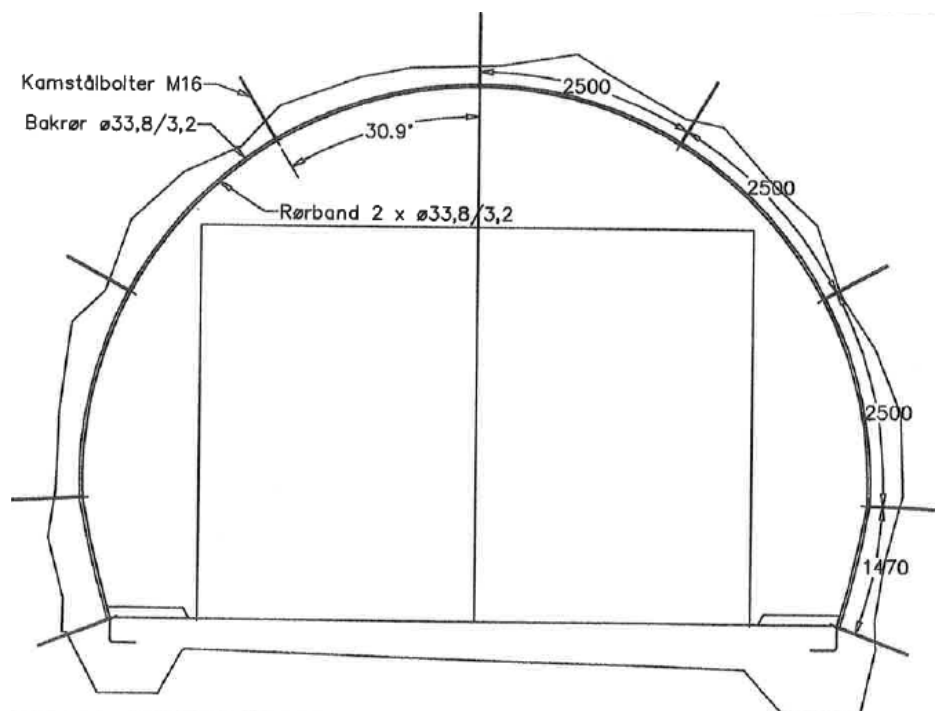



Fig 1.2 WG Tunnelhvelv T100. T8 profil (vist uten føringskant)

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		3

Rørbuene består av et enkelt bakrør som skjøtes ved hver festebolt. Duken består av 3 deler, toppduk med bredde ca 5,4 m som monteres sentrisk i profilet samt sideduker som dekker resten av tverrsnittet til hver side. Dukene monteres i lengder på 20 – 50 m, toppduken monteres først og henges opp på utstikkende del av festebolten. Deretter monteres sidedukene og toppduk og sideduk sveises sammen i vederlaget på hver side. Tetting av boltegjennomføring i duken ivaretas ved bruk av pakninger og utenpåliggende sirkulær skive mot begge sider av duken. Pakninger/skiver klemmes mot duken mellom muttere på hver side av duken.

Til sist monteres framrørene, også benevnt rørbånd. Dette er 2 stk rør med samme dimensjon som bakrørene som er koblet sammen med 2 stk tverrstykker av flattstål pr rørlengde. Innbyrdes senteravstand mellom rørene er ca 70 mm. Rørene skjøtes langs buen ved hver festebolt. For kobling av rørbåndene, benyttes eget H-formet skjøtestykke benevnt tosidig endefeste. Dette monteres til utstikkende del av festeboltene. Rørbåndene tres inn på skjøtestykket fra hver side. Ved tilstramming av rørbåndene mot bakrørene, strammes duken samtidig opp i lengderetning, se Fig 1.3.

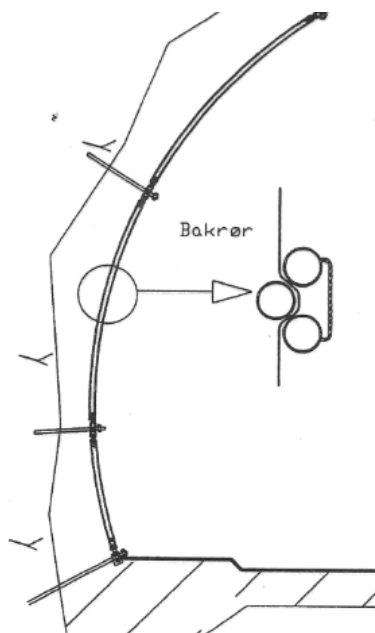


Fig. 1.3. Stramming duk.

For tunneler hvor WG Tunnelhvelv T100 var montert frem til oktober 2004 (opprinnelig typegodkjent løsning), ble duken i nedkant lagt mot en bakfylling av pukk som var etablert til ca bankettnivå. Deretter ble duken fylt ned på trafikksiden med finpukk/subbus. I enkelte tunneler er banketten også støpt ut. Løsningene er vist på etterfølgende bilder:

Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 4


		
Avslutning duk mot føringskant (typegodkjent løsning)	Avslutning duk mot støpt bankett	Avslutning duk mot bankett med subbus

1.1.2 Detaljert beskrivelse av hvelvets oppbygging.

WG Tunnelhvelv T100 består av følgende komponenter:

Pos nr	Navn	Dimensjon [mm]	Materialtyper
1	Rørbånd	2 stk 33,7 x 3,2	Combi 200 (Rukki) (Rp _{0,2} =200 Mpa)
2	Mutter	M16	A4 Syrefast
3	Tosidig endefeste	Ø 22	S235JR
4	Rund skive	50 x 3	S235JR/1.4404 Syrefast
5	Pakning	50 x 3	TPE
6	Bakrør	Ø 33,7 x 3,2	Combi 200 (Rukki)
7	Festebolt	Ø16, gjenget M16	B 500 NC
8	Tunnelduk 556 t = 0,6 mm Tunnelduk 554* t = 0,7 mm	0,6 mm, ca 600 g/m ² 0,7 mm, ca 700 g/m ²	PVC Polyesterrev 1100 dtex, t = ~ 0,3 mm
9	Festelist	30 x 15	PVC
10	Ensidig endefeste	Ø 22	S235JR
11	Topprør	Ø 33,7 x 3,2	Combi 200 (Rukki)

* Typegodkjent duk inntil okt. 2004

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		5

Komponenter som listet over, gjelder komponenter som inngår i typegodkjent løsning av hvelvet med unntak av tunnelduk 554 som er tatt med til orientering for helhetens skyld. Utførelse av hvelv i tunneler som er montert før 2005, avviker noe fra gjeldende typegodkjent løsning. Avvikende utførelse i de tunnelene vi inspiserte i forhold til typegodkjent løsning, vil bli redegjort for i kap 2.

Korrosjonsbeskyttelse av ståldeler i ht. leverandørens spesifikasjoner:

Varmforsinking er utført i hht NS-EN ISO 1461. For beleggstykkelse gjelder:

- Bakrør og Rørbånd: Sertifisert tykkelse > 80 µm
- Festebolter, endefester, skiver og muttere: Min 50 µm

I tillegg er ståldelene pulverlakkert med epoksy i hht NS-EN 13438, beleggstykkelse 80 – 90 µm. Som forbehandling før pulverlakkeringer er delene behandlet ved sinkfosfatering.


Oppbygging av hvelvet

Bolteinnfesting og bakrør, tett gjennomføring i duk

	
<p>Nederste bolterad, oversikt. I nedkant er duken ført ned og bak føringskanten.</p>	<p>Detalj avslutning bakrør, med festemuttere, rund skive samt pakning mot duk.</p>



Kommentarer:

Bildene er fra Nattlandtunnelen (typegodkjent løsning). Festeboltene er forankret i berget ved bruk av boltemørtel. Som det fremgår av bildet til høyre, er bakrøret presset flatt hvor det monteres til


 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		6

festeboltene. Hull i profilet som er forseglet med grønn plastpropp, er hull for evakuering av luft som varmes opp innvendig i røret i varmforsinkingsprosessen.



Muttere og rund skive er i Natlandtunnelen utført med komponenter i syrefast stål. I de fleste tunnelene vi inspiserte, var disse komponentene imidlertid utført i varmforsinket og pulverlakkert utførelse, se etterfølgende bilde.

	
<p>Skjøtbakrør.</p>	<p>Detalj skjøtbakrør inkl. festemateriell. Tetting av boltegjenomføring i duk med pakning og skive.</p>

Sort tape på bolten er merking for riktig montering av bakrøret i forhold til normalprofilet.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 7

Framrør (rørbånd), avslutning, skjøter, innfesting. Tett gjennomføring i duk.

	
Framrør, oversiktsbilde. Senterbolt samt 1.ste bolterad til hver side.	Rørbånd, nederste profil med ensidig endeavslutning

Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

Utført/Prep.By

CHR/TAØ

Rev. av/Rev by

Side/Page

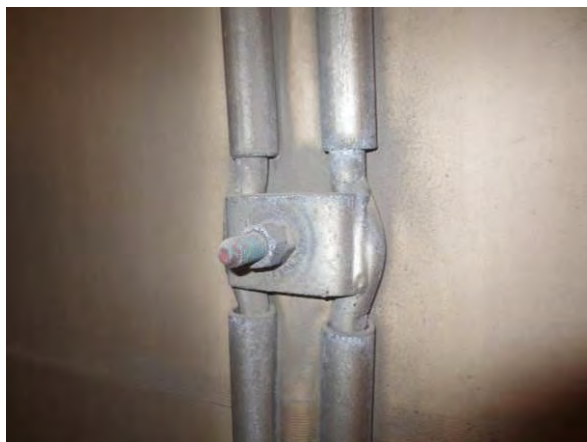
8



Detalj endeavslutning. Tetting av boltegjennomføring i duk med pakning og skive.



Profil ensidig endeavslutning.



Skjøt rørbånd.



Detalj skjøt rørbånd med H-formet skjøtestykke (løsnet rør). Hull i duk noe over langsgående fabrikkskjøt av duken.

Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

Utført/Prep.By

CHR/TAØ

Rev. av/Rev by

Side/Page

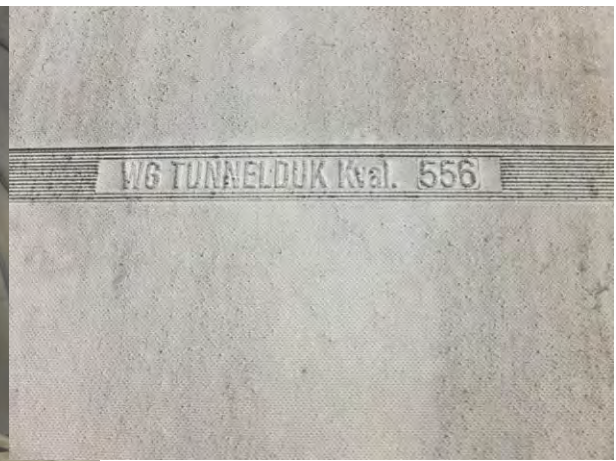
9



Langsgående topprør i senter tak.

Kommentar: topprøret er bukket opp på midten. Hensikten er å løfte duken for å sikre vannavrenning. Topprøret er klemt flatt i hver ende ved innfesting i senterboltene, overlappskjøt, avlange hull. Skjøtehylse er montert på utstikkende senterbolter for å skjøte ned bolt for oppheng av kabelbrua.

Tunnelduk. Sveiser og luker.



Montasjesveis mellom toppduk og sideduker ved første bolterad til venstre og høyre for senterbolten. Øvrige langsgående sveiser er

Fabrikkveis.

Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
11378	11378-1	0
Dato/Date	Rev.dato/Date	
10.11.2016		
Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
CHR/TAØ		10

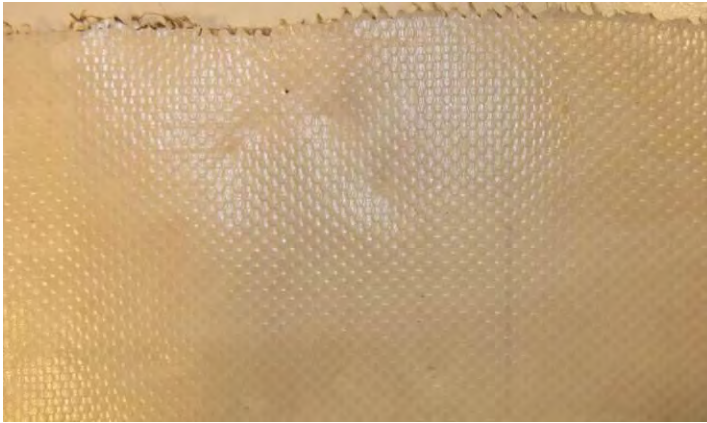
Prosjekt/Project

11378

Tittel / Title

Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

fabrikksveiser.




Duk 554 (Frøyatunnelen). Polyesterveven ses i rivekanten.



Luke med borrelås og glidelås.



Åpnet luke.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 11



Tilslutning av duk mot føringskant av betong



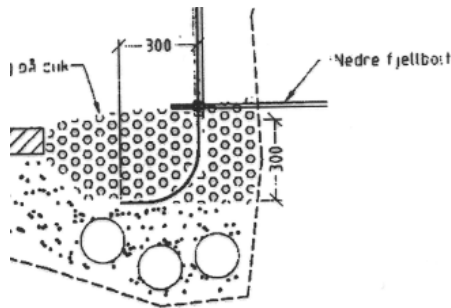
Kommentarer: Bildene over viser tilslutning av membranen mot føringskant av betong i Nattlandtunnelen. Tilslutning til overkant av veggelementer utføres i prinsipp på samme måte.


På trafikksiden av membranen er det fra fabrikken påsveiset en membranstripe som føres ned med overlapp mot betongkanten. Membranen klemmes deretter inn mot føringskanten ved bruk av

	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 12

klemmest og syrefaste stålspiker som skytes fast (venstre bilde). Deretter strammes mutteren til for innfesting av nederste endefeste på framrørene. På bergsiden føres hovedduken over og ned bak overkant av føringskanten som vist på bildet til høyre.

For tunnelhvelv hvor duken i nedkant ikke er avsluttet mot føringskanter/veggelementer i ht. gjeldende typegodkjent løsning (2005), ble duken ført ca 300 mm ned under sidearealet med anlegg mot bakfylling av pukk. Duken ble deretter brettet og lagt ca 300 mm inn mot vegbanen. Deretter ble det lagt ut knuste masser, pukk eller subbus over duken slik at den ble forankret i nedkant før mutter for endefestet mot banketten ble trukket til for stramming av nedre del av hvelvduken.




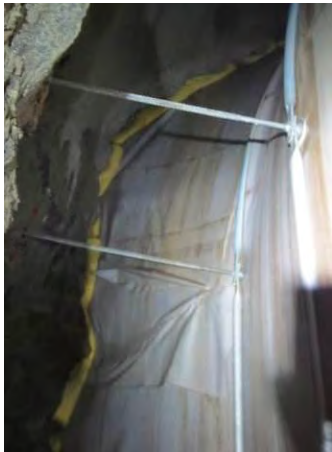
 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 13

Tette tilslutninger ved endeavslutninger

Avslutninger av vann- og frostsikringskonstruksjoner skal i ht Hb R510, punkt 8.1 etableres med tette tilslutninger som hindrer vannlekkasje og luftstrømning med frostinntrengning bak konstruksjonen.


For WG tunnelhvelv T100 er det ingen standardiserte løsninger for dette. Løsningene tilpasses på stedet avhengig av forholdene. Etterfølgende foto viser eksempler på aktuelle utførelser.

Tett tilslutning mot berg:

	
<p>Duken føres ut mot konturen, boltes fast</p>	<p>Tetting av tilslutning med mineralull mellom berg og duk</p>

Tett tilslutning mot portal:

	
<p>Bilde fra Troidhaugtunnelen</p>	<p>Bilde fra Sædalstunnelen (utett)</p>

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 14

1.1.3 Monteringsprosedyre WG Tunnelhvelv T100

Monteringsprosedyren beskriver montering av WG Tunnelhvelv T100 for typegodkjent løsning. Komponentnummerering (nr) som angitt i parentes i etterfølgende anvisning, korresponderer med Pos. nr som er angitt og listet opp innledningsvis i pkt 1.1.2 for de ulike komponentene. Det samsvarer også med Pos. nr som angitt på vedlagte prinsipptegning T-028 som er utarbeidet av WG Giertsen Tunnel.

Montasjen utføres i prinsipp som følger:

1. Det merkes nøyaktig for boring av hull for kamstålboltene. Hullene bores til valgt montasjedybde 500 mm. Boltelengder tilpasses, boltene (7) gyses fast med ekspanderende boltømørtel.
2. Mutter (2) monteres nøyaktig på boltene tilpasset valgt montasjelinje for duken. Bakrør (6) monteres på boltene (7) og mutter (2) trekkes til for festing av bakrør (6).
3. Rund skive (4) og pakning (5) tres inn på boltene (7).
4. Toppduk (8) strammes i lengderetningen og monteres til opphengsbolter (7) i hengen. Pakning (5) samt rund skive (4) tres inn på boltene, deretter trekkes mutter (2) til. Duken (8) strammes suksessivt i tverretning til begge sider. Duken (8) festes inn på boltene (7) i bolteradene til side for bolteraden i senter tunnel.
5. Sideduk (8) strekkes ut i lengderetning og henges på opphengsbolter (7) ved hjelp av rund skive (4), pakning (5) og mutter (2) med tilsvarende utførelse som innfesting av toppduken.
6. Toppduk og sideduker sveises med langsgående sveiser i vederlagene.
7. Rørbånd (1) monteres på opphengsbolter (7) ved hjelp av tosidige endefester (3).
8. Nederste festepunkt blir montert med ensidig endefeste (10).
9. Rørbånd (1) strammes mot bakrøret fra senter bolt og nedover mot hver side med unntak av nederste boltene.
10. Duken (8) strammes opp og festes i nedkant ved at klemlisten (9) spikres til føringskant/veggelement.
11. Festemutter (2) for ensidig endefeste (10) strammes så til slik at duken rundt nederste festebolten strammes opp.
12. Kontramutter (2) monteres på alle opphengsbolter (7).

Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

Utført/Prep.By

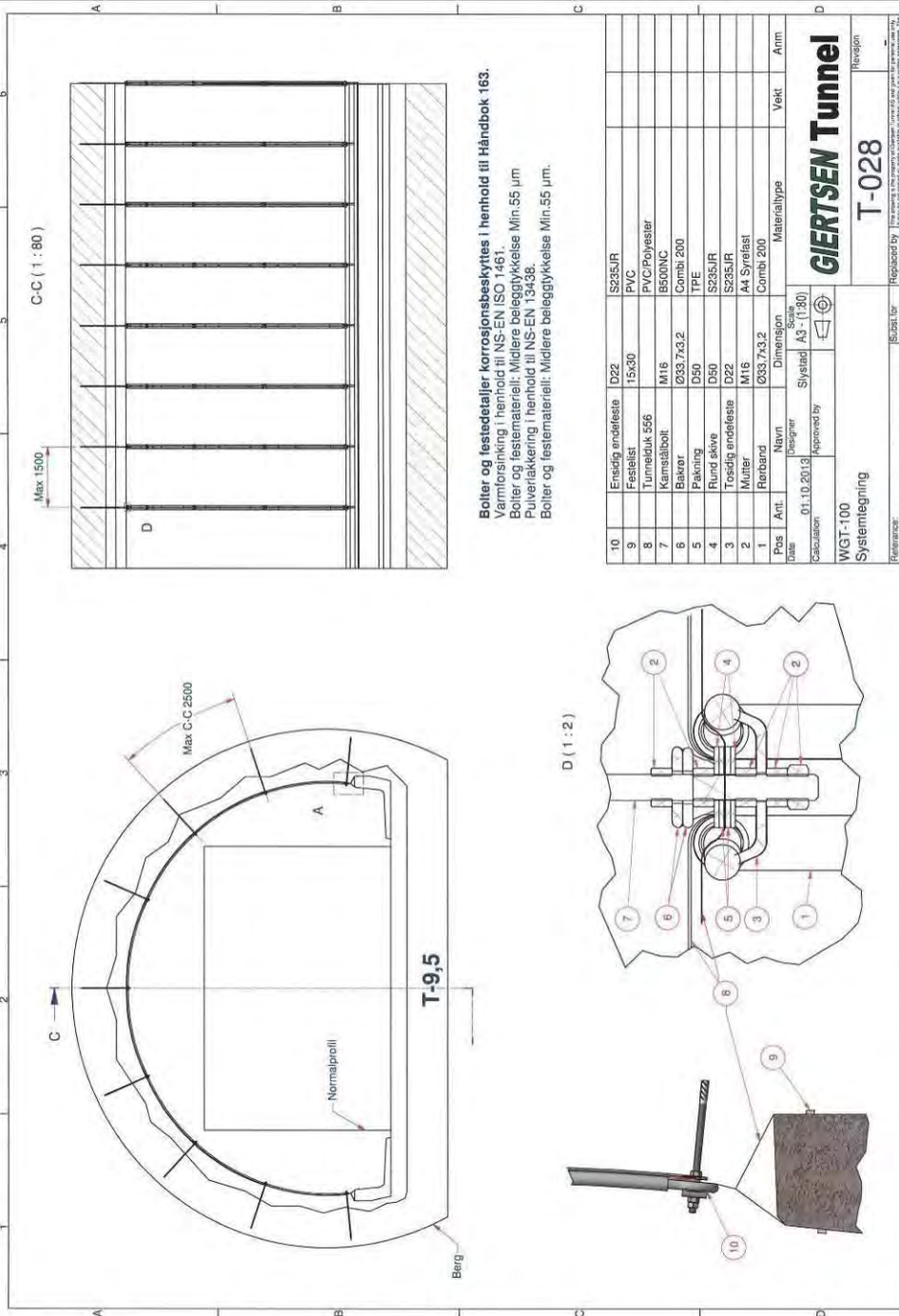
CHR/TAØ

Rev. av/Rev by


Side/Page

15

Illustrerende montasjetegning WGT-100:



Bolter og festedetaljer korrosjonsbeskyttes i henhold til Håndbok 163.
Varmforzinking i henhold til NS-EN ISO 1461.
Bolter og festemateriell: Midlere belegglykkelse Min.55 µm
Pulverlakkering i henhold til NS-EN 13438.
Bolter og festemateriell: Midlere belegglykkelse Min.55 µm.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		16

1.2 WG Tunnelhvelv T200



Fig 1.4 T200 klar for påføring av sprøytebetong (Troldhaugtunnelen)

1.2.1 Generelt

Tunnelhvelvet T200 består av et nettarmert hvelv av sprøytebetong med tykkelse ≥ 80 mm og med bruk av WG Tunnelduk 556 som membran. Membranhvelvet med 556-duken monteres på tilsvarende måte som typegodkjent løsning for WG Tunnelhvelv T100, ref. kapittel 1.1.

WG Tunnelhvelv T200 er en typegodkjent kledning for bruk i tunnelklasse A til F. Bruk av hvelvet er for øvrig begrenset i henhold til aktuelle bestemmelser gitt i Håndbok N500. For øvrig gjelder gitte krav i Håndbok R510 til konstruksjon, materialer og utførelse av sprøytebetonghvelv.

I tillegg gjelder begrensninger for bruk av hvelvet i høytrafikk tunneler i hht bestemmelser fra Vegdirektoratet som er gitt i egne rundskriv for typegodkjente tunnelkledninger i ulike tunnelklasser. Løsningen er godkjent for bruk i tunneler med frostmengde $F_{10} \leq 8000$ h° C.

Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

Utført/Prep.By

CHR/TAØ

Rev. av/Rev by

Side/Page

18

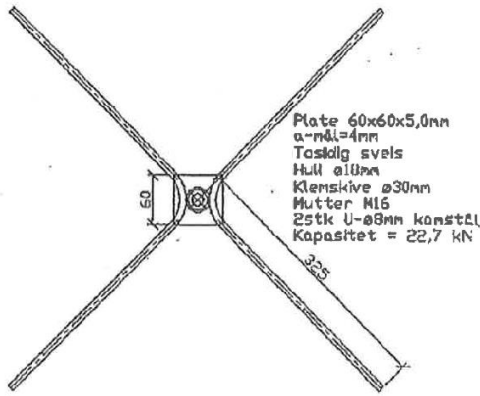
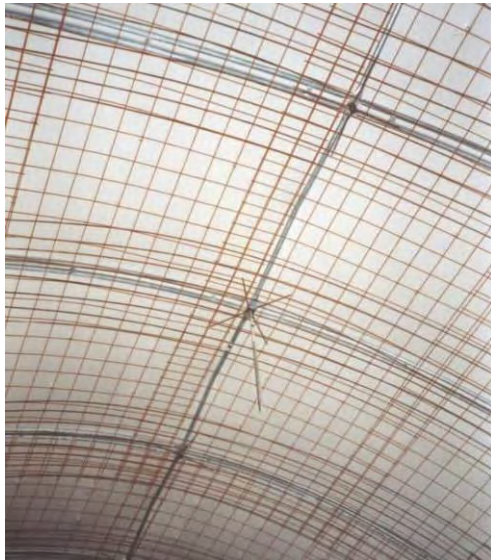



Fig 1.6. Detalj «Blekk sprut».



Oversiktsbilde fra montasjefasen.
Armering ikke komplett



«Blekk sprut». Tilleggsarmering langs rørbuen montert på nettet. Armeringsstoler montert på nest nederste tråd.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 19

1.2.3 Monteringsprosedyre WG Tunnelhvelv T200

Montering av dukhvelvet utføres som beskrevet for WG Tunnelhvelv T100.

Deretter etableres sprøytebetonghvelvet som følger:

1. Montering av armeringsnett K189. Omfaringslengde 300 mm ved skjøting av nett.
2. Blekkspruter monteres suksessivt med mutter foran og bak flattstålet. Avstand fra duken tilpasses armeringsoverdekningen. Deretter bindes og festes nettet til blekkspruten.
3. Montering av armeringsstoler i tilstrekkelig omfang for å sikre armeringsoverdekning min 20 mm mot duken. Det benyttes armeringsstoler av plast som festes til duken med spesielt lim.
4. Tilleggsarmering ø8 og ø10 mm jern monteres langs rørbuene. Bindes direkte til armeringsnettet.
5. Påføring av sprøytebetong. Utføres i 3 lag, første lag sprøytes ut til armeringsnettet. Etter at dette er herdet, påføres resterende sprøytebetongtykkelse i to lag med tykkelse ca 30 mm i hvert påslag.
6. Tidligere sprøytet flate vannes godt før påføring av etterfølgende lag.
7. Tiltak for å hindre uttørking av sprøytebetongen, ivaretas ved bruk av tilsetningsstoff type internherdner (internal curing).

Det er ikke gitt anvisninger på etablering av dilatasjonsfuger for dette hvelvet. Det påregnes at det utføres ved bruk av rissanviser (L-formet plastlist) som limes til duken. For øvrig kappes og fjernes armeringen ca 50 mm til side for rissanviseren.

Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
11378	11378-1	0
Dato/Date	Rev.dato/Date	
10.11.2016		
Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
CHR/TAØ		20

Prosjekt/Project
11378
Tittel / Title
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

1.3 Isolon membranhvelv

1.3.1 Generelt

Kledningen består av en helsveist PE-membran montert i profil med tett boltemønster 1,2 x 1,2 m og egenutviklet vanntett boltegjennomføring (betegnet «Isolon membranhvelv») som i tillegg er påført et lag 80 mm nettarmert sprøytebetong.

Isolon membranhvelv er en typegodkjent kledning for bruk i tunnelklasse A til F, ref godkjenningbrev fra Vegdirektoratet datert 12.06.2006. Bruk av hvelvet er for øvrig begrenset i henhold til bestemmelser og krav gitt i Håndbok N500. For øvrig gjelder gitte krav i Håndbok R510 til konstruksjon, materialer og utførelse av sprøytebetonghvelv. I tillegg gjelder begrensninger for bruk av hvelvet i høytrafikk tunneler i hht bestemmelser fra Vegdirektoratet gitt i rundskriv for typegodkjente tunnelkledninger i ulike tunnelklasser. Løsningen er godkjent for bruk ved frostmengde $F_{10} \leq 8000 \text{ h}^\circ\text{C}$.

Mht bestemmelser, begrensninger samt øvrige krav for øvrig for bruk av løsningen i hht håndbok N500, R510 og rundskriv vedrørende typegodkjente løsninger, gjelder likelydende forhold som er beskrevet i pkt 1.2 for WG Tunnelhvelv T200.

I typegodkjenning for dette hvelvet er forventet levetid satt til 50 år.

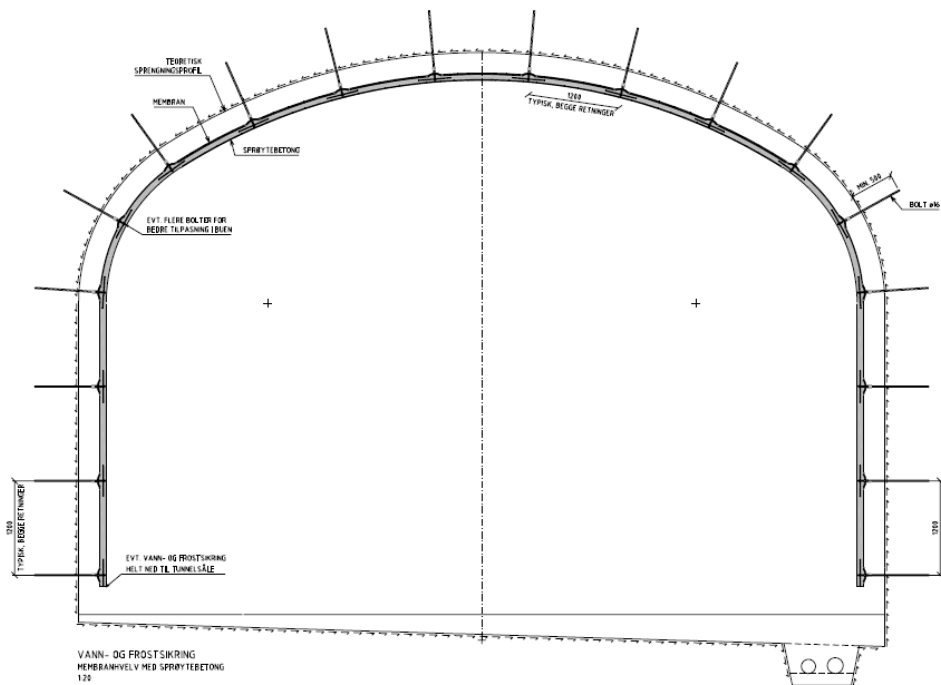



Fig 1.7. Prinsipptegning Isolonhvelvet (I mangel på annen illustrasjon vises tunnelprofil fra Norra Länken)

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		21

Festeboltene og skiven på tunnelsiden inkl. tilhørende muttere, er standard montasjemateriell som også benyttes ved montasje av PE-hvelv. For å hindre vannlekkasje langs det gjengede partiet på boltene, benyttes egenutviklet montasjedetalj med bakskive med påsveiset gjengehylse hvor gjengene ikke er gjennomgående, se også bilder/figur side 22.

Tett boltegjennomføring i duken ivaretas ved klemvirkning mellom fram- og bakskivene i tillegg til at det benyttes pakning mellom bakskive og membranen.


Membranen leveres på rull med bredde 3,75 m og lengde 100 m. Membranen monteres ved at den rulles ut i tverretningen med spesialtilpasset montasjeutstyr. Deretter sveises membranbreddene sammen med dobbel sveis. Tetthet av sveisen dokumenteres ved trykkprøving.

For å sikre heft mellom membranen og første påslag av sprøytebetong, er membranen levert med «floss» på den ene siden. Flossing er oppnådd ved å sprøyte finfordelte tråder på membranen av samme materialet som membranen er fremstilt av. Før påsprøyting varmes materialet opp slik at det ved påføring, «sveises» til membranen ved at overflaten smelter lokalt i kontaktpunktene mellom trådene og membranen. Varmemengden er så lav at dette ikke påvirker membranens materialegenskaper. Det vises for øvrig til etterfølgende fotodokumentasjon.

1.3.2 Detaljert beskrivelse av Isolon-hvelvets oppbygging

Isolon membranbuehvelv er bygget opp med følgende konstruksjonsdeler og med spesifiserte materialer:

Pos nr	Navn	Dimensjon [mm]	Materialtyper
1	Festebolt	ø16, gjenget M16 l = 50 mm	BST500S
2	Bakskive	ø150 x 3 mm skive med påsveist gjengehylse	Q235 (S235JR)
3	Gjengehylse M16, ikke gjennomgående gjenger	M16, lengde 70 mm	S355
4	Pakning mot bakskive	Ø150 x 3	PE-materiale
5	Gjengestang	M16, l = 125 mm	Ikke oppgitt
6	Framskive	Ø140 x 3 mm	Q235 (S235JR)
7	Mutter	M16	Ikke oppgitt
8	Membran GSE Ultra Flex	1,5 mm	Lavdensitet-polyetylen

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 22

Komponenter som listet over, gjelder typegodkjent løsning av hvelvet. Utforming av fram- og bakskiver har for øvrig variert noe hvor hvelvet er blitt montert.

Oppbygging av sprøytebetonghvelvet:

Sprøytebetong :	Fasthetsklasse B35* Bestandighetsklasse M45* * (i hht håndbok R761)
Nettarmering:	Nett K131 Kvalitet B 500NA i hht NS-EN 3576-1

I hht typegodkjenningen, skal sprøytebetongen være tilsatt finfordelt PP-fiber for å sikre betongmaterialets brannmotstand. I hht NA-rundskriv 04/20, kreves da tilsetning av min 2 kg fiber/m³ betong.

For lastoverføring mellom sprøytebetonghvelv og festebolter, benyttes ståldetalj benevnt «Blekksprut». Blekkspruten består av stålplate 40 x 40 x 8 mm med hull ø 18 mm. Til denne stålplaten er det påsveist 2 stk 8 mm armeringsjern (BST500S) med total lengde 600 mm. Utførelse for øvrig i prinsipp som vist på fig 1.6.

Korrosjonsbeskyttelse av ståldeler i ht. leverandørens spesifikasjoner:

Festebolt, gjengestang, bakskive med påsveiset skjøtehylse, framskive, muttere samt «blekksprut», er varmforsinket med belegtykkelse min 50 µm.

I tillegg er ståldelene pulverlakkert med epoksy, belegtykkelse ca 80 – 90 µm.

Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

Utført/Prep.By


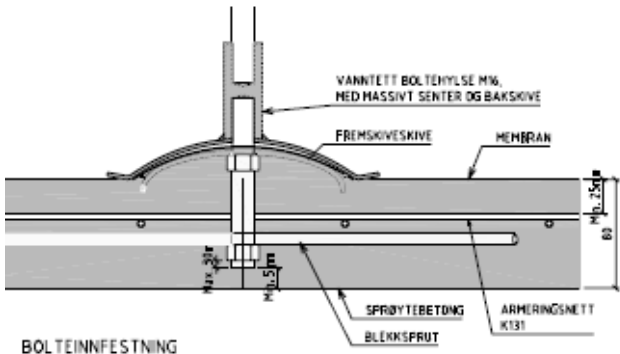
CHR/TAØ



Rev. av/Rev by

Side/Page

23

Festbolter inkl montasjemateriell for tett boltegjennomføring. Armeringsnett inkl. «Blekksprut»

	
<p>Festbolt, forankret min 500 mm i berg</p>	<p>Snitt gjennom hylse (Pakning mellom duk og bakskeve mangler på detaljen her)</p>

	
<p>Bakskeve med påsveiset hylse, pakning, framskeve og gjengestang med tilh. mutter.</p>	<p>Modell av komplett boltegjennomføring i membranen inkl. armeringsnett og blekksprut</p>

Kommentar: Her er vist montasjemateriell i Ålesundstunnelene. Ved etterfølgende montasjer er det benyttet skiver med en flatere design tilsvarende skiver for montasje av PE-skum.

Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

**Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer
vann- og frostsikringshvelv**

Utført/Prep.By

CHR/TAØ

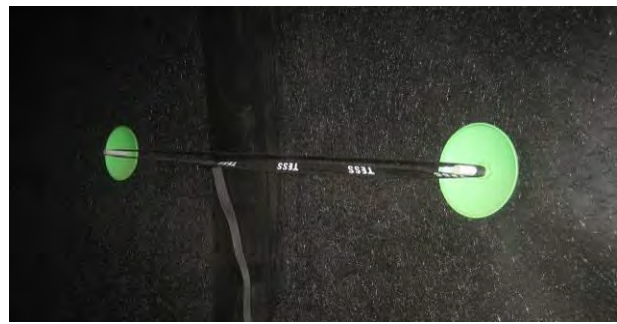
Rev. av/Rev by

Side/Page

24

Membran

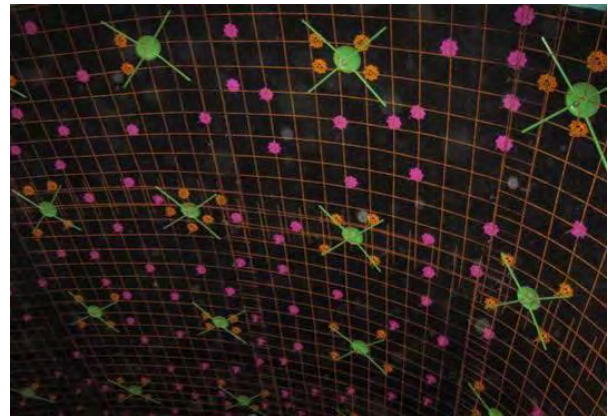
Membran med «floss». Floss er skrapet bort på et område til høyre på bildet




Stramning av duk før utførelse av sveis i tverretningen.



Dobbel sveis ved membranskjøt



Ferdig montert hvelv før sprøyting.
Armeringsstolene er limt til duken.


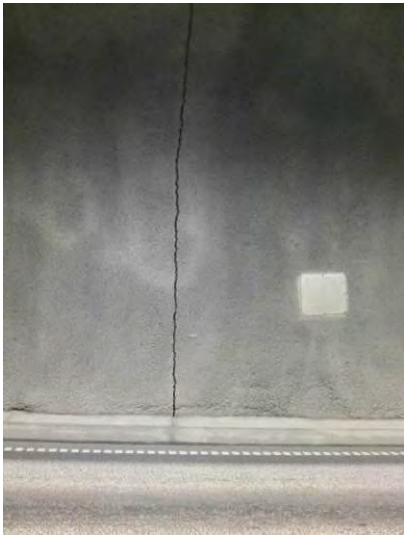
 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 25


Dilatasjonsfuger

Dilatasjonsfuger skal normalt etableres med senteravstand 30 – 40 m ref. Hb R510, pkt 8.5.

For Isolonhvelvet har leverandøren Skumtech utviklet en egen løsning for rissanvisning i sprøytebetonghvelvet. Rissanviseren består av plastvinkel med bredde x høyde = 70 x 60 mm. Det er laget V-spor i listen med senteravstand 30 cm for at den lettere skal kunne følge valgt montasjelinje. Plastprofilen er limt til en spesiell brannduk med bredde 150 mm som igjen limes til membranen. Branndukens misjon er å hindre direkte heft mellom sprøytebetongen og membranen slik at bevegelsen i fugen vil kunne tas opp over branndukens bredde. I tillegg gir brannduken en ekstra sikkerhet for brannbeskyttelse av bakenforliggende membran.

For brannsikring av fugen er det pålimt et bånd type «Aestuver Band DBS» med bredde x tykkelse = 20 x 1,5 mm på begge sider av listen, dvs brannsikringen er uavhengig av hvilken side av plastlisten at fugebevegelsen skjer. Ved oppvarming av dette båndet, dannes et ubrennbart skum som vil fylle hulrommet i fugen. Materialet har et fritt svellepotensiale på ca 20 ganger ved temperatur 200 °C, dvs et fritt svellepotensiale på 30 mm til hver side av listen.

	
Rissanviser med brannduk (grønn) samt pålimt bånd på begge sider av listen.	Dilatasjonsfuge.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 26


Tette tilslutninger mot føringskant og veggelementer.

Ved montering av Isolonhvelvet i kombinasjon med føringskant og veggelementer, føres membranen ned bak konstruksjonselementet og slik at totalløsningen blir tett mht vannavrenning mot drens-systemet i vegoppbyggingen. I kombinasjon med veggelementer benyttes overlapp ca 0,5 m som for PE-hvelv. Membranen må fastholdes ved overgang mot føringskant/veggelement mht etterfølgende påføring av sprøytebetong.

Tette tilslutninger ved endeavslutninger

Avslutninger av vann- og frostsikringskonstruksjoner skal i hht Hb R510 pkt 8.1 etableres med tette tilslutninger som hindrer vannlekkasje og luftstrømning med frostinntrengning bak konstruksjonen.

Tette tilslutninger ved feltvise endeavslutninger samt mot portaler avsluttes i prinsipp på tilsvarende måte som beskrevet for WG tunnelhvelv T100.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		27

1.3.3 Monteringsprosedyre Isolon membranhvelv

Isolonhvelvet monteres og etableres som følger:

1. Ansett for bolter i bolteradene settes ut og avmerkes på berget. Lengde på hver bolt fra berget og til valgt montasjelinje, markeres på berget.
2. Bolterader etableres i tverretningen for hver 7:e bolterad. Deretter snores det opp mellom disse bolteradene og resterende bolter mellom disse utgangsradene bores og etableres. Boltene gyses med ekspanderende mørtel, evt limforankres med epoksylin.
3. Deretter monteres bakskiven med påsveiset hylse og gjengestangen skrues inn i hylsen til den butter.
4. Pakningen tres inn på gjengestangen. Deretter monteres membranen med egen montasjerigg. Membranen tres inn på gjengestengene og sikres med framskive og mutter som trekkes til. Ved denne tilstrammingen spennes duken i tverretningen i kurvet del av profilet.
5. Membranbreddene sveises sammen med automatsveis. Før utførelse av sveisen, strammes tilliggende bolterader sammen med lastestropper. Dette gir stramming av duken i tunnelens lengderetning når stroppene fjernes etter at sveisen er utført.
6. Montering av armeringsnett. Nettene monteres med min to tverrstenger i omfaringssonen. Blekkspruter monteres suksessivt med montering av nett. Blekkspruten monteres med muttere foran og bak senterskiven.
7. For å sikre armeringsoverdekning mot membranen, monteres armeringsstoler i tilstrekkelig antall. Det benyttes ulike løsninger for dette formålet, felles for alle er at de limes på duken.
8. Til slutt påføres sprøytebetongen i tre lag. Første lag påføres ut til armeringsnettet. Etter at dette laget har fått en viss fasthet, påføres resterende sprøytebetongtykkelse i to lag med tykkelse ca 30 mm. Tidligere sprøytet flate vannes godt før påføring av etterfølgende lag.
9. Tiltak for å hindre uttørking av sprøytebetongen, ivaretas ved bruk av tilsetningsstoff type internherdner (internal curing).



Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

Utført/Prep.By

CHR/TAØ

Rev. av/Rev by

Side/Page

28

1.4 WaPro Vannavskjermingssystem

1.4.1 Generelt

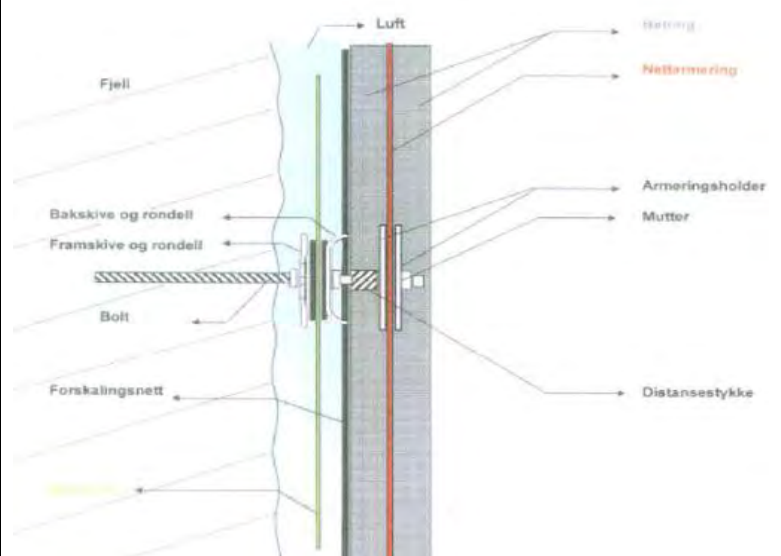
Konstruksjonen består av en membran, montert i profil med boltemønster 1,2 x 1,2 m og et plastnett som fungerer som forskaling ved etterfølgende påføring av 80 mm sprøytebetong. Nettet benyttes også for innfesting av armeringsstoler med spioner for å sikre armeringsoverdekning for armeringsnett samt for kontroll av sprøytebetongtykkelsen.

WaPro vannavskjermingssystem er en typegodkjent kledning for bruk i tunnelklasse A til F, ref godkjenningsbrev fra Vegdirektoratet datert 09.06.2006. Bruk av hvelvet er for øvrig begrenset i henhold til bestemmelser gitt i Håndbok N500. For øvrig gjelder gitte krav i Håndbok R510 til konstruksjon, materialer og utførelse av sprøytebetonghvelv. I tillegg gjelder begrensninger for bruk av hvelvet i høytrafikk tunneler i hht bestemmelser fra Vegdirektoratet gitt i NA-rundskriv 04/20 for typegodkjente tunnelkledninger i ulike tunnelklasser. Løsningen er godkjent for bruk ved frostmengde $F_{10} \leq 8000 \text{ h}^\circ\text{C}$.

Mht bestemmelser og begrensninger for bruk av løsningen i hht N500, R510 og NA- rundskriv 04/20 vedrørende typegodkjente løsninger, gjelder likelydende forhold som er beskrevet i pkt 1.2 for WG Tunnelhvelv T200.


I typegodkjenning for dette hvelvet er forventet levetid satt til 50 år.

WaPro- systemet leveres også som isolert løsning hvor isolasjonen av mineralull monteres mellom membranen og plastnettet. Den isolerte løsningen omfattes formelt ikke av typegodkjenningen.



WaProhvelv før påføring av sprøytebetong (Ikke godkjent detalj for lastoverføring fra

Prinsippsnitt.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		29

sprøytebetonghvelv til bolt)

Festeboltene er standard montasjemateriell som også benyttes for montasje av PE-hvelv.

Tett boltegjennomføring i duken ivaretas ved klemvirkning mellom fram- og bakskiver i tillegg til pakning mellom bakskive og duk. Det monteres også pakning mellom duken og framskiven.


Membranen og armeringsnettet leveres på rull med bredde på 4 m, rulles ut i tverretningen med spesialtilpasset montasjeutstyr. Tetthet av membranskjoter ivaretatt ved en spesielt utformet prefabrikkert låsløsning (ziplock-prinsippet), hvor delløsninger (dobbel not og fjær-løsning) er sveiset til membranens langs hver av sidekantene i tverretningen.

Tett tilslutning mot føringskant, veggelementer samt ved feltvise endeavslutninger og mot portaler, utføres i prinsipp som beskrevet for Isolon membran-hvelv.

1.4.2 Detaljert beskrivelse av Wapro -hvelvets oppbygging

WaPro vannavskjermingssystemet er bygget opp med følgende konstruksjonsdeler i spesifiserte materialer:

Pos nr	Navn	Dimensjon [mm]	Materialtyper
1	Festebolt	ø16, gjenget M16 i	B500 NC
2	Bakskive	ø140 x 3 mm skive med tetningspropp	
3	Pakninger	Ø150 x 10 mm	PE-materiale
4	Framskive	Ø140 x 3 mm	SJ235JRG2
5	Muttere	M16	
6	Membran	1,1 mm	PVC
7	Membranskjot	WaPro Pascal Zip-lås	PVC
8	Forskalingsnett med integrert geoduk (fiberduk)		Plastmateriale, geotekstil
9	Armeringsstoler		Plast

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 30

Komponenter som listet over, gjelder typegodkjent løsning av hvelvet. Ved kontakt med Enreco i forbindelse med dette prosjektet, opplyste de at de nå har modifisert løsningen ved at benyttes godkjent type PP- eller PE-membran i hht Hb R510, tabell 8.1 og hvor det benyttes dobbel sveis for skjøting av membranen. Forskalingsnettet lamineres til membranen slik at det bare er et produkt å installere i stedet for to, geotekstilduken er fjernet.

Oppbygging av sprøytebetonghvelvet:

Sprøytebetong :	Fasthetsklasse B35* Bestandighetsklasse M45* * (i hht håndbok R761)
Nettarmering:	Nett K131 i hht BS EN 0016 og BS EN 10223 med dokumenterte egenskaper lik eller bedre enn NS-En 3476-1 og -4.


I hht typegodkjenningen, skal sprøytebetongen være tilsatt finfordelt PP-fiber for å sikre betongmaterialets brannmotstand. I hht NA-rundskriv 04/20, kreves tilsetning av min 2 kg fiber/m³ betong.

For lastoverføring mellom sprøytebetonghvelv og festbolter, benyttes ståldetalj benevnt «Blekksprut». Blekkspruten består av stålplate 40 x 40 x 8 mm med hull ø 18 mm. Til denne stålplaten er det påsveiset 2 stk 8 mm armeringsjern med total lengde 600 mm. Utførelse for øvrig i prinsipp som vist på fig 1.6.

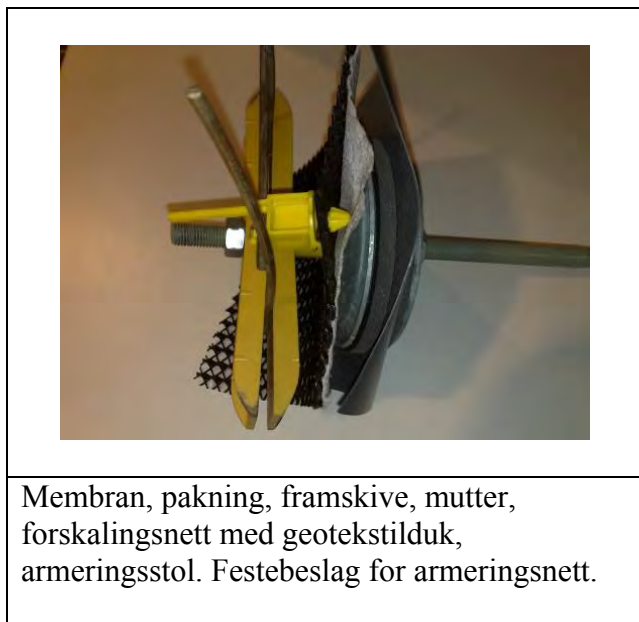
Korrosjonsbeskyttelse av ståldeler i ht. leverandørens spesifikasjoner:

Varmforsinking er utført i hht NS-EN ISO 1461. Festbolter, bakskive med påsveiset skjøtehylse, framskive, muttere samt «blekksprut», er varmforsinket med belegtykkelse min 50 µm.

I tillegg er ståldelene pulverlakkert med epoksy, belegtykkelse ca 80 – 90 µm.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		31

Festebolter inkl. montasjemateriell for tett boltegjennomføring. Armeringsnett, armeringsstol med spion.



Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

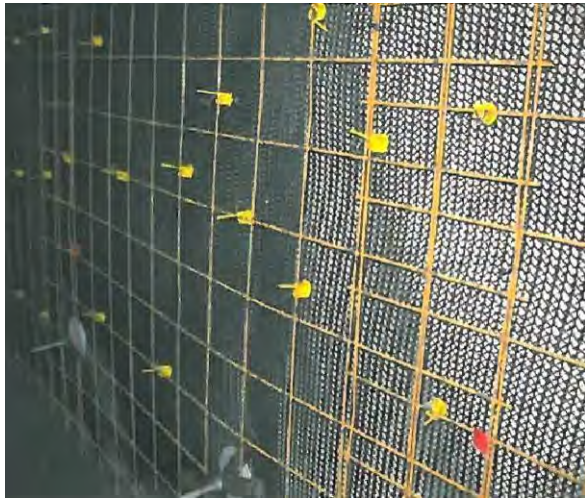
Utført/Prep.By

CHR/TAØ

Rev. av/Rev by

Side/Page

32



Membranhvelv, før påføring av sprøytebetong. Blekkspruter ikke montert.




Boltedetalj med armeringsstol og blekksprut. I hht montasjeanvisning monteres framskiven direkte mot membranen før montering av forskalingsnettet, dvs feil rekkefølge her i modellen.

Membran




Armert membran med påsveiset ziplås, vann- og gasstett skjøtedetalj. Strips er kun montert ved avslutning av membranen i nedkant.

Dilatasjonsfuger

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 33

Dilatasjonsfuger skal normalt etableres med senteravstand 30 – 40 m med referanse til Hb R510, pkt 8.5.


	<p>Dilatasjonsfugene ble etablert ved stripsing av PE-skumstripe til forskalingsnettet. Ikke tilfredsstillende utførelse. Gir ikke presis anvisning for riss. Ikke overdekning til armeringsnett til side for anviseren.</p>
Etablering av dilatasjonsfuge i Knappetunnelen	

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 34

1.4.3 Monteringsprosedyre WaPro vannavskjermingssystem

WaPro vannavskjermingssystemet etableres og monteres i prinsipp som følger:

1. Ansett for bolter i bolteradene settes ut og avmerkes på berget. Lengde på hver bolt fra berget og til valgt montasjelinje, markeres.
2. Bolter etableres, gyses med ekspanderende mørtel.
3. Deretter monteres mutter, bakskeive med tetningspropp samt pakning på boltene.
4. Deretter monteres membranen i bredde ca 4 m. Membranen tres inn på boltene, deretter PE-pakning, framskive og mutter monteres og mutrene trekkes til. Videre monteres forskalingsduken inkl. fiberduken på boltene.
5. Parallelt med membranmontasjen skjøtes/låses membranen med zip-låsen til tidligere montert membranseksjon.
6. Deretter monteres armeringsnett. Nettene monteres med min to tverrstenger i omfangssonen. Blekkspruter monteres suksessivt med montering av nett. Blekkspruten monteres med muttere foran og bak senterskiven.
7. For å sikre armeringsoverdekning mot duken, monteres armeringsstoler i tilstrekkelig antall. Armeringsstolene festes direkte inn i forskalingsdukens nettstruktur.
8. Til slutt påføres sprøytebetongen i tre lag. Første lag påføres ut til armeringsnettet. Etter at dette laget har fått en viss fasthet, påføres resterende sprøytebetongtykkelse i to lag med tykkelse ca 30 mm. Tidligere sprøytet flate vannes godt før påføring av etterfølgende lag.
9. Tiltak for å hindre uttørking av sprøytebetongen, ivaretas ved bruk av tilsetningsstoff type «internal curing».

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		35

1.5 AluWay isolert platehvelv

1.5.1 Generelt

Hvelvet består av en isolerte platekassetter i stål med bredde ca 0,6 m som monteres til spesielt tilpassede aluminiumsprofiler i tunnelens tverretning. Profilene monteres med senteravstand 3 m og festes inn til berget med korrosjonsbeskyttede festebolter. Vanntetting av konstruksjonen blir ivarettatt av en membran som monteres på baksiden av kassetene mellom aluminiumsprofilene.

Hvelvet er en typegodkjent for tverrsnitt T8,5 og T9,5 i tunnelklasse A til F, ref godkjenningbrev fra Vegdirektoratet datert 13.03.2006. Utvidelser ved eksempelvis havarinisjer må dokumenteres spesielt.

For øvrig gjelder følgende forutsetninger:

- For tunnelklasse A og B:
Løsningen kombineres med føringskant av betong med høyde min. 0,9 m over kjørebanelen.
- For tunnelklasse C og D:
Løsningen kombineres med veggelementer i betong med høyde ca 3,5 m over kjørebanelen i innkjøringssonene. I øvrige deler av tunnelen skal løsningen minimum kombineres med samme løsning som angitt for tunnelklasse A og B.
- For tunnelklasse E og F:
Løsningen kombineres med gjennomgående veggelementer av betong.
Veggelementene gis som regel en høyde på 3,5 m over kjørebanelen.

Ved typegodkjenning av hvelvet har Vegdirektoratet antatt en levetid på AluWay platehvelvet til 50 år.



Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

Utført/Prep.By

CHR/TAØ

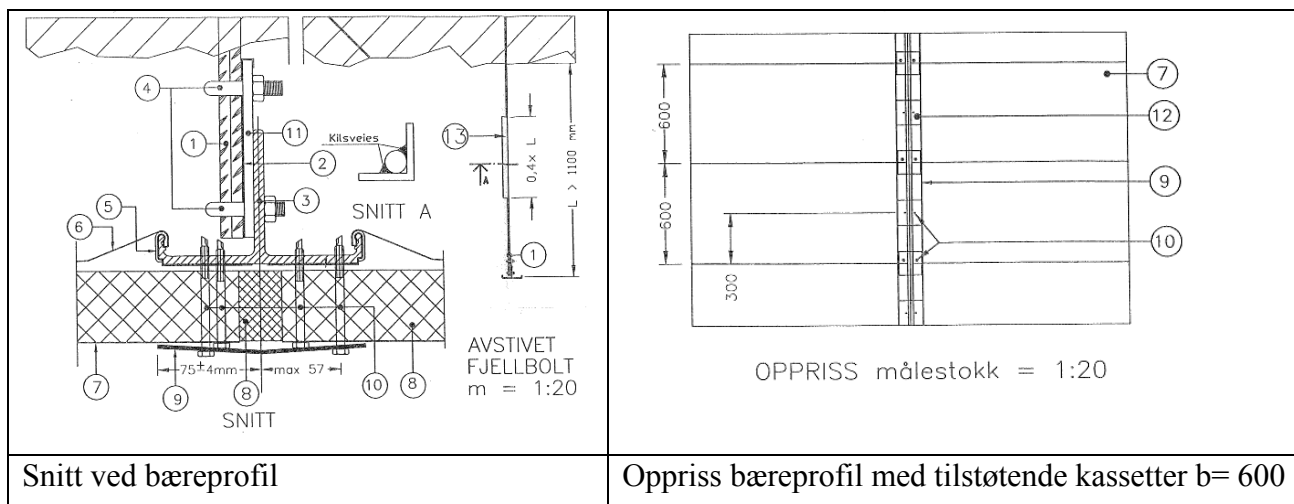
Rev. av/Rev by

Side/Page

36

1.5.2 Detaljert beskrivelse av hvelvets oppbygging

Aluway isolert platehvelv er bygget opp med følgende og konstruksjonsdeler og med materialer som angitt. Pos. nr i tabellen er referert til nummerering på snitt og oppriss.



Snitt ved bæreprofil

Oppriss bæreprofil med tilstøtende kassetter b= 600

Pos nr	Navn	Dimensjon [mm]	Materialtyper
1	Festebolt	ø16	B500 NC, Vzn + pulverlakkert med epoksy *
2	Mellomleggsplate, syrefast	t = 5 mm	AISI 316 L (1.4404)
3	Buet, ekstrudert T-profil	Se etterfølgende detaljtegninger	AA 6063 T6
4	U-klammer	M16 x 60 med muttere	A4-50
5	Klemlist		PVC
6	Membran	Type 1 i hht Hb R510, tabell 8.1. t > 1,0 mm	PVC
7	Platekassett	t _{var} = 1,25 – 2 mm avhengig av last og antall lastvekslinger	S235, evt S355 ** Alternativt syrefast stål, kvalitet 1.4404

Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

Utført/Prep.By

CHR/TAØ

Rev. av/Rev by

Side/Page

37

8	Isolasjon	t = 100 mm	Rockwool tunnelplater, densitet 70 kg/m ³
9	Dekkeslag platekassettskjøter	b x l = 150 mm x 3 m t = 3,0 – 5,0 mm, varierer avhengig av last og antall lastvekslinger	S235, evt S355 * Alternativt syrefast stål kvalitet 1.4404
10	Selvborende skruer med låsebelegg	10 x 115 mm	Kvalitet A4-50
11	Innfestingsplate til festebolt	90 x 125 x 7 mm	AA 6063 T6
12	Mellomlegg, distansekloss	b x d = 150 x 150 mm t = tilpasses	EPS
13	Stålvinkel ved fri boltelengde > 1100 mm	Dimensjon avhengig av last og lastvekslinger	S235 *
14	Dekkeslag overgang platekassetter/føringskant eller veggelementer	t = 1,25 mm	S235, evt S355 ** Alternativt syrefast stål kvalitet 1.4404

I ht leverandørens spesifikasjoner gjelder:

* Korrosjonsbeskyttelse av festebolt, dekkbeslag og avstivningsvinkel:

Varmforsinking er utført i hht NS-EN ISO 1461, beleggstykkelse min 50 µm.

I tillegg pulverlakkering med epoksy, beleggstykkelse ca 80 – 90 µm.

** Korrosjonsbeskyttelse stålplater:

Varmforsinking er utført i hht NS-EN ISO 1461, beleggstykkelse 20 µm.

I tillegg er platene/beslagene pulverlakkert med epoksy, beleggstykkelse ca 60 – 80 µm, forbehandling med 3-trinns avfetting + jernfosfatering. Lakkfarge RAL9010 (std. hvit)

Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

Utført/Prep.By

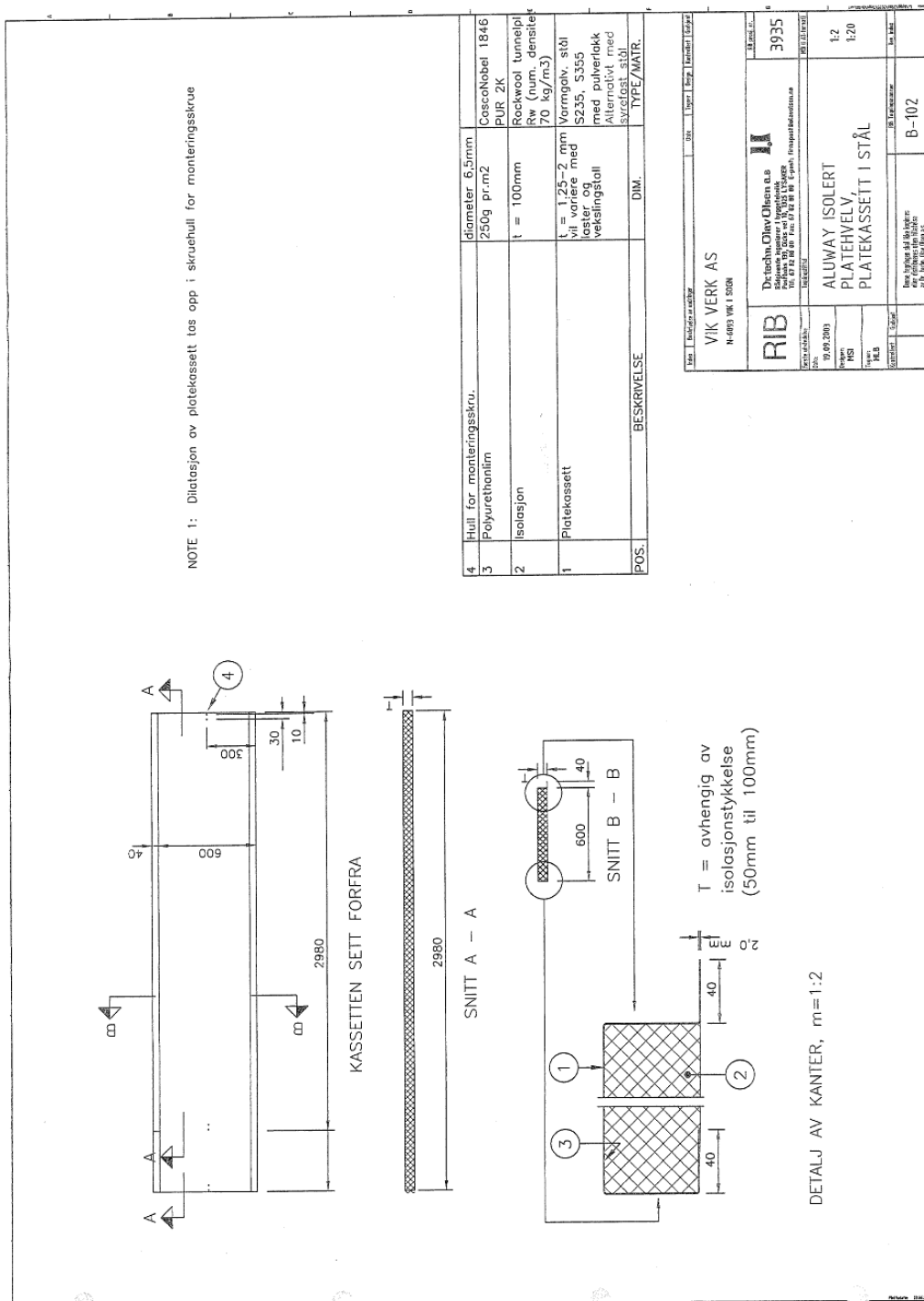
CHR/TAØ

Rev. av/Rev by

Side/Page

38

Detaljtegning stålkassett:



Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

Utført/Prep.By

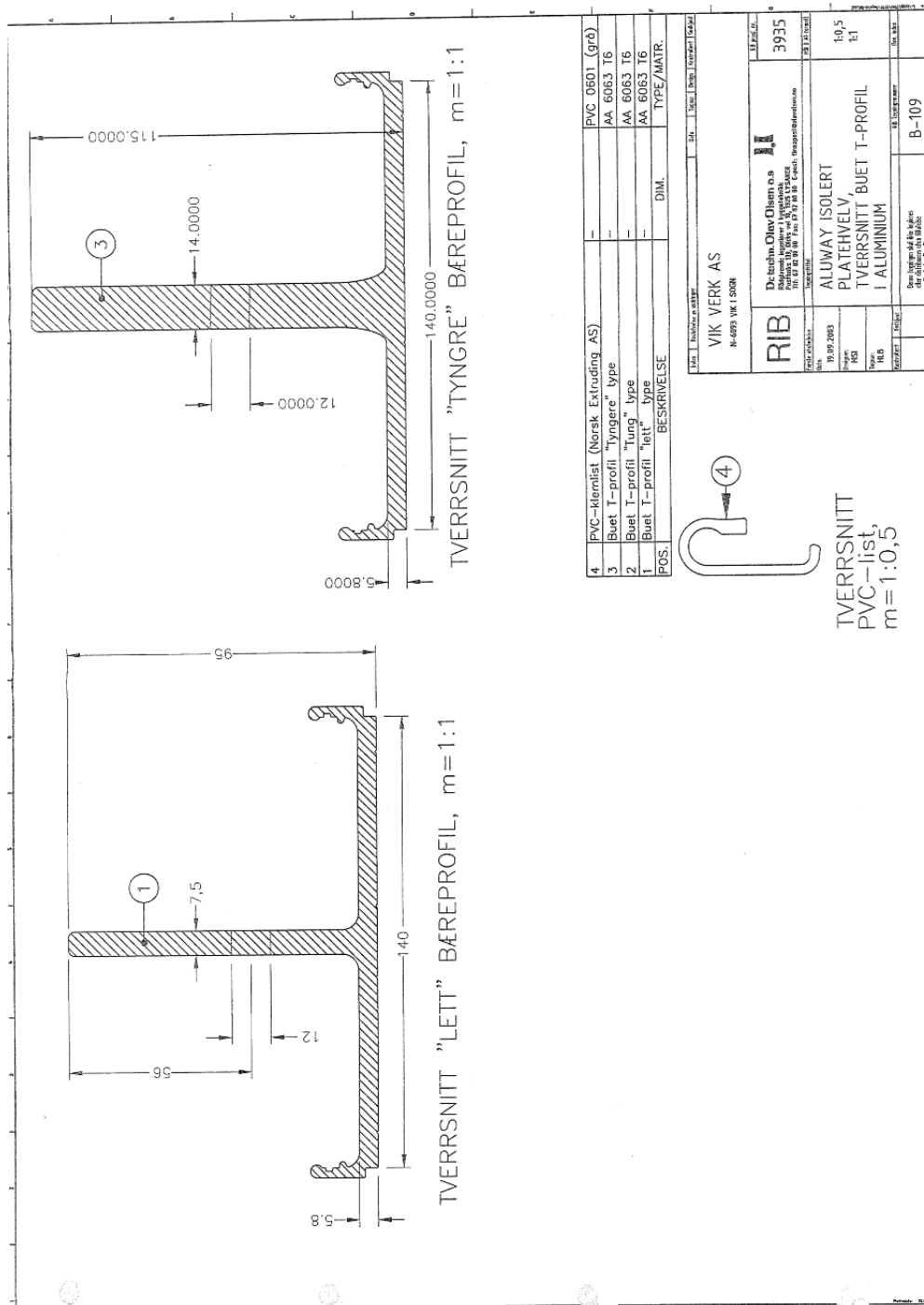
CHR/TAØ

Rev. av/Rev by

Side/Page

40

Detaljtegning av buet bæreprofil samt klemlist for membranen:



Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

Utført/Prep.By

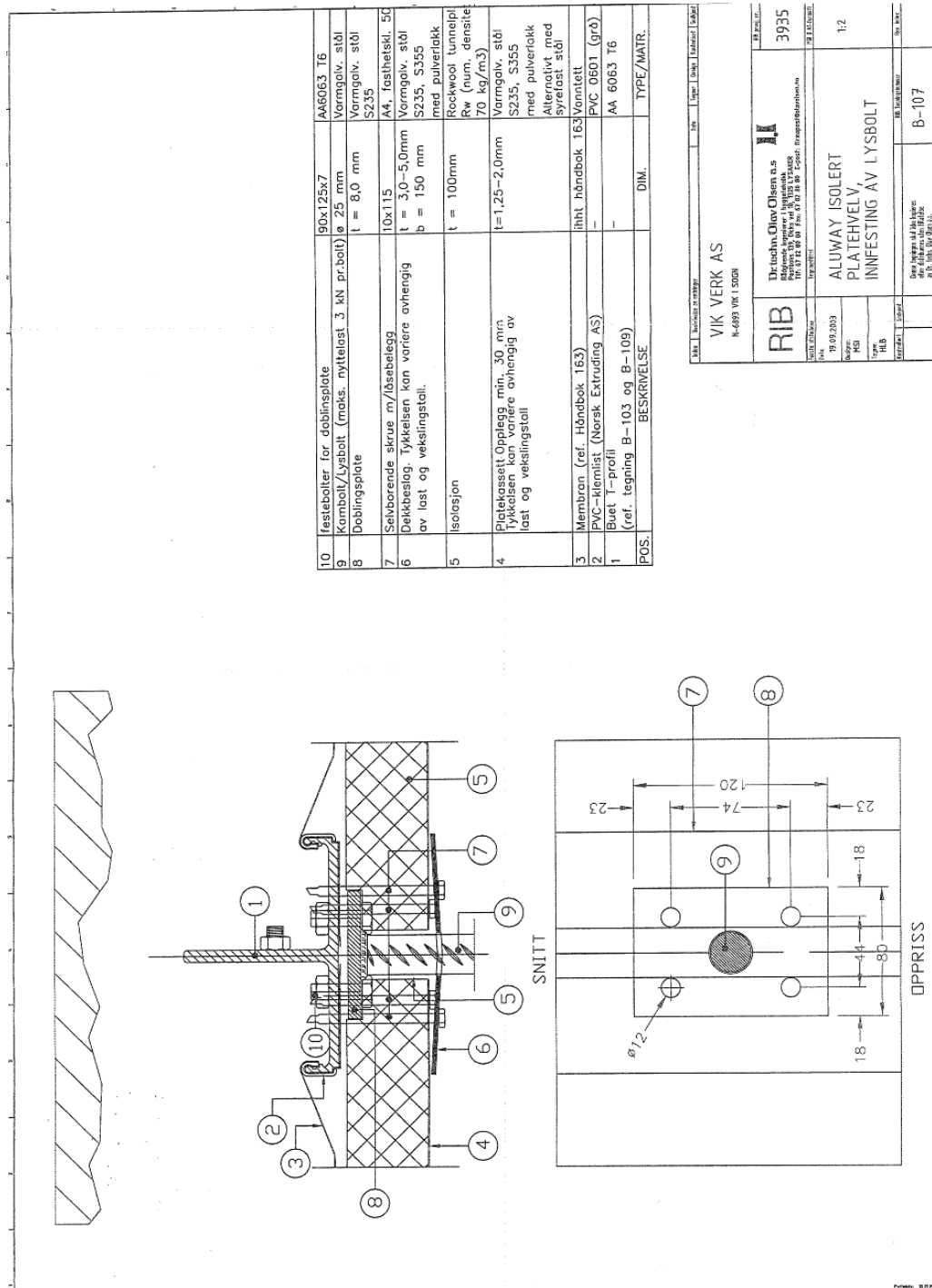
CHR/TAØ

Rev. av/Rev by

Side/Page

41

Detaljtegning innfesting av kabelbrubolt:



Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

Utført/Prep.By

CHR/TAØ

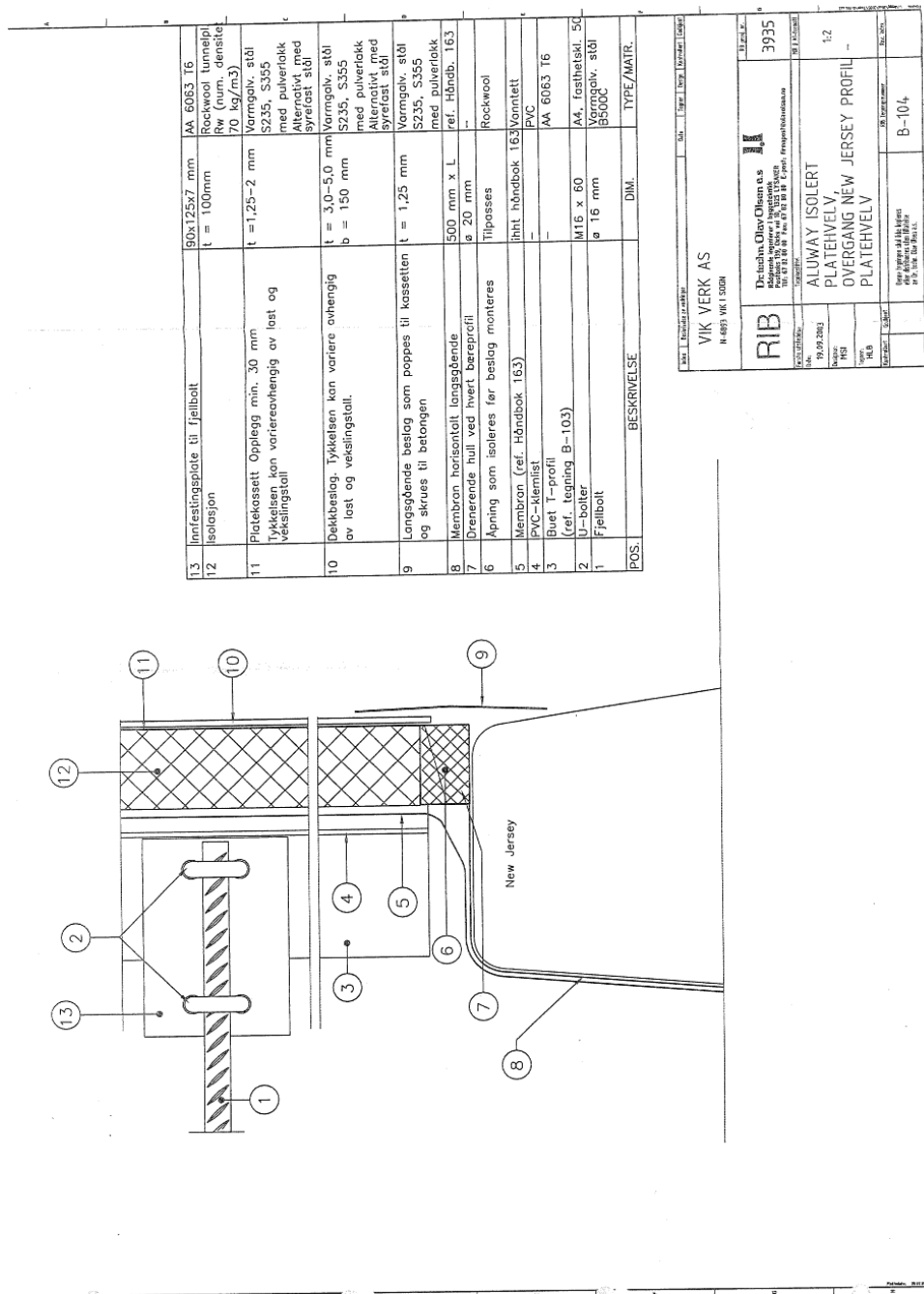
Rev. av/Rev by

Side/Page

42

Detalj avslutning mot føringskant.

Gjelder også prinsipielt for avslutning mot veggelementer:



VIK VERK AS
RIB

Dr. techn. Olav Olsen o.s.
skjermingsprosjekt
Tillegg til oppdragsbeskrivelsen
Tillegg til oppdragsbeskrivelsen

ALUWAY ISOLERT
PLATEHVELV,
OVERGANG NEW JERSEY PROFIL
PLATEHVELV

3935

1:2

B-104

Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

Utført/Prep.By

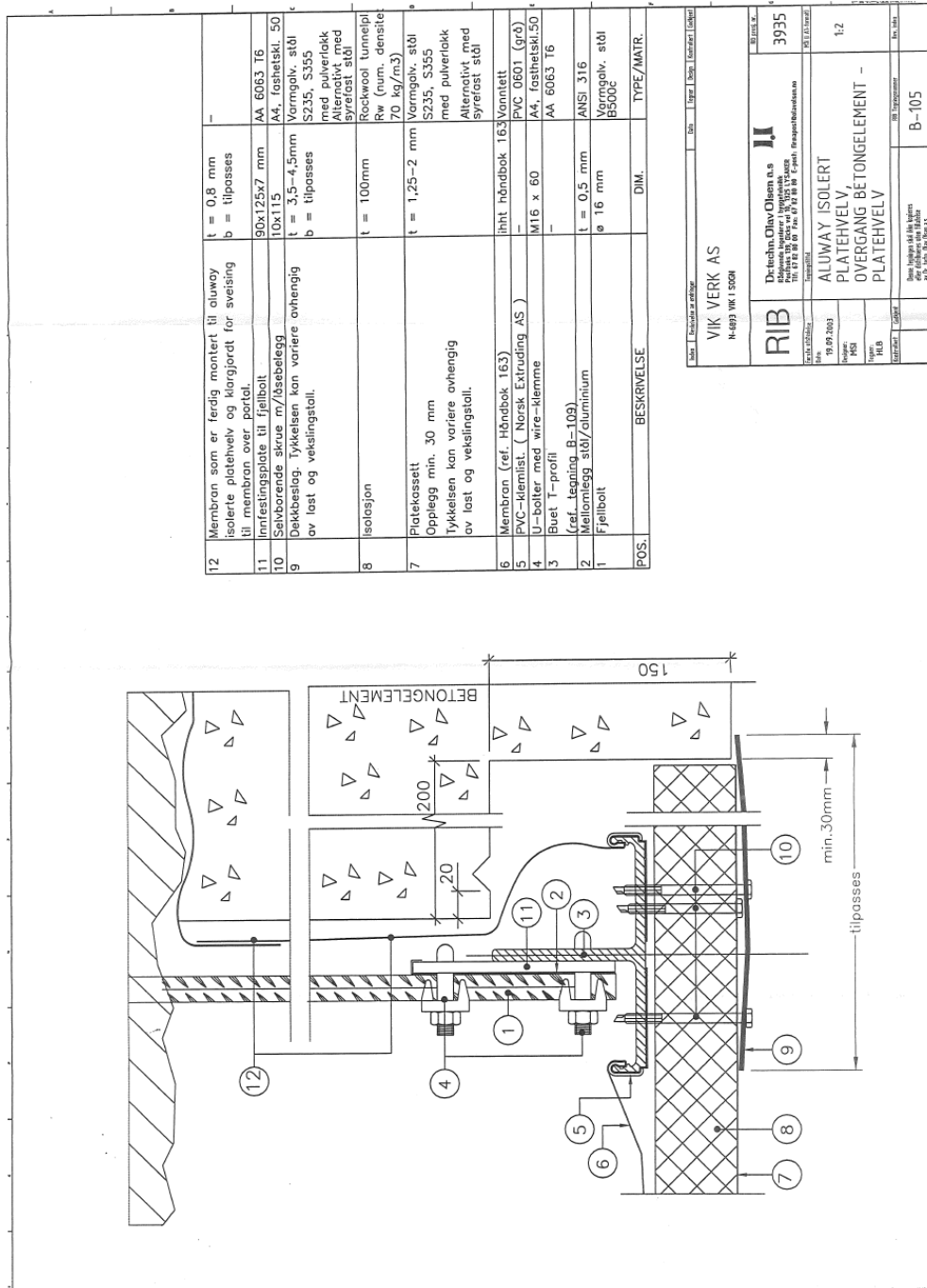
CHR/TAØ

Rev. av/Rev by

Side/Page

43

Tilslutning av AluWay-hvelvet mot betongelementhvelv. Prinsippielt gjelder løsningen også ved tilslutning mot portaler.



12	Membran som er ferdig montert til aluway isolerte platehvelv og klargjort for sveising til membran over portal.	t = 0,8 mm b = tipsosess	-
11	Limfestsingsplate til fjelbolt	90x125x7 mm	AA 6063 T6
10	Selvborende skruer m/åsbalelegg	10x115	A4, fashetski. 50
9	Dekkbearing. Tykkelsen kan variere avhengig av last og vekselingsstall.	t = 3,5-4,5mm b = tipsosess	Vormgolv, stål S235, S355 med pulverlakk Alternativt med syrefast stål
8	Isolasjon	t = 100mm	Rockwool tunnelpl Rw (num. densitet 70 kg/m3)
7	Platekasset Opplegg min. 30 mm Tykkelsen kan variere avhengig av last og vekselingsstall.	t = 1,25-2 mm	Vormgolv, stål S235, S355 med pulverlakk Alternativt med syrefast stål
6	Membran (ref. håndbok 163)	innt håndbok 163	Vannnett
5	PVC-klimelast (Norsk Extruding AS)	-	PVC 0601 (gr0)
4	U-bolter med wire-klamme	M16 x 60	A4, fashetski.50
3	Buet T-profil	-	AA 6063 T6
2	Mellomlegg stål/aluminium (ref. tegning B-109)	t = 0,5 mm	ANSI 316
1	Fjelbolt	Ø 16 mm	Vormgolv, stål BS500C
POS.	BESKRIVELSE	DIM.	TYPE/MATR.

VIK VERK AS
N-4973 WK 1 5200

RIB

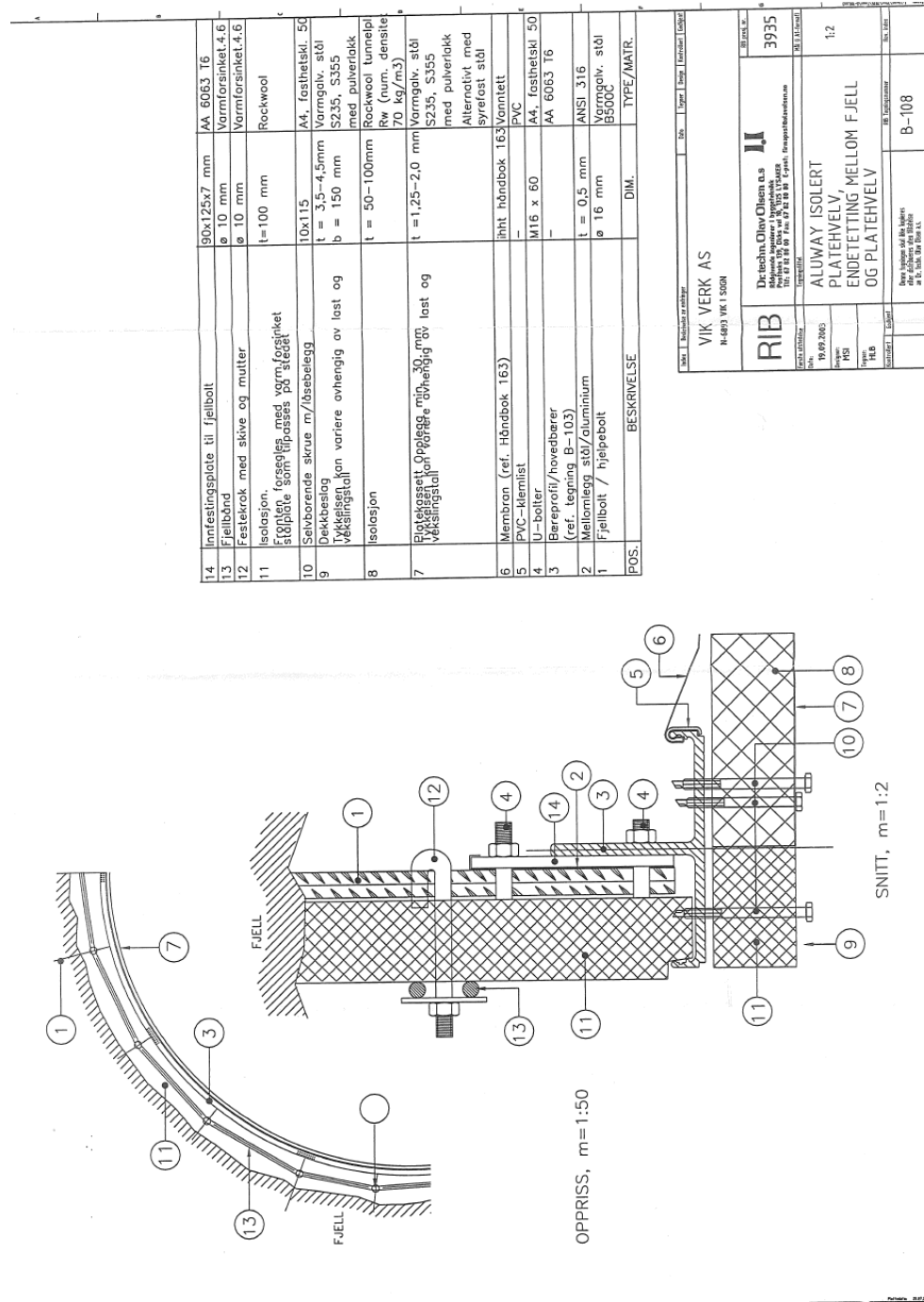
Detech Olav Olsen a.s
RIB 3935

ALUWAY ISOLERT
PLATEHVELV,
OVERGANG BETONGELEMMENT -
PLATEHVELV

12

B-105

Endeavslutning av AluWay-hvelvet mot berg ved seksjonsvis montering.



Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

Utført/Prep.By

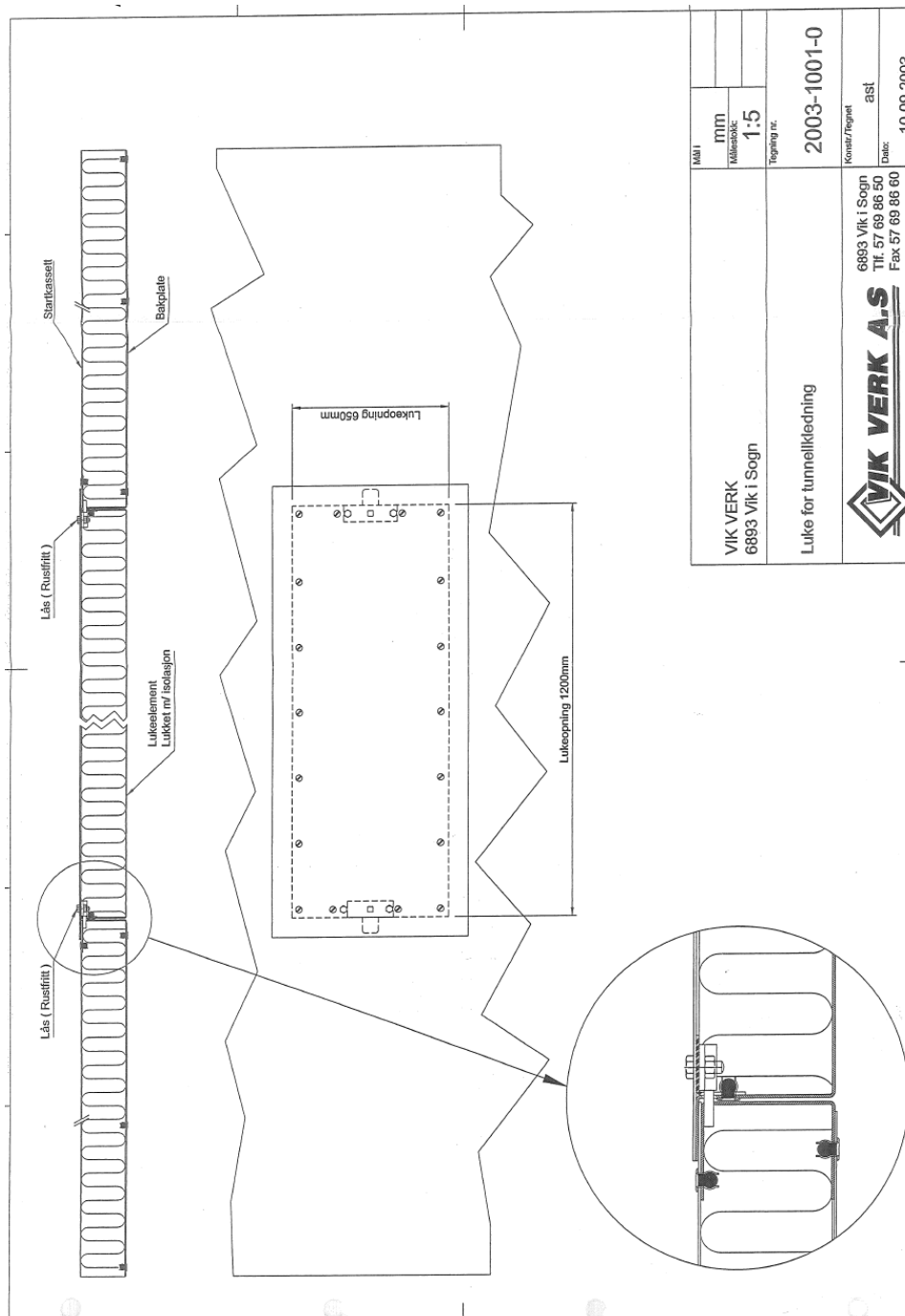
CHR/TAØ


Rev. av/Rev by

Side/Page

45


Montering av luke:



 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 46

1.5.3 Monteringsprosedyre AluWay isolert platehvelv:

1. Ansett for bolter i bolteradene settes ut og avmerkes på berget. Lengde på festebolter fra berget og til valgt montasjelinje markeres, tilpasning av boltelengde. Boltene orienteres slik at U-klammer får anlegg mot kammene.
2. Bolter etableres. De forankres med polyesterlim, evt gyses med ekspanderende mørtel.
3. Deretter monteres buede T-profiler som vist i prinsipp på tegning B-103.
4. Montering av lysbolter til T-profilet.
5. Montering av membran mellom T-profiler, festes til profilene med spesielt clips. Membranen monteres med overlapp ca 0,5 m med veggelement/føringskant
6. Deretter påmerkes plassering av kassetten på T-profilene fra senter tunnel og mot ok veggelement/føringskant. Kassetten monteres nedenifra og mot senter tunnel. Festes til bakenforliggende T-profil med selvgjengende skruer. Nederste kassetten settes i et U-formet montasjeprofil som festes T-profilet med selvgjengende skruer. Mellom U-profilet og T-profilet, festes en membranstripe med bredde ca 500 mm. Føres ned med overlapp ca 0,5 m med veggelementet/føringskanten. Membranstripen skal ivareta tetting av hvelvet i membranskjøten i forlengelse av bue og ned over ok veggelement. Det vises også til billeddokumentasjon fra inspeksjon av hvelvet.
7. Montering av supplerende isolasjon mellom nederste kassett og ok veggelement/føringskant samt i kassettskjøter langs T-profilet.
8. Montering av langsgående beslag for tetting mellom uk nederste kassett og veggelement/føringskant. Festes inn i kassetter og veggelement/føringskant med syrefaste skruer.
9. Montering av dekkbeslag langs tverrgående skjøter mellom kassetten. Monteres fra ok langsgående dekkbeslag og mot senter tunnel. Overlapp ca 10 cm med tidligere montert beslag.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 47

2 INSPISERTE TUNNELER

2.1 Innledning

Vurdering av tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringsløsninger, er utført for følgende type løsninger og i disse utvalgte tunnelene:

1. WG tunnelhvelv T100: (WG tunnelduk 554 og tunnelduk 556)

Tunnelduk 554

- Frøyatunnelen
- Bjørøytunnelen
- Arnanipatunnelen (feltvis i østenden)
- Stongafjelltunnelen
- Nattlandstunnelen
- Kjøpsvikunnelen
- Storvikskartunnelen

Tunnelduk 556

- Troidhaugtunnelen (Prøvefelt samt i havarinisje i sydgående løp)
- Sædalstunnelen
- Arnanipa (feltvis i vestenden)
- Kjøpsvik (reparasjonsfelt)

2. WG tunnelhvelv T200

Tunnelduk 556

- Troidhaugtunnelen (nisje i nordgående løp)

3. Isolon membranhvelv

- Ellingsøytunnelen
- Valderøytunnelen


4. WaPro vannavskjermingsystem

- Knappetunnelen

5. AluWay isolert platehvelv

- Væretunnelen

Alle løsningene som er montert er i utgangspunktet typegodkjent av Vegdirektoratet. WG T100 med duk 554 ble imidlertid tatt ut som typegodkjent løsning i okt. 2004. I alle tunnelene med tunnelduk 554, er duken i nedkant ført ned og er forankret ved oppfylling av skulderen i hht opprinnelig typegodkjenning med unntak av i Nattlandstunnelen der duken er avsluttet mot føringskant.


 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 48

Tunnelhvelvet i Stongafjelltunnelen ble montert før typegodkjenningsordningen ble innført. Dukmaterialet, rørbuer og montasjematerialet i dette hvelvet avviker fra senere typegodkjent løsning av WG T100.

For tunneler med WG tunnelhvelv med duk 556, er hvelvene montert i hht gjeldende typegodkjenning i Sædalstunnelen samt i Troldhaugtunnelen. For de andre tunnelene avviker montasjen fra typegodkjent løsning ved at 556-duken er ført ned og er forankret i oppfylling for skulderen. Dette gjelder også for prøvefeltet i Troldhaugtunnelen.

For alle tunnelene med WG T100 tunnelhvelv (554- og 556-duk) med unntak av Kjøpsvik-tunnelen, er angitt begrensning i typegodkjenningen mht trafikkmengde overskredet (dagens ÅDT).

Hvelvene i tunneler med Isolon membranhvelv, WaPro vannavskjermingssystem samt AluWay isolert platehvelv, er montert i hht gjeldende typegodkjenning for disse hvelvtypene.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 49


2.2 Frøyatunnelen

2.2.1 Generelt



Foto 2.2.1. Oversikt kledning

- Kledning WG tunnelhvelv T100 (WG tunnelduk 554)
- Frøyatunnelen ble åpnet 23. juni 2000. Kledningen var montert før åpning
- Undersjøisk tunnel med lengde 5305 meter som går ned til en dybde på 164 moh
- Beliggende på fylkesveg 714 og forbinder øyene Frøya og Hitra. Fartsgrense 80 km/t.
- Tunnelverrsnitt, tofelts tunnel. Antatt tverrsnitt T8.5
- ÅDT: Ca. 1450 kjt. pr døgn
- Bergart: Gneis

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 50

Inspeksjonen / befaring ble utført den 11/11-2013 av Christian Rønneberg og Trond Østmoen fra Aas-Jakobsen AS. Videre deltok Mona Lindstrøm fra Vegdirektoratet, to representanter fra SVV region midt, driftsansvarlig fra Mesta og en representant fra leverandøren Giertsen Tunnel A/S.

Det var en stund siden siste tunnelvask. Spesielt nedre del av duken var derfor tilsmusset, hvilket vanskeliggjorde direkte inspeksjon av duken i denne delen av tverrsnittet.

2.2.2 Omfang av befaringen

I forkant av befaringen ble byggeleder for funksjonskontrakten i samråd med driftsentreprenøren, bedt om å anvise områder i tunnelen som burde inspiseres med utgangspunkt i levetidsvurdering av hvelvet samt områder hvor det var registrert spesielle problemer med kledningen.


Ut fra disse forutsetninger, ble det av byggeleder/Mesta, anvist 4 lokaliteter for inspeksjon og kontroll av hvelvet i tunnelen:

- 1. Nedkjøring ca 1,5 km inn fra portal på Frøyasiden (utbøyning av tunnelduken)
- 2. I overgang mot det flate bunnpartiet ved pumpeump
- 3. I det flate bunnpartiet. 3,3 km fra Frøyasiden (2 km fra Hitrasiden)
- 4. I det flate bunnpartiet like før oppkjøring mot Hitrasiden (3,6 km fra Frøyasiden) (utbøyning av tunnelduk)

I disse områdene ble kledningen inspisert fra trafikksiden og bak hvelvet. I tillegg ble det foretatt en generell inspeksjon av kledningen gjennom hele tunnelen fra bil.

Frøya tunnelen er en undersjøisk tunnel hvor vegbanen ved portalene ligger ca på kt. +5. Inspeksjonene ble utført i den undersjøiske delen av tunnelen, dvs i saltholdig miljø.

I etterfølgende punkt er observasjoner fra inspeksjonen i tunnelrommet og bak hvelvet oppsummert med utvalgte illustrerende foto. Komplette fotobilag er gitt i vedlegg 2.2.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 51

2.2.3 Generell vurdering av tilstand

Det generelle inntrykket av tunnelkledningen er at tilstanden generelt er god.

Det ble registrert en del tilfeller av fuktgjennomgang / svetting i de nederste boltegjennomføringene for rørbuene for innfesting av duken, for øvrig ellers ingen større lekkasjer. De mindre lekkasjene medfører lokal nedfukning av duken som igjen medfører noe støvansamling på duken.

2.2.4 Observasjoner på trafikksiden

Tunnelduk

Duken er montert på stedet ved automatsveising i lengderetningen av 3 dukbredder med lengde ca. 50 m. Vi registrerte ingen lekkasjer eller skade på duken i fabrikkveiser eller utførte montasjesveiser på stedet.

Duken er fremstilt av PVC og er armert med en vevd polyesterduk, total tykkelse 0,7 mm. Generelt for PVC, gjelder at mykgjørere vaskes ut/diffunderer over tid. Dette medfører at materialet blir stivere og mer sprøtt med tiden.


Duken i Frøyatunnelen var ut fra en subjektiv vurdering, myk og smidig og relativt sett, lite påvirket av tap av mykgjørere, noe som vil være bestemmende for levetiden av selve dukmaterialet. For å bestemme forløpet av denne prosessen, og derved med større sikkerhet å kunne anslå dukens gjenværende levetid, anbefales at det utføres tester av duken fra tunnelen.

I snunisjen ved det første inspeksjonspunktet, var duken skadet og revet noe opp. Denne skaden var sannsynligvis forårsaket av en påkjørsel. Ved forsøk på å rive dukmaterialet, viste det seg at duken kunne rives i stykker. Dette ville ikke vært mulig med nytt dukmaterialet, dvs at aldriingsprosessen frem til i dag har redusert styrken på duken. Generelt observerte vi at duken hadde et mer matt utseende og virket noe «uttørket» på nedre del av hvelvet mot banketten enn for dukmaterialet høyere opp i tverrsnittet. En test av dukmaterialet vil kunne gi et mer nøyaktig svar på omfang av svekkelsen.

For om mulig å avdekke årsak til fuktgjennomgang ved boltegjennomføringer i duken, ble flere framrør demontert eller løst. Undersøkelsene viste at lekkasjer var forårsaket av mindre hull i duken som skyldtes mekanisk slitasje mellom rørdeler på fram- og baksiden av duken. Slitasjen kommer fra bevegelser i hvelvet forårsaket av vekslende trykk- og sugkrefter.

I det ene tilfellet registrerte vi skade på duken ved en ujevnhet i zinkbelegget på det avrundede endeprofilet. Der var det også preget mønster fra veven i duken inn i zinkbelegget.

Ved en annen rørbue registrerte vi også skade på duken men ikke hull, som var forårsaket av klemvirkning mellom flattstålet som binder framrørene sammen og mot bakrøret.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		52

Det ble registrert enkelte hull i duken ned mot banketten. Framrørene var avsluttet i ulike nivå over den utstøpte banketten. Hvor nederste bolten var montert en viss avstand over banketten, kan det oppstå et betydelig strekk i duken når mutteren som fester framrøret, trekkes til. Duken har vært fastholdt mellom bakenforliggende pukkmasser og oppfylt materiale og støpt bankett på trafikksiden. Ved etterfølgende tiltrekking av mutteren, presses røret ut mot berget. Dette har medført at duken noen steder har revnet lokalt ved avslutningen av framrøret som følge av lokal overbelastning av duken.

I vederlagene registrerte vi noe langsgående lokale buklinger av duken ved bolteinnefester for rørbuene. Her var de noe økt ansamling av støv og forurensninger i forhold til på duken for øvrig. Det var imidlertid en betydelig større ansamling av støv, skitt og forurensninger langs alle rørbuene med økende mengde ned mot banketten. Stedvis fjernet vi dette belegget, men kunne ikke se at duken var synlig påvirket av dette.

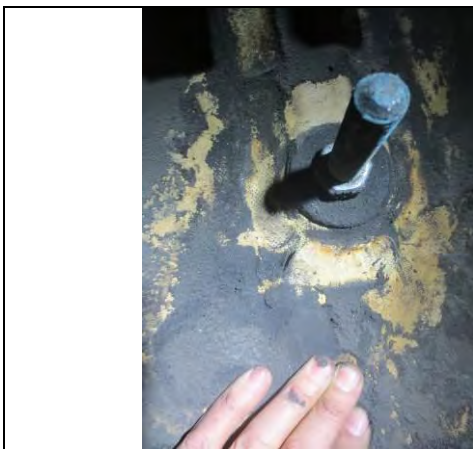


Foto 2.2.2. Hull i tunnelduk ved bolteinnefesting




Foto 2.2.3. Revnet duk ned mot bankett

Framrør i stålbuene mot trafikksiden

Rørene ble inspisert visuelt i alle områdene der vi stoppet. Rørene var intakte. Det ble registrert generell tilsmussing og sinkoksider på stålbuene samt mulig saltbelegg.

Framrørene i denne tunnelen er korrosjonsbeskyttet ved varmfor-sinking. Godstykkelsen på røret tilsier at beleggstykkelse på rørene ved montering var min. 70 µm og med gjennomsnittlig beleggstykkelse 85 µm. Etter fjerning av smuss og hvitrust med kniv, målte vi verdier på sinkbelegget i området fra 80 til 100 µm med enkeltmålinger ned mot 60 µm. Resultatene viser at det har vært begrenset ofring av sink på framrørene i perioden etter åpning av tunnelen. Dette kan forklares ved at tunnelen er helkledd med duk og at miljøet i tunnelen derved har vært relativt tørt.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		53

Det ble ikke registrert målbar reduksjon av sinkbelegget på framrørene eller øvrig montasjemateriell på trafikksiden av hvelvet i forhold til opprinnelig spesifiserte beleggtykkelse i ht. leverandøren.

2.2.5 Observasjoner bak hvelvet

De utpekte områdene var områder med relativt større innlekkasjer, stedvis mye utfelling av jern- og manganoksyder samt øvrig belegg av organisk materiale, mikrober mm.

Tunnelduk

Utfra en visuell vurdering, syntes duken å være i god stand. Vi kunne ikke registrere spesielle påvirkning på duken etter å ha fjernet ulike belegg utover stedvis noe misfarging. Overflaten var blank og syntes ikke å være påvirket av uttørking i samme grad som duken på nedre del av hvelvet på trafikksiden.

Bakrør i stålbuene mot bergsiden

I tillegg til varmforsinking som beskrevet for framrørene, var bakrørene også pulverlakkert med epoksy, Det ble registrert omfattende blæring i pulverlakk på stålbuene i alle inspeksjonsområdene. Skadeomfanget var størst i de dypeste partiene av tunnelen hvor også innlekkasjen av vann var størst.

Enkeltblærer kunne ha en utbredelse på flere centimeter se foto 2.2.4. Blærene var vannfylte og det ble registrert betydelig vannmengde inne i lakkblærene når disse ble punktert. Det ble registrert dannelse av hvitt belegg på sinkoverflaten der den løse malingen ble fjernet (sinkoksid – hvitrust). På foto 2.2.5 kan man se tæring i belegget der sinkoksid er fjernet. Måling av tykkelse på sinkbelegget viste verdier på gjenværende beleggtykkelse på 60-100 µm.

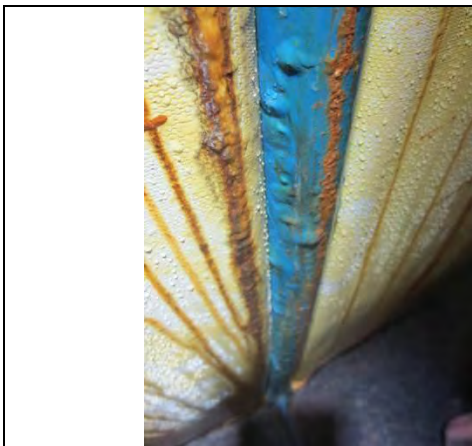



Foto 2.2.4 Blæring i pulverlakk



Foto 2.2.5 Løs pulverlakk er fjernet

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		54

Fenomenet er osmotisk blæring som generelt inntreffer når maling er påført et underlag som er forurenset med vannløselig salt. I dette tilfellet er årsak til dannelse av blærene at det alltid vil være porer i lakken der fukt kan trenge inn. Fukten vil initiere lokal korrosjon og ofring av sink. I denne prosessen dannes sinksalter. For å utligne den høyere saltkonsentrasjonen i blæren og vannet utenfor (osmotisk gradient), diffunderer vannmolekyler gjennom porene i belegget. Korrosjonsprosessen vil fortsette inntil osmotisk trykk er oppnådd i blæren, dvs. det trykket som er nødvendig for å hindre at nye vannmolekyler trenger gjennom lakkfilmen.

Stedvis registrerte vi at sinken var korrodert bort og at selve stålrøret var begynt å korrodere. Dette gjaldt spesielt på den flatpressede delen av røret ved avslutningen av røret ved bolteinnfestingen. Det generelle inntrykket var imidlertid den inntrufne osmotiske blæringen på rørene som også ble registrert i de tørrere områdene bak kledningen, der dog i mindre omfang.

Det ble også registrert bruddskader i skjotesonene på rørbuene. Disse bruddene var knyttet til brudd i festebolter for innfesting av rørene. Dette omtales i neste punkt vedrørende festebolter.


Festebolter med skiver og pakninger

Det er 7 bolter i tverrsnittet, senterbolt og 3 stk bolter på hver side, nederste bolten ca i nivå med banketten. Boltene var noe unøyaktig montert slik at de stedvis var blitt bøyd for at de skulle sammenfalle med hullene i rørprofilene.

Den generelle tilstanden på festeboltene syntes å være bra. Enkelte steder ble det imidlertid registrert osmotisk blæring på boltene også, men blærene her var betydelig mindre enn de som ble registrert på bakrørene, kun ca 1-2 mm i diameter. Dette kan forklares ved at boltediameteren er betydelig mindre slik at det osmotiske trykket vil inntreffe for mindre blærestørrelse. Ved fjerning av lakkblærene ble det registrert hvitrust på sinkoverflaten på boltene.

På enkelte bolter registrerte vi påbegynt korrosjon på stålet i noe omfang, spesielt på kammene. Dette antas å kunne forklares med at korrosjonsbeskyttelsen var mekanisk skadet ved montering av boltene. Ellers registrerte vi rustangrep på en del bolter i et begrenset område av bolten ved overgang til berginnfestingen. Boltene i Frøyatunnelen er festet inn ved bruk av gysemørtel, dvs de er ikke påført skade ved rotasjon av boltene som tilfellet er hvor det benyttes epoksyylim.

Som beskrevet under avsnittet for «Duk» ble det registrert fuktgjennomgang ved enkelte av de nederste bolteinnfestingene. Denne fuktgjennomgangen var knyttet til mekaniske skader i duken og ikke til selve boltegjennomføringen med skiver og pakninger. Det ble ikke registrert skade på skiver eller pakninger som skal ivareta tetting ved boltegjennomføring i duken verken på trafikk- eller på baksiden av hvelvet. Osmotisk blæring ble registrert på enkelte baskiver.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		55

Den alvorligste skaden som ble registrert på festeboltene, var brudd i boltene i overgangssonen til berget. I de anviste områdene hvor duken var bøyd ut, fant vi 4 stk bolter hvor det hadde inntruffet brudd i boltene. I løpet av det siste året opplyste Mesta at det totalt var registrert ca 20-25 brudd i festebolter i tunnelen. Første bruddet ble registret for ca. 2 år siden.

Brudd i boltene har inntruffet ved overgang til innfesting i berget. Vi antar at bruddene er forårsaket av utmatting i kombinasjon med lokal korrosjon på boltene. Som nevnt står mange av boltene i spenn pga. noe unøyaktig boring/montasje. Dette kan ha medført oppsprekking i sink- og lakkbelegget som derved kan ha initiert korrosjonsprosessen. I kombinasjon med spenningsveksling ved høyt spenningsnivå, er det kjent at det kan oppstå meget aggressiv korrosjon. Dette kan også på vedlagte foto 2.2.6 der en betydelig del av tverrsnittet er tæret bort. Bruddene ble lokalisert til det midtre, flater partiet i tunnelen hvor kjøretøyene og spesielt de tynge, vil ha størst hastighet. Trykk- og sugkrefter fra kjøretøyene vil således være størst i dette området. Tunnelprofilen i Frøyatunnelen er relativt trangt slik at dette vil generelt medføre ekstra stor påkjenning på konstruksjonen og spesielt ved møtende større kjøretøy. Brudd i bolter gjaldt utelukkende bolter i samme montasjehøyde, ca 2,5 m over bankettnivået, dvs i de boltene som er utsatt for størst last fra passerende tynge kjøretøy. I senere tid er det montert fotobokser for overgang til det flater partiet ved nedkjøring fra begge sider. Dette har nok bidratt til å begrense hastigheten og derved også trykk- og sugkrefter tilsvarende.

Vi registrerte også brudd i bakrørene ved 3 av 4 bruddsted for boltene. Disse bruddene hadde generelt oppstått i tilknytning til hulltaking av profilet ved boltegjennomføringen. Som resultat av brudd i boltene har det oppstått en lokal deformasjon i rørbuen inn mot trafikkprofilet ved bolteinntettingen. Trykk- og sugkrefter har deretter medført relativt store deformasjoner av rørbuen, og derved tilhørende store bøyepeninger i den flatpressede delen av røret inn mot feste til bergbolten. Over noe tid har det da oppstått brudd også i rørbuen.

Ved utskifting av skadde bolter og tilstøtende rørprofil, anbefales det at det utføres en metallurgisk analyse av bruddflatene for å finne årsaken til bruddene.



Foto 2.2.6. Brudd i festebolt og bakrør

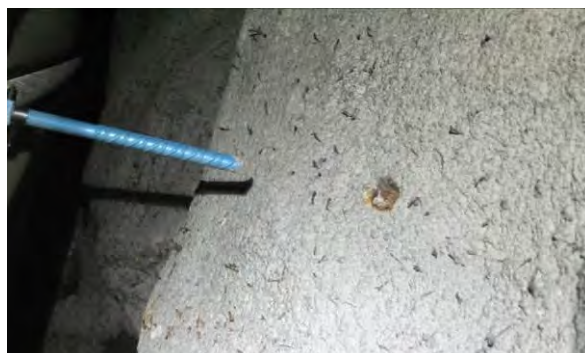



Foto 2.2.7. Brudd i festebolt

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 56


2.3 Bjørøytunnelen

2.3.1 Generelt



Foto 2.3.1. Oversikt kledning

- Kledning WG tunnelhvelv T100 (WG tunnelduk 554).
- Bjørøytunnelen ble åpnet i 1996. Kledningen ble montert ved åpning av tunnelen. I forbindelse med sprengningsarbeider i 2012, ble opprinnelig duk fjernet i lengde ca 50 m. I dette området ble det også montert ny tunnelduk type WG 554.
- Undersjøisk tunnelen med lengde 2012 meter som går ned til en dybde på 88 moh. Maksimal stigning er 10 %.
- Beliggende på fylkesveg 207 og går under Vattlestraumen mellom Håkonshella på fastlandet og Bjørøya mellom Bergen og Fjell kommuner. Fartsgrense 50 km/t.
- Tunnelprofil: T8.5
- ÅDT: 1300 kjt. pr døgn.
- Bergart: Hovedbergarten er granittisk gneis. En markert og sterkt vannførende sone (sandsone) krysser tunnelen ved profil 1460-1490. Det ble utført omfattende kjemisk injeksjon under driving. Sonen er sikret med full utstøping. Bergarten i området på begge sider av sonen er oppsprukket feltspatrik gneis og tektonisk brekkasje. Her er det betydelig innlekkasje og et korrosivt miljø.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 57

Inspeksjonen / befaring ble utført den 18/11-2013 av Christian Rønneberg og Trond Østmoen fra Aas-Jakobsen AS og en representant fra leverandøren Giertsen Tunnel A/S.

2.3.2 Omfang av befaringen

Bjørøytunnelen er en undersjøisk tunnel hvor vegbanen ligger på ca kt +1 ved portalen på Bjørøysiden og på ca kt + 4 på fastlandssiden. Midtre del av tunnelen, fra ca 640 m inn fra Bjørøysiden og ca 500 m videre mot fastlandet, ligger direkte under fjorden (undersjøisk).

Inspeksjonen ble utført fra Bjørøysiden med oppstart 250 meter inne i tunnelen der kledningen med tunnelduk startet. Det ble utført detaljert inspeksjon på begge sider av kledningen for ca hver 100 meter ned til bunnpartiet som ligger ca 1 km inn i tunnelen. Det ble videre utført enkelte detaljinspeksjoner på stikkprøvebasis i stigningen mot fastlandet. I tillegg ble det foretatt en generell inspeksjon av kledningen i hele tunnelen fra bil. Hele tunnelstrekningen hvor det er montert duk, ligger under kote 0. Pga. mektighet av berg over tunneltraseen, var det kun i den undersjøiske delen i midtre del av tunnelen at miljøet var saltholdig bak kledningen.

I etterfølgende punkt er observasjoner fra inspeksjonen i tunnelrommet og bak hvelvet oppsummert med utvalgte illustrerende foto i tillegg til henvisninger i komplett fotobilag gitt i vedlegg 2.3.

Mange av funnene og registreringene i Bjørøytunnelen er av tilsvarende art og som også er beskrevet i rapporten fra Frøyatunnelen. For å unngå gjentakelser på detaljer i tilstandsbeskrivelsen, er det derfor henvist til rapportdelen fra Frøyatunnelen hvor dette er hensiktsmessig.


2.3.3 Generell vurdering av tilstand

Det generelle inntrykket av tunnelkledningen er at tilstanden generelt er god.

Det ble registrert en del tilfeller av fuktgjennomgang og mindre lekkasjer spesielt ved de nederste boltegjenngjøringene for rørbuene for innfesting av duken. For øvrig ble det ikke registrert noen større lekkasjer.

Ellers var det noen områder hvor det var noe slakk og buklinger i duken som følge av mangelfull oppstramming ved monteringen. Dette gjaldt hovedsakelig området med ny duk der opprinnelig kledning var blitt fjernet i forbindelse med sprengningsarbeidene på sjøbunnen over tunnelen. Det ble ikke observert skader på duken som følge av disse ujevnhetene og buklingene i duken.

Det ble ikke registrert brudd i festebolter for hvelvet.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 58

2.3.4 Observasjoner på trafikksiden

Tunnelduk

Tunnelduken er av type WG 554. Det er også montert 554 duk i området det ble utført sprengningsarbeider på sjøbunnen over tunnelen i 2012.

Ved montering av duken er den skjøtet i lengderetningen med automatsveising. Vi registrerte ingen lekkasjer eller skade på duken i fabrikkveiser eller utførte montasjesveiser på stedet fra opprinnelig montasje av duken. Unntaket var noe lekkasje i enkelte sveiser hvor det i ettertid er montert ny duk for utbedring av mindre skader etter påkjørsler og andre mekaniske skader.

Den opprinnelige duken i Bjorøytunnelen var ut fra en subjektiv vurdering, noe stivere enn den nyere duken av samme type som ble montert i 2012.

Det ble registrert mekaniske skader på duken noen få steder som var forårsaket av påkjørsler. I tillegg var duken punktert et par steder der den var montert i direkte kontakt med bakenforliggende berg/sprøytebetong. Det ble det registrert en del fuktgjennomgang ved rørbuer, se foto 2.3.2. For å avdekke mulig årsak til fuktgjennomgang ved boltegjennomføringer i duken, løsnet vi framrørene ved flere rørbuer. Undersøkelsene viste at lekkasjene var forårsaket av mindre hull i duken som skyldtes mekanisk slitasje mellom rørdeler på fram- og baksiden av duken, se foto 2.3.3. Slitasjen har oppstått som følge av bevegelser i duken ved vekslende trykk- og sugkrefter evt. også i kombinasjon med ujevnheter i sinkbelegget på overflaten av stålrørene.

Som nevnt ble tunnelduken fjernet lokalt i lengde ca. 50 -60 m ved utførelse av sprengningsarbeider på sjøbunnen direkte over tunnelen i 2012. Ved montering av ny duk, ble duken ikke strammet i tilsvarende grad som ved opprinnelig montering noe som medførte langsgående buklinger på duken se foto 2.3.4. Enkelte steder registrerte vi noen mindre lekkasjer i sveiseskjøter mellom ny og gammel duk.

I vederlagene registrerte vi noen langsgående lokale buklinger spesielt i tilknytning til bolteinnfestinger for rørbuene i opprinnelig montert duk. Ansamling av støv og forurensninger i ved buklingene hadde så langt vi observerte, ikke påført duken skade.

Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

**Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer
vann- og frostsikringshvelv**

Utført/Prep.By

CHR/TAØ

Rev. av/Rev by

Side/Page

59

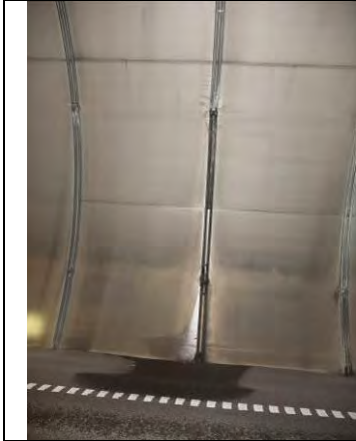


Foto 2.3.2.
Typisk lekkasje ved
boltegjennomføring



Foto 2.3.3.
Hull i tunnelduk bak framrør

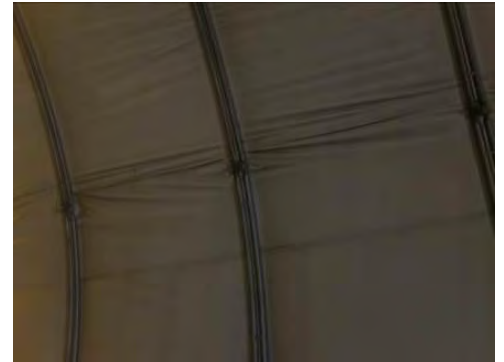



Foto 2.3.4.
Bukling av ny tunnelduk



Foto 2.3.5.
Ettermontert syrefast luke.
Velfungerende i forhold til glidelåstype

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		60

Framrør i stålbuene mot trafikksiden


Framrørene ble inspisert visuelt i alle områdene der vi stoppet. Rørene var inntakte. I tillegg til generell tilsmussing av overflaten, ble det registrert sinkoksider på stålbuene samt noe saltbelegg spesielt i den dypest liggende del av tunnelen.

Framrørene i Bjorøytunnelen er korrosjonsbeskyttet ved varmforsinking. Etter fjerning av smuss etc, målte vi verdier på sinkbelegget i området fra 80 til 120 µm. Resultatene viser at det har vært begrenset ofring av sink på framrørene i perioden etter åpning av tunnelen. Dette kan forklares ved at tunnelen er helkledd med duk og at miljøet i tunnelen derved har vært relativt tørt.

Det ble ikke registrert korrosjon på framrørene eller øvrig montasjemateriell på trafikksiden av hvelvet.



Foto 2.3.6 Framrør i god stand

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		61

2.3.5 Observasjoner bak hvelvet

Det var generelt et fuktig miljø på baksiden av hvelvet knyttet til innlekkasjer og kondens. I bunnpartiet av tunnelen var det i et lokalt område betydelig belegg på duken som var forårsaket av utfelling av jern- og manganoksyder fra berget i tillegg til øvrig belegg av organisk materiale (mikroorganismer).

Tunnelduk

Utfra en visuell vurdering, syntes duken generelt å være i god stand. Vi kunne ikke registrere spesielle påvirkning på duken utover stedvis noe misfarging etter å ha skrapet bort ulike belegg.



Foto 2.3.7. Duk i god stand. Belegg er fjernet, noe misfarging.


Bakrør i stålbuene mot bergsiden

I tillegg til varmforsinking var bakrørene også pulverlakkert med epoksy. Samlet beleggstykkelse ble målt til ca 150 – 200 µm. Det ble registrert omfattende blæring i pulverlakken på stålbuene i alle inspeksjonsområdene. Denne blæringen er knyttet til osmotisk blæring og korrosjon.

Omfanget var størst i midtre del av tunnelen hvor også innlekkasjen av saltvann var størst, se foto 2.3.8. Osmotisk blæring ble også registrert i områdene nærmere portalene der saltinnholdet var mindre eller fraværende. Omfang av blæredannelse var her dog mindre, se foto 2.3.10.

Enkeltblærer på bakrørene i saltvannssonen kunne ha en utbredelse på flere centimeter. Når man skrapte med en kniv ut fra blærene kunne epoksybelegget lett skrapes av i store områder som vist på foto 2.3.9.

Blærene var vannfylte. Et hvitt belegg kunne registreres på sinkoverflaten der det løse belegget ble fjernet (sinkoksid – hvitrust). På fotoet kan man se tegn til noe tæring i sinkbelegget under blærene. Etter fjerning av løst materiale (sinkoksyd), målte vi gjenværende tykkelse på sinkbelegget.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		62

Målingene viste verdier i området 80-120 µm hvilket tyder på at tæring av sinkbelegget har vært begrenset i blæren under lakken.

Vi registrerte ikke direkte korrosjon på grunnmaterialet i noen av rørene på baksiden av hvelvet.




Foto 2.3.8. Blæring i pulverlakk (saltvannssonen)



Foto 2.3.9. Løs pulverlakk er fjernet



Foto 2.3.10. Blæring i pulverlakk (ferskvannssonen)

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 63

Festebolter med skiver og pakninger

Montasjeboltene er produsert av \varnothing 16 mm kamstål som er gjenget i ene enden. Boltene er korrosjonsbeskyttet ved varmforsinking og deretter pulverlakkert med epoksy.

Den generelle tilstanden på festboltene syntes å være bra. På noen bolter ble det registrert osmotisk blæring. Blærene var her betydelig mindre (ca 1-2 mm i diameter) enn tilsvarende blærer på bakrørene. Årsak til dette er sannsynligvis mindre diameter på boltene i forhold til bakrørene. Ved fjerning av epoksybelegget i blærene ble det også her registrert hvite korrosjonsprodukter på sinkoverflaten.




Foto 2.3.11. Blæring i pulverlakk på festebolter


På enkelte bolter registrerte vi noe påbegynt korrosjon, spesielt på kammene. Dette antas å kunne forklares med at korrosjonsbeskyttelsen var mekanisk skadet før eller ved montering av boltene. Rustaktig misfarging for øvrig på festboltene var som oftest knyttet til jernutfelling fra berget.



Foto 2.3.12. Punktkorrosjon og misfarging på festebolt

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 64

Det ble ikke registrert skade på skiver eller pakninger som ivaretar tetting ved boltegjennomføring i duken. Dette gjaldt både pakning og skive på trafikksiden samt på baksiden av hvelvet. Osmotisk blæring ble registrert på enkelte bakskiver.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		65


2.4 Arnanipatunnelen

2.4.1 Generelt



Foto 2.4.1. Oversikt kledning

- Kledning WG tunnelhvelv T100 (WG tunnelduk 554/556).
- Arnanipatunnelen ble åpnet i 1980. Kledningen WG T100 er ettermontert i forbindelse med utskifting av opprinnelig lett kledning av korrugerte aluminiumsplater. *Det har ikke lykket oss å fremskaffe informasjon om når disse kledningene er montert, men tidspunktet er sannsynligvis 2004 – 2006.* I østre enden av tunnelen er det feltvis montert tunnelkledningen med WG tunnelduk 554 og i vestre enden noen felt med tunnelduk 556.
- Arnanipatunnelen er en oversjøisk tunnel med lengde 2133 meter
- Tunnelprofil: T9,5- T10 (noe tilpasset stedlige forhold)
- Beliggende på Europavei 16 (Hardangervegen) i Bergen kommune. Tunnelen har sitt østre utløp ved Tunestveit nær Takvamtunnelen og sitt vestre utløp i Indre Arna. Fartsgrense 70 km/t.
- ÅDT: 12000 kjt. pr døgn.
- Bergart: Hovedsakelig anortositt/anortosittgabbro.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 66

Inspeksjonen / befaring ble utført den 19/11-2013 av Christian Rønneberg og Trond Østmoen fra Aas-Jakobsen AS og en representant fra leverandøren Giertsen Tunnel A/S.

2.4.2 Omfang av befaringen

På trafikksiden ble alle feltene inspisert fra vegbanen. I tillegg inspiserer vi alle feltene på bergsiden med adkomst gjennom inspeksjonsluker i duken.

I etterfølgende punkt er observasjoner fra inspeksjonen i tunnelrommet og bak hvelvet oppsummert med utvalgte illustrerende foto i tillegg til henvisninger i komplett fotobilag gitt i vedlegg 2.4.

2.4.3 Generell vurdering av tilstand

Relativt sett var det mye lekkasjer bak hvelvene, dvs at miljøet var fuktig. På trafikksiden av kledningen virket miljøet å være relativt tørt. Det var en stund siden siste tunnel vask. Det var derfor mye skitt og støv på nedre del av hvelvet.


Det generelle inntrykket av tunnelkledningen er at tilstanden generelt er god.

I Arnanipatunnelen var bakrørene i buene hovedsakelig korrosjonsbeskyttet kun med varmforsinking. En del buer var i tillegg pulverlakkert med epoksy, se foto 2.4.4.13. På de pulverlakkerte buene ble det observert noen mindre blærer i lakken (osmotisk blæring). Omfanget var svært lite.

Det ble registrert noen tilfeller av fuktgjennomgang eller mindre lekkasjer ved de nederste boltegjenngangene i duken. For øvrig observert vi ingen større lekkasjer.

Det vi i tillegg registrerte spesielt i denne tunnelen, var punktvis områder med misfarging på duk av type 556. Misfargingen var spesielt fremtredende i hengen og vederlag hvor innlekkasjevann treffer duken samt et stykke videre nedover duken.

Det ble ikke registrert utmattingsbrudd i festeboltene i denne tunnelen.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		67

2.4.4 Observasjoner på trafikksiden

Tunnelduk

Vi registrerte ingen lekkasjer eller skade på duken i fabrikkveiser eller utførte montasjesveiser på stedet. Det var lite omfang av mekaniske skader på duken.

Det ble registrert enkelte punktvis lekkasjer i boltegjennomføringene. Det ble ikke registrert noen forskjell i omfang av punktvis lekkasjer ved boltegjennomføringer i de ulike seksjonene med henholdsvis duktype 554 eller 556.

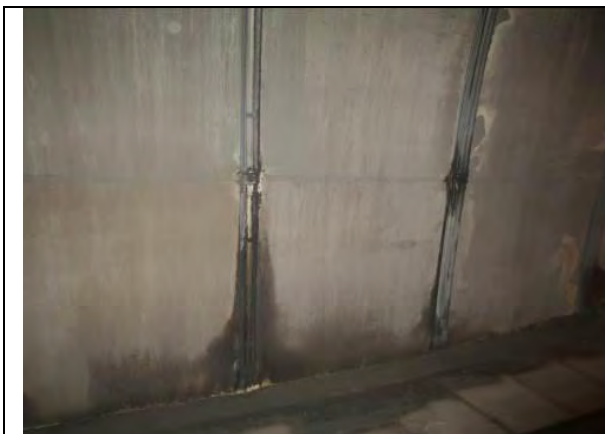





Foto 2.4.2. Typisk lekkasje gjennom duk ved nedre boltegjennomføringer ved rørbuer. Duk type 554.



Foto 2.4.3. Lekkasje gjennom duk ved nedre boltegjennomføring


 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		68

På de vestre seksjonene med 556 duk, løsnet vi framrør ved 2 rørbuer. I det ene området ble det observert lekkasjer forårsaket av hull i duken som skyldtes mekanisk slitasje mellom rørdeler på fram- og baksiden av duken. I det andre området ble det registrert svetting gjennom pakning for boltegjennomføring.

	
Foto 2.4.4. Framrør løsnes i lekkasjepunkt	Foto 2.4.5. Fukt / svetting i pakning. Duk type 556.

Tilkomstlukene hadde et åpne-/ lukke system basert på glidelås i tillegg til borrelås. Generelt for alle lukene var at glidelåsene vanskelig å åpne pga. støv og tilsmussing i glidelåsen.


Foto 2.4.6. Tilkomstluke

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		69

På seksjoner med duktype 556, ble det registrert misfarginger på duken i tilknytning til punktlekkasjer mot baksiden. Vi klarte ikke helt å finne årsaken til disse misfargingene. I heng og vederlag hvor de fleste misfargingene ble registrert, var det av HMS-grunner, vanskelig å få tilgang på baksiden av hvelvet for å undersøke om misfarginger kunne fjernes. I områder hvor vi hadde tilkomst, ble det registrert en noe annen form for misfarging som vi ikke klarte å gni vekk.




Foto 2.4.7. Punktvis misfarging på duk av type 556





Foto 2.4.8. Misfarging som ikke lot seg fjerne. Duk type 556.

Ved senere inspeksjon i Sædalstunnelen, observerte vi misfarging med sannsynligvis samme årsaksforhold, dog med en noe annen farge. Vi fikk der tilkomst bak hvelvet til de misfargede områdene. Årsakene synes å være utfelling av spesielt materiale på bergsiden av duken. Vi registrerte der også noe misfarging på trafikksiden av duken som vi fjernet ved å benytte en klut. Avleiringer på trafikksiden kan skyldes at det dannes kondens på dukens trafikkside i den varme årstiden som igjen kan føre til avleiring av støv etc. Det som uansett kan fastslås etter befaring av dette fenomenet i denne og Sædalstunnelen, er at det ikke skyldes lekkasjer gjennom duken og derved oppfukning av polyesterveven inne i dukmaterialet.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		70

Framrør i stålbuene mot trafikksiden



Framrørene i denne tunnelen er korrosjonsbeskyttet ved varmforsinking med beleggstykkelse min 70 µm. Etter fjerning av smuss etc, målte vi verdier på sinkbelegget i området fra 80 til 120 µm. Resultatene viser at det har vært begrenset ofring av zink på framrørene. Det ble ikke registrert korrosjon på selve framrørene eller på øvrig montasjemateriell på trafikksiden av hvelvet.


	
Foto 2.4.9. Framrør med inntakt zinkbelegg	Foto 2.4.10. Tykkelsesmåling på zinkbelegg

2.4.5 Observasjoner bak hvelvet

Tunnelduk

Utfra en visuell vurdering, syntes begge duktypene å være i god stand. Vi kunne ikke registrere spesielle påvirkning på duken etter å ha fjernet ulike belegg, utover stedvis noe misfarging som ikke lot seg fjerne (tidligere beskrevet vedr. registreringer på trafikksiden, ref. foto 2.4.8).

	
Foto 2.4.11. Duk type 556 i god stand.	Foto 2.4.12. Overflate tunnelduk type 554 etter at tilsmussing er fjernet

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 71

Bakrør i stålbuen mot bergsiden

De fleste bakrørene i denne tunnelen er korrosjonsbeskyttet med varmforsinking med min beleggstykkelse 70 µm. Beleggstykkelsen ble målt i området 80 – 100 µm og belegget fremstod med god tilstand.

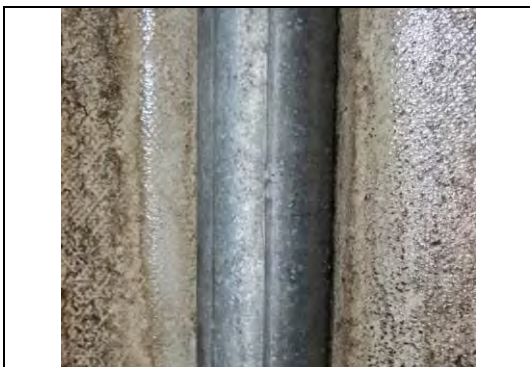


Foto 2.4.13. Varmforsinket bakrør i god stand


For rørdelene som i tillegg var pulverlakkerte med epoksy, ble beleggstykkelsen målt i området 150 – 200 µm. Det ble registrert minimalt med blæring i pulverlakken på stålbuen.



Foto 2.4.14. Kombinasjon av rørtyper



Foto 2.4.15. Enkelte små blærer i lakkbelegget

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		72

Festebolter med skiver og pakninger

Den generelle tilstanden på festeboltene syntes å være bra. Festeboltene var kun korrosjonsbeskyttet ved varmforsinking.

På enkelte bolter registrerte vi noe påbegynt korrosjon, spesielt på kammene. Dette antas å kunne forklares med at korrosjonsbeskyttelsen var mekanisk skadet ved montering av boltene.

Enkelte bolter var noe bøyd, noe som også er knyttet til montasjen.

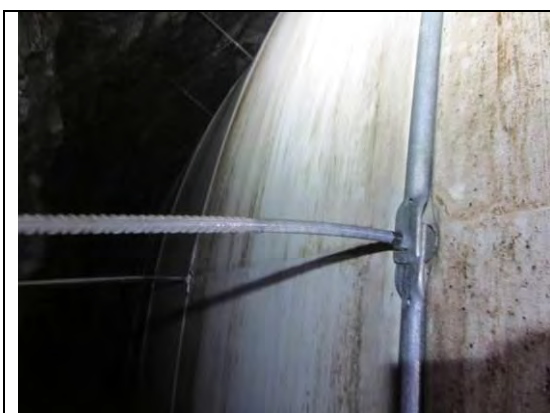


Foto 2.4.16. Bøyningsdeformasjon på bolt



Foto 2.4.17. Punktkorrosjon på kammer på festebolt

Det ble registrert lite omfang av rustangrep på bolter ved overgang til berginnfestingen.


Det er relativt lite korrosivt miljø på baksiden av tunnelhvelvet i denne tunnelen. Ved utskifting av hvelvet for 7-8 år siden, var festeboltene kappet. Vedlagte foto 2.4.18 viser at på den ubehandlede endeflaten var korrosjonen meget begrenset/fraværende.



Foto 2.4.18. Lite korrosjon på kappflate på opprinnelige festebolter



Foto 2.4.19. Innfesting av bolt til berg

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 73

Det ble ikke registrert skader på skiver eller pakninger som skal ivareta tetting ved boltegjennomføring i duken med unntak av noe svetteing som tidligere er omtalt.

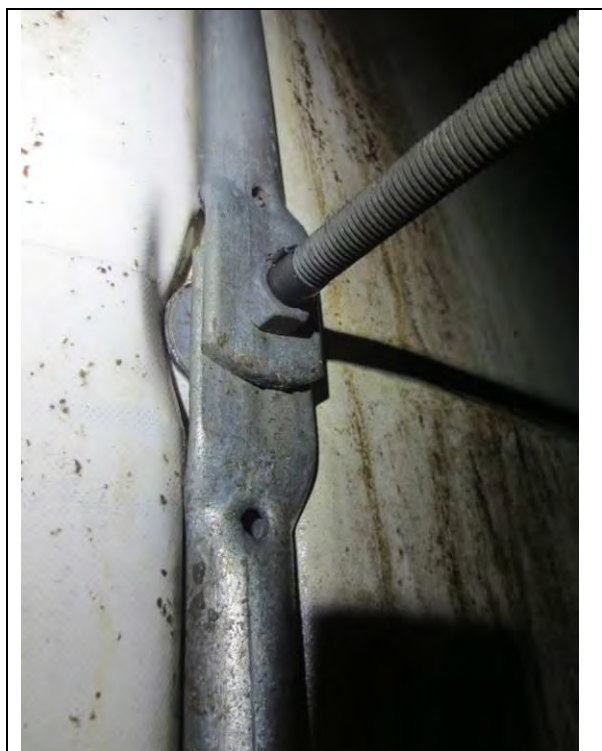



Foto 2.4.20. Bakskive, bakrør og festebolt i god stand

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		74

2.5 Troidhaugtunnelen

2.5.1 Generelt



Foto 2.5.1. Prøvefelt med WG tunnelhvelv T100 i sydgående løp

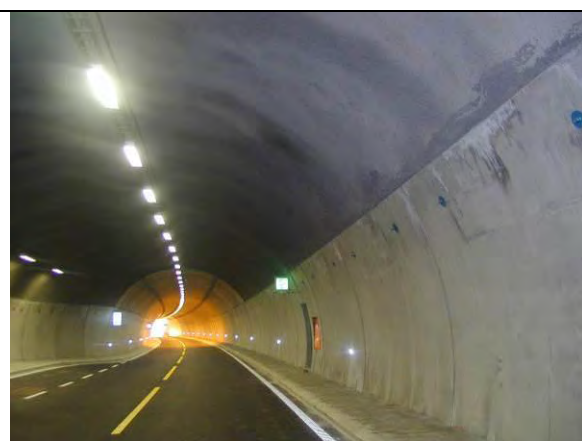



Foto 2.5.2. Tunnelhvelv T200 over havarinisje i nordgående løp

- Kledning WG tunnelhvelv T100 og T200, WG tunnelduk 556.
- Tunnelen ble opprinnelig åpnet i 1983 som en ettløpstunnel med ett kjørefelt i hver retning. I 2006 sto et nytt tunnellop for nordgående trafikk ferdig. Etter rehabilitering av det opprinnelige løpet har sydgående trafikk blitt avviklet i det opprinnelige løpet.

Ca 50 m inn fra portalen er det i det sydgående løpet ble det etablert et prøvefelt med WG tunnelhvelv T100 i normalprofil T9,5 med lengde ca 12 m hvor det er montert tunnelduk 556 i hele tverrsnittet. Ca 200 m inn fra portalen er det i tillegg montert WG tunnelhvelv T100 i kombinasjon med veggelementer i en havarinisje med normalprofil T12,5 inkl. i overgangstverrsnitt mot tilstøtende normalprofil T9,5, tunnelduk 556.

Ca midt i tunnellopet i det nordgående løp ble det montert WG tunnelhvelv T200 i kombinasjon med veggelementer i en havarinisje med normalprofil T12,5 inkl. overgangstverrsnitt mot tilstøtende normalprofil T9,5, tunnelduk 556.

- Kledningene med WG tunnelhvelv ble montert før åpning av nytt tunnellop i 2006 og ved rehabilitering av det opprinnelige tunnellopet samme året. For øvrig er det montert helt betongelementhvelv i resterende del av tunnellopene.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 75

- Trolldhaugtunnelen er en oversjøisk tunnel beliggende på riksvei 580 ved Hop syd for Bergen sentrum. Tunnellengde 471 meter og består av to løp med to kjørefelt i hver retning. Fartsgrense 80 km/t.
- Tunnelprofil: 2 x T9.5 med tverrsnitt T12,5 i havarinisjene.
- ÅDT: 18400 kjt. pr døgn i sydgående løp, 20000 kjt. pr døgn i nordgående løp
- Bergart: Øyegneis, båndgneis og amfibolitt.

Inspeksjonen ble utført den 19/11-2013 av Christian Rønneberg og Trond Østmoen fra Aas-Jakobsen AS og en representant fra leverandøren Giertsen Tunnel A/S.

2.5.2 Omfang av befaringen

Samtlige områder hvor det var benyttet WG tunnelhvelv type T100 og T200, ble inspisert.

I sydgående løp ble prøvefeltet med 12 meter lengde kun inspisert fra vegbanen pga. manglende tilkomstmulighet til baksiden av duken.

Tunnelhvelvene T100 og T200 i havarinisjene, ble på trafikk siden inspisert fra vegbanen. Baksiden av hvelvene ble inspisert med adkomst fra rømningsveien mellom tunnel-løpene. T200 hvelvet ble i tillegg inspisert fra baksiden med stige. Det ble her utført visuell inspeksjon av de ulike komponentene i utvalgte områder.

I etterfølgende punkt er observasjoner fra inspeksjonen i tunnelrommet og bak hvelvet oppsummert med utvalgte illustrerende foto. I tillegg er komplett fotobilag gitt i vedlegg 2.5.


2.5.3 Generell vurdering av tilstand

Det generelle inntrykket av begge typer tunnelkledninger T100 og T200 er at tilstanden var god.

For tunnelkledningene av type T100 ble det registrert enkelte tilfeller av fuktgjennomgang /svetting i boltegjennomføringene for rørbuene for innfesting av duken.

For T100 bemerkes at trafikkmengden er betydelig høyere enn det hvelvet er typegodkjent for (ÅDT 18400 mot 2500 kjt. pr døgn).

I begge havarinisjer hvor T100 og T200 hvelvene var montert, var det betydelig innlekkasje av vann fra berget noe som hadde medført dannelse av mikroorganismer/belegg på baksiden av dukene.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		76

2.5.4 Observasjoner på trafikksiden

Tunnelduk

Tunnelkledningen var generelt i god stand. Dette gjaldt både duken i prøvemarken samt duk som var montert i kombinasjon med veggelementer i havarinisjen. For øvrig ble det registrert fuktgjennomgang/ mindre lekkasjer ved noen boltegjennomføringer for innfesting av duken til rørbuene.



Foto 2.5.3. Oversikt tunnelduk T100 i generelt god stand

For å avdekke mulig årsak til fuktgjennomgang ved rørbuene, ble 2 av framrørene løsnet. Kontrollen viste at lekkasjene var forårsaket av mindre hull i duken som skyldtes mekanisk slitasje mellom rørdeler på fram- og baksiden av duken.

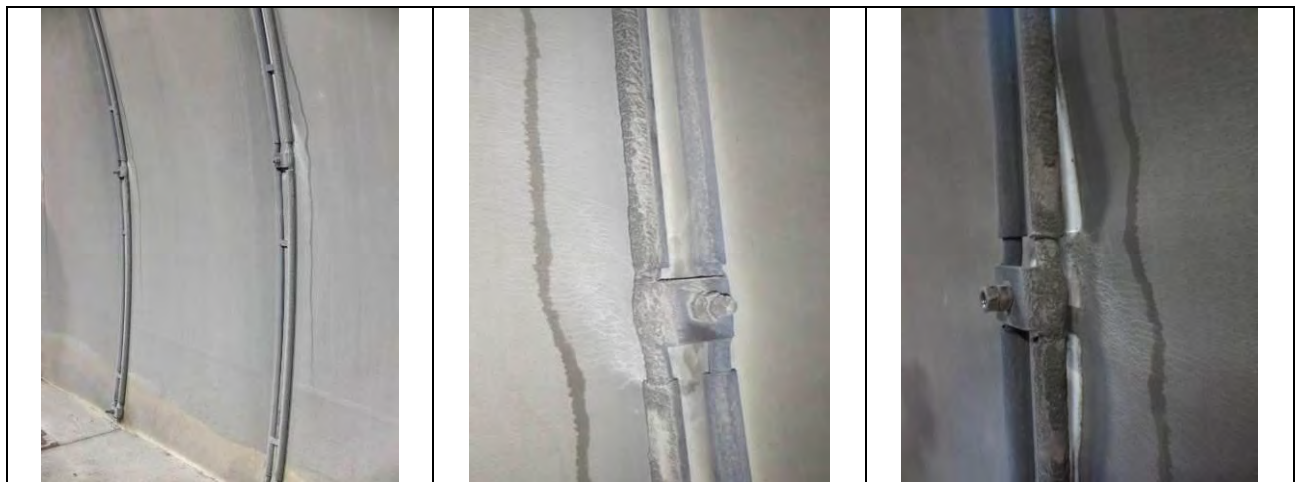



Foto 2.5.4. Støvensamling og misfarging pga lekkasjer

Foto 2.5.5. Framrør løsnet

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		77

Vi registrerte også enkelte hull i duken ved de nederste festeboltene, se foto 2.5.7.

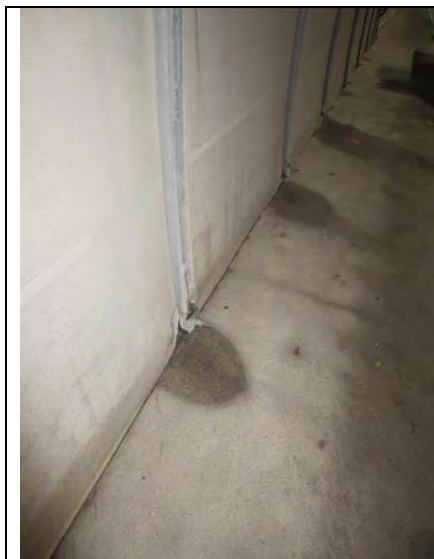


Foto 2.5.6. Typiske lekkasjer ved nedre boltegjennomføringer



Foto 2.5.7. Hull i tunnelduk ved nedre festebolt mot bankett

Duken var generelt nedsmusset i tillegg til punktvisse avleiringer og misfarginger. De punktvisse misfarginger var tilsvarende de vi registrerte på samme duktype (556) i Arnanipatunnelen. I og med at vi ikke kom til på baksiden av duken i dette området, fikk vi ikke kontrollert om misfargingene hadde trengt inn i polyesterveven i midtre del av duken. Ansamling av støv og forurensninger hadde så langt vi observerte ikke påført duken skade.

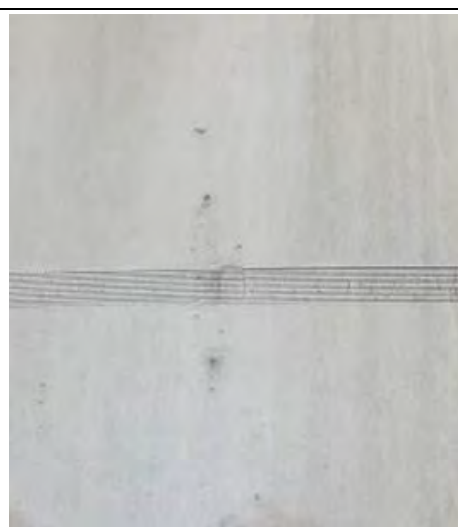



Foto 2.5.8. Punktvisse misfarginger av duk.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		78

Vi registrerte for øvrig ikke problemer med brudd i duken i kontaktsonen mot den utstøpte betongbanketten. Det ble heller ikke registrerte lekkasjer eller skade på duken i fabriksveiser eller utførte montasjesveiser på stedet.


Mot veggelementene var duken montert i hht montasjeanvisningen som beskrevet i punkt 1.1.2 *Tunnelduk* for WG tunnelhvelv med typegodkjent avslutning mot veggelementer eller føringskant. Som det fremgår av foto 2.5.9 og 2.5.10, ble det noe rynkedannelse ved tilstramming av nederste festebolten. Forøvrig registrerte vi ikke lekkasjer ved tilslutning av membranen mot veggelementene.

	
Foto 2.5.9. Oversikt montasje av duk i havarinisje	Foto 2.5.10. Rynker i duken ved tilstramming av nederste festebolt. Plastlist mot elementet

Sprøytebetonghvelvet T200

Sprøytebetonghvelvet i havarinisjen i det nordgående løpet, fremstod med relativt jevn overflate og for øvrig ut fra en visuell vurdering, i god tilstand. Det ble registrert en punktlekkasje i hvelvet i nisjen, som sannsynligvis er lokalisert til en boltegjennomføring.


Foto 2.5.11. Punktlekkasje i sprøytebetonghvelvet

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		79

Framrør i rørbuene mot trafikksiden inkl. montasjemateriell

Framrørene for T100 duken, ble inspisert visuelt fra vegbanen. Tilstanden så ut til å være tilfredsstillende, alle rørene var intakte.

Framrørene er korrosjonsbeskyttet ved varmforsinking med min beleggstykkelse 70 µm. Etter fjerning av smuss etc, målte vi verdier på tykkelse av sinkbelegget i området fra 80 til 120 µm. Resultatene viser at det har vært begrenset ofring av sink på framrørene. Dette kan forklares ved at miljøet i tunnelen har vært relativt tørt.


Det ble ikke registrert korrosjon på selve framrørene eller øvrig montasjemateriell (skiver, pakninger og muttere) på trafikksiden av hvelvet.



Foto 2.5.12. Framrør med festebolt



2.5.5 Observasjoner bak hvelvet

Bak hvelvet ble det for begge systemene (T100 og T200) og i begge løp utført inspeksjon i hengt over havarinisjene. Generelt er det et fuktig miljø på baksiden av hvelvet knyttet til innlekkasje og kondens.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		80



Tunnelduk


Ut fra en visuell vurdering, syntes duken å være i god stand. Vi kunne ikke registrere spesielle påvirkning på duken etter å ha fjernet ulike belegg, utover stedvis noe misfarging og belegg pga lekkasje fra berget.

	
Foto 2.5.13. Tunnelduk T100 – Misfarging av belegg/mikroorganismer	Foto 2.5.14. Tunnelduk T200 – Misfarging av belegg/ mikroorganismer

Bakrør i stålbuen mot bergsiden

For tunnelhvelv T100 var det benyttet bakrør som kun var varmforsinket og i noen buer rør som i tillegg var pulverlakkert med epoksy. For tunnelhvelv T200 var det kun benyttet bakrør som var korrosjonsbeskyttet med både varmforsinking og pulverlakk. Tilstanden på alle rørene så meget bra ut fra en visuell vurdering. Det ble ikke registrert skader eller spesiell nedbrytning av sinkbelegget eller skader/blæring på lakkbelegget.

	
Foto 2.5.15. T100. Bakrør i god stand.	Foto 2.5.16. T200. Bakrør i god stand.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		81

Festebolter med skiver og pakninger

Festeboltene er produsert av ø 16 mm kamstål. Boltene inkl. muttere til tunnelhvelv T100 var korrosjonsbeskyttet ved varmforsinking. Rør for avstiving av de nederste bolteradene var i tillegg pulverlakkert med epoksy.

Festeboltene for tunnelhvelvet T200 inkl. tilhørende festemuttere, var varmforsinket og i tillegg pulverlakkert med epoksy.

Alle bakskivene levert i syrefast kvalitet. Det var også benyttet en del muttere i syrefast utførelse.

Den generelle tilstanden på festeboltene syntes å være bra. Det ble ikke registrert problemer med osmotisk blæring i lakkbelegget på festeboltene eller på andre festemidler som i tillegg til varmforsinkingen var pulverlakkert med epoksy.

Det ble registrert et fåtall mindre lokale rustangrep på bolter ved overgang til innfesting i berget. Boltene var festet inn i berget ved bruk av ekspanderende boltemørtel.


Det ble ikke registrert skade på skiver eller pakninger som ivaretar tetting ved boltegjennomføring i duken.



Foto 2.5.17. Lokal korrosjon på bolt ved innfesting i berg.



Foto 2.5.18. Festebolt for kabelstige, pakning, bakskive og mutter

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		82

2.6 Nattland- og Sædalstunnelen

I tilbudsgrunnlaget var det beskrevet at det i Bjørøytunnelen var benyttet typegodkjent duk type 556 ved montering av ny duk i et felt der duken i 2012 ble fjernet i forbindelse med sprengningsarbeider over tunnelen. Dette var ikke tilfelle, som tidligere omtalt ble det også montert tunnelduk 554 også i dette feltet.

Vi ble derfor anbefalt av byggeleder for driftskontrakten i SVV Region vest, å ta en befarings i Nattland- og Sædalstunnelene der han mente at det skulle være benyttet duk type 556 i disse tunnelene. Resultatene fra denne befarings er oppsummert nedenfor med hovedfokus på tilstanden til tunnelduken.

Generelt




Foto 2.6.1 Oversikt Nattlandtunnelen. Duk type 554.



Foto 2.6.2 Oversikt Sædalstunnelen. Duk type 556.

- Nattland og Sædalstunnelen er begge beliggende på fylkesvei 188 i Bergen kommune. Begge tunnelene er ca. 300 meter lange og har mellomliggende dagsone på ca. 500 meter.
- For begge tunnelene er det benyttet tunnelkledning WG tunnelhvelv T100 i hele lengden og med tilslutning til føringskant iht gjeldende typegodkjente løsning.
- Ved befarings i tunnelene ble det avklart at det kun var benyttet WG Tunnelduk 556 i Sædalstunnelen. I Nattlandtunnelen var det montert WG tunnelduk 554.
- Nattlandtunnelen ble åpnet i 2003 / 2004. Sædalstunnelen ble åpnet i 2005.
- Tunnelprofil: T9.5
- ÅDT: Nattlandtunnelen 5600 kjt. pr døgn, Sædaltunnelen 5000 kjt. pr døgn.
- Bergart: Amfibolitt / granatglimmerskifer / grønnstein.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 83

Inspeksjonen ble utført natt til onsdag 20/11-2013 av Christian Rønneberg og Trond Østmoen fra Aas-Jakobsen AS og en representant fra leverandøren Giertsen Tunnel A/S.

2.6.1 Omfang av befaringen

Tunnelkledningen i begge tunneler ble på trafikksiden inspisert fra vegbanen i hele tunnallengden. Bergsiden av hvelvene ble inspisert med adkomst gjennom luker i duken som var etablert på hver side av tverrsnittet for ca hver 50 m.


I etterfølgende punkt er observasjoner fra inspeksjonen i tunnelrommet og bak hvelvet oppsummert og illustrert med utvalgte illustrerende foto. I tillegg er komplett fotobilag gitt i vedlegg 2.6.

2.6.2 Generell vurdering av tilstand

Begge disse tunnelene er relativt nye og det generelle inntrykket av tunnelkledningen er at tilstand er god.

Rørbuer på begge sider av duken inkl festebolter, var korrosjonsbeskyttet ved varmforsinking og i tillegg pulverlakkering med epoksy. Vi registrerte noen få blærer i lakken på noen få bakrør i Sædalstunnelen. Vi kunne ikke registrere fukt eller hvitrust under blæringen. Sannsynligvis er dette osmotisk blæring i en tidlig fase.

Skiver og muttere var i syrefast utførelse. Utover dette har vi ingen ytterligere kommentarer vedrørende buer, montasjebolter samt tilhørende montasjemateriell. Ytterligere beskrivelse av stålmateriellet vil derfor ikke bli gitt da hensikten med disse befaringsene var å inspisere tilstanden til tunnelduken.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		84

Observasjoner på tunnelduk type 554 og 556

Det ble ikke registrert direkte fuktgjennomgang eller mindre lekkasjer gjennom tunnelhvelvene, heller ikke ved avslutning av rørbuene ved de nederste boltegjennomføringene i tunnelduken slik vi har registrert ved de andre tunnelene der tunnelduken var ført ned i underliggende masser.

I disse 2 tunnelene er tunnelduken avsluttet med tett tilslutning til føringskant av betong som er med høyde ca 1 m over vegbanen. I hht Giertsen er avslutning av rørbuene i nedkant modifisert ved løsning med tilslutning av duken mot føringskant eller veggelement. Erfaringene fra både Troldhaugtunnelen og disse to tunnelene bekrefter at modifiseringen har vært vellykket og at slitasje-skader på duken i forbindelse med røravslutningene blir unngått.



Foto 2.6.3. Typisk tilslutning duk mot føringskant, trafikksiden. Begge tunneler.



Foto 2.6.4. Tilslutning duk mot føringskant, bergsiden

Spesielle registreringer vedrørende tunnelduk 556 i Sædalstunnelen

Ved gjennomlysning av tunnelduken, ble det oppdaget mørke flekker i duken som ikke var synlig ved belysning av duken på samme siden som den ble observert fra, se foto 2.6.5. Misfargingene fremkom i striper som var sammenfallende med brettekanter på duken fra produksjons- og transportfasen, dvs fra tiden før den ble montert i tunnelen. At flekkene ikke er synlig på overflaten verken på fram- eller baksiden av duken, tyder på at misfargingen ligger i polyesterveven midt i dukmaterialet. Sannsynlig årsak til misfargingen er nedfukting av materialet. Misfarging i brettesoner på denne duktypen, kan tyde på at duken svekkes/skades lokalt ved bretteing i forbindelse med transport og håndtering før den monteres i tunnelen.

Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

**Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer
vann- og frostsikringshvelv**

Utført/Prep.By

CHR/TAØ

Rev. av/Rev by

Side/Page

85



Foto 2.6.5. Misfarging i brett i 556 duk.
Fremkom ved gjennomlysning av duken fra
baksiden



Foto 2.6.6. Nærbilde av misfarging inne
i veven i 556 duk



Foto 2.6.7. Avleiring til v. Betydelig
lekkasje mot baksiden, opplyst område.
Lekkasje (nedfukning av polyestervev).



Foto 2.6.8. Detaljbilde

Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

**Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer
vann- og frostsikringshvelv**

Utført/Prep.By

CHR/TAØ

Rev. av/Rev by

Side/Page

86




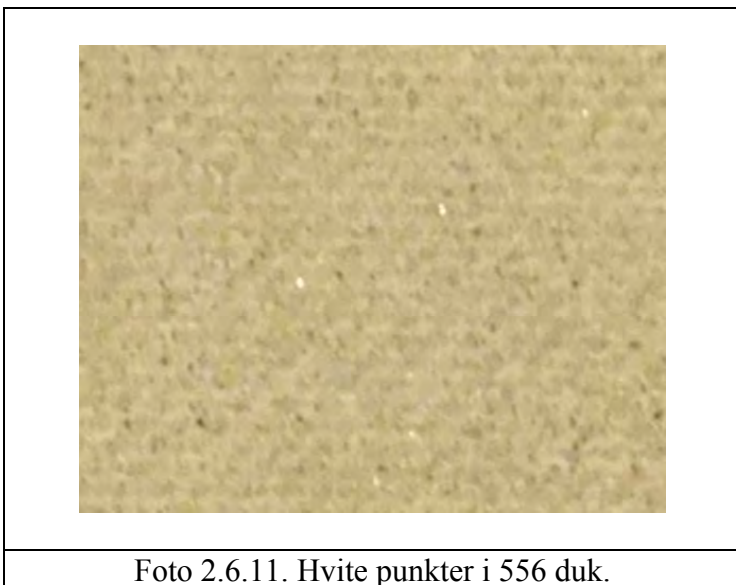
Foto 2.6.9. Drypp på baksiden av duken. Foto fra trafikksiden.




Foto 2.6.10. Samme sted på bergsiden av duken.

Foto 2.6.9 viser misfarging av duken på trafikksiden i forbindelse med drypp/lekkasje på dukens bakside. Årsakene til misfargingen synes å være utfellinger på bergsiden av duken. Avleiringer på trafikksiden kan skyldes at det dannes kondens på duken i den varme årstiden som igjen kan føre til avleiring av støv, eksospartikler etc. Det som uansett kan fastslås etter nærmere undersøkelser, er at det ikke skyldes lekkasjer gjennom duken og derved oppfukning av polyesterveven inne i dukmaterialet. Kfr også rapport fra Arnanipatunnelen hvor tilsvarende misfarging av duken ble observert.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 87



I Sædalstunnelen observerte vi også hvite punkter/flekker i dukmaterialet ved gjennomlysning. Dette er små hull i duken hvor PVC-materialet ikke er homogent og ikke har mettet polyesterveven. Disse små hullene har ikke ført til nedfukting og misfarging av polyestervev, sannsynligvis av den grunn at det ikke er lekkasjer mot baksiden av duken på dette stedet.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 88


2.7 Stongafjelltunnelen

2.7.1 Generelt



Foto 2.7.1. Oversikt tunnelkledning nær sydøstre portal

- Stongafjelltunnelen er en veitunnel på Fylkesvei 562 i Askøy kommune i Hordaland. Tunnelen har en lengde på 700 meter. Fartsgrense 80 km/t.
- Tunnelen ble bygd i forbindelse med bygging av Askøybrua som ble åpnet i 1991. Tunnelkledningen er trolig fra samme år.
- Tunnelkledningen er en tidlig type av WG tunnelhvelv T100 som ble montert før typegodkjenning av kledninger ble innført. Den avviker fra senere typegodkjent løsning av type WG T100 ved at den har dobbel duk og et isolerende mellomliggende sjikt. Duken er ikke likeverdig med senere typegodkjent 554-duk. Det er også avvikende utførelse av rørbuer og montasjedetaljer.
- Tunnelprofil: T8,5 / T11,5.
- ÅDT: 16500 kjt. pr døgn.
- Bergart: Tonalittisk gneis og granittisk gneis.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 89

Inspeksjonen ble utført natt til tirsdag 19/11-2013 av Christian Rønneberg og Trond Østmoen fra Aas-Jakobsen AS og en representant fra leverandøren Giertsen Tunnel A/S.

2.7.2 Omfang av befaringen

Størstedelen av tunnelen har bart berg uten kledning. Det er montert et felt med isolert tunnelhvelv T100 nær nordvestre portal og i tillegg fire felt nær sydøstre portal med en samlet lengde på ca. 200 meter.

Samtlige felt ble inspisert på trafikksiden fra veibanen. Det var ikke luker eller annen mulig adkomst for inspeksjon av tunnelduken på bergsiden. I ett felt var det en påkjørselsskade hvor det var hull slik at vi fikk tatt bilde på bergsiden av tunnelduken.


I neste punkt er observasjoner fra inspeksjonen i tunnelrommet og bak hvelvet oppsummert med utvalgte illustrerende foto. I tillegg er komplett fotobilag gitt i vedlegg 2.7.

2.7.3 Generell vurdering av tilstand

Vi registrerte ikke lekkasjer gjennom hvelvet i de områdene hvor T100 hvelvet var montert. Der var omfattende korrosjonsskader på framrørene, spesielt på nederste ca. 1 m.

Tunnelhvelvet var tett. Inntil videre er ikke korrosjonsskadene på framrørene så omfattende at de det er kritisk for hvelvet. Kledningen fungerer således som vann- og frostsikring av tunnelen i de områdene den er montert. Gjenværende levetid er imidlertid begrenset.



Montasjematerialet for hvelvet i denne tunnelen er ikke representativt for dagens typegodkjente løsning for WG tunnelhvelv. Frem- og bakrør har mindre dimensjon og tykkelse enn tilsvarende komponenter i den godkjente løsningen, og har også noe avvikende utførelse. Tunnelduken er heller ikke av samme type/kvalitet som opprinnelig typegodkjente tunnelduk 554.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		90




2.7.4 Observasjoner på trafikksiden


Tunnelduk

Nederste ca 3 m av veggene i tunnelen var påført hvit kalkmaling. Dette belegget var også påført områdene med tunnelduk. På grunn av dette påførte belegget, var det vanskelig å få dannet seg et generelt inntrykk av dukens tilstand.

	
Foto 2.7.2. Gjenomgående påføring av maling	Foto 2.7.3. Fjernet malingsbelegg lokalt

Ved fjerning av malingsbelegget lokalt, syntes tilstanden her å være relativt bra. Andre steder observerte vi imidlertid at duken hadde revnet langs rørbuen. En medvirkende årsak til dette var at duken var slakk og buklete som følge av dårlig stramming ved montering. Stedvis observerte vi også at duken hadde revnet i montasjeskjøter. Hvor vi kunne observere duk uten malingsbelegg, virket duken noe tørr og stiv som følge av tap av mykningsoljer.


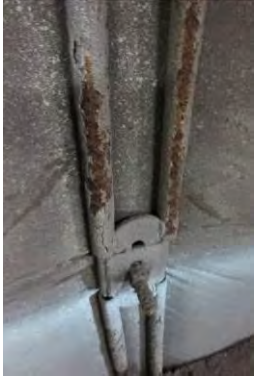

		
Foto 2.7.4. Duken har løsnet i sveiseskjøt	Foto 2.7.5. Brudd i duk. Isolasjon er synlig	Foto 2.7.6. Blottlagt duk ved påkjørselsskade


 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 91

Rørbuer

Framrørene hadde dimensjon $\varnothing 25 \times 1,5$ mm og var korrosjonsbeskyttet ved varmforsinking. Oppnåelig beleggstykkelse ved denne godstykkelsen er ca. 50 μm .

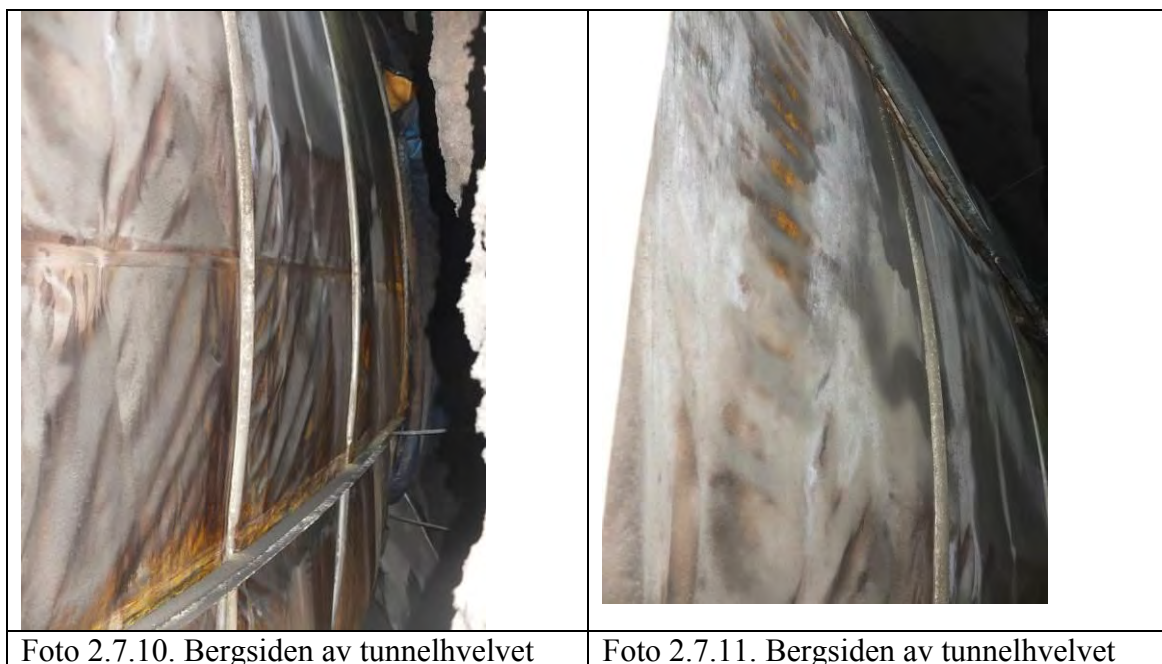
Miljøet på trafikksiden i denne tunnelen må være meget korrosivt. Spesielt i ene feltet mot nordvestre portal var korrosjonen omfattende på inntil nederste ca 1 m av rørene. Her var det fall inn mot tunnelen og vann med vegsalt renner da et stykke innover i tunnelen.

		
Foto 2.7.7. Korrosjon nedre rørdeler	Foto 2.7.8. Korrosjon høyde ca 1 m	Foto 2.7.9. Gjennomrustet rør mot skulder

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		92


Bak hvelvet

Som nevnt fikk vi ikke direkte adkomst til bergsiden av hvelvet. Vedlagte bilde ble tatt gjennom et relativt lite hull i kledningen som var forårsaket av en påkjørsel.



Duken har fått et gråaktig belegg, men virker hel bortsett fra hull fra påkjørselsskade som kan sees på foto 2.7.10 øverst til høyre i bildet.

Stålprofilene er korrosjonsbeskyttet ved varmforsinking. Det kan observeres korrosjonsprodukter (hvitrust) på overflatene, men ingen direkte korrosjon av stålmaterialene i profilene.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		93


2.8 Kjøpsviktunnelen

2.8.1 Generelt



Foto 2.8.1.Oversikt kledning

- Kjøpsviktunnelen er en oversjøisk veitunnel på Riksvei 827 i Tysfjord kommune i Nordland fylke. Tunnelen leder trafikken utenom tettstedet Kjøpsvik. Tunnellengden er 784 meter. Fartsgrense 70 km/t.
- Tunnelen ble åpnet for trafikk i 1993.
- Kledningen er WG tunnelhvelv T100 (WG tunnelduk 554) som er montert feltvis i våte områder i hele eller deler av tverrsnittet. Ca. 40 % av tunnelens lengde har bart berg uten kledning. Ved reparasjon av et felt på venstre side ca 200 meter inn fra søndre portal, er det benyttet WG tunnelduk 556. Utstrekningen på dette feltet er ca 8 m hvor duken er skiftet ut i ca 3,5 m høyde.
- Tunnelprofil: T8, frihøyde 4,4 m.
- ÅDT: 650 kjt. pr døgn.
- Bergart: Granitt og gneis.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 94

Inspeksjonen ble utført på dagtid 25/11-2013 av Christian Rønneberg og Trond Østmoen fra Aas-Jakobsen AS samt en representant fra leverandøren Giertsen Tunnel A/S.

2.8.2 Omfang av befaringen

Det ble utført detaljert inspeksjon på begge sider av kledningen ved seks lokaliteter i tunnelen. Første feltet med lengde 34 m som vi inspiserte, var etablert rett innenfor nordre portalen. Deretter inspiserte vi et utvalg av påfølgende felt ca. 100, 200, 300 og 500 meter inn fra den nordre portalen. Til slutt inspiserte vi et felt hvor opprinnelig duk var skiftet ut med WG tunnelduk 556 ved utbedring etter en påkjørselsskade. Feltet lå ca 200 meter inn fra søndre portal. Ved dette feltet var det ikke montert luke. Vi fikk derfor ikke adkomst for inspeksjon av denne duken på bergsiden.

I etterfølgende punkt er observasjoner fra inspeksjonen i tunnelrommet og bak hvelvet oppsummert med utvalgte illustrerende foto. I tillegg er komplett fotobilag gitt i vedlegg 2.8.

2.8.3 Generell vurdering av tilstand


Det generelle inntrykket av kledningen er at tilstanden generelt er god. Duken virket relativt myk og smidig. Temperaturen i tunnelen var et par plussgrader da befaringen ble gjennomført. På befaringsstidspunktet var det noe kondens på montasjematerialet. For øvrig var det mindre lekkasjer og relativt tørt miljø bak hvelvet.

Vi registrerte generelt lite omfang av fuktgjennomgang eller mindre lekkasjer ved boltegjennomføringene for rørbuene. I noen områder var noe slakk og buklinger i duken knyttet til mangelfull oppstramming. Dette gjaldt hovedsakelig i vederlagene.

Det ble registrert noen mekaniske skader i nedkant av duken hvor den er fylt ned med steinmaterialer for etablering av skulderen. Skadene har inntruffet der det ikke var fylt opp til tilnærmet samme nivå på bergsiden av duken.

I et felt med påkjørselsskade ble duken ved utskifting erstattet med WG tunnelduk 556. Etter produksjonen var duken brettet for lagring og transport. I bretter på duken registrerte vi oppsprekking av PVC-materialet inn mot polyesterveven i midtre del av duken.



Det ble registrert brudd i en bolt for innfesting av rørbuene i berget. For øvrig var frem- og bakrør samt festebolter og øvrig montasjemateriell i god stand.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		95

2.8.4 Observasjoner på trafikksiden

Tunnelduk


Hovedinntrykket er at tilstanden til tunnelduk 554 er god. Ut fra en subjektiv vurdering føltes duken myk og smidig selv etter eksponeringstid på 20 år. Det ble registrert noe dårlig stramming av duken i vederlagene, men det ble ikke registrert skader i tilknytning til dette. Det ble ikke registrert skader eller mangler ved fabrikk- eller montasjesveiser.

	
Foto 2.8.2. Oversikt tunnelkledning i 1. seksjon innenfor nordre portal. Noe dårlig stramming av duk ved langsgående montasjesveiser i vederlagene	Foto 2.8.3. Stram duk ved nedføring/forankring pga oppfylling for skulder mot duken

I nedkant er duken ført ned og forankret ved oppfylling av steinmateriale for etablering av skuldre. Hvor det ikke var oppfylt til tilnærmet samme nivå på baksiden av duken, gir dette i et ensidig trykk som medfører ekstra oppstamming av duken i dette området mellom rørbuene. Det ble ikke registrert skader på duken fra trafikksiden.

Vi registrerte vi få lekkasjepunkter ved rørbuene i Kjøpsviktunnelen. De punktene som vi registrerte, var knyttet til nederste festebolten for rørbuer eller rift i dukmaterialet ved endeavslutning av bakrør pga. ekstra stramming av duken lokalt fra ensidig tilbakefylt masse for etablering av skuldre.




Foto 2.8.4. Fuktlekkasje ved nedre boltefeste

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		96



Tunnelduk 556


Foto 2.8.5 viser dukfeltet ca 200 inn fra søndre portal hvor det i 2011 ble montert WG tunnelduk 556 ved reparasjon av kledningen etter en påkjørselsskade. Duken ble skiftet ut i ca 8 m lengde og i 3,5 m høyde. Duken i dette området var noe dårlig strammet.

Etter produksjonen var duken blitt brettet i forbindelse med evt lagring og transport.

	
Foto 2.8.5. Oversikt reparasjonsfelt med duk type 556	Foto 2.8.6. Mye bretter i duken i reparasjonsfelt

I brettene fant vi flere områder hvor det var brudd i plastmaterialet i duken.

	
Foto 2.8.7. Brett med brudd i plastmaterialet	Foto 2.8.8. Brudd i plastmateriale i duk i brett

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 97

Framrør

Framrørene er korrosjonsbeskyttet ved varmforsinking og fremstod med god tilstand. Skjøter av framrørene i denne tunnelen utføres med overlappende flattstål med avlange hull som vist på foto 2.8.9. Denne utførelsen er ikke i henhold til typegodkjent løsning.

Det ble ikke registrert korrosjon på rørene eller på øvrig montasjemateriell som skiver og muttere på trafikksiden av hvelvet.

Etter fjerning av smuss etc, målte vi verdier på sinkbelegget i området fra 80 til 120 µm. Min. beleggstykkelse ved produksjon av rørene var > 80 µm. Resultatene viser at det har vært begrenset ofring av sink på framrørene i perioden etter åpning av tunnelen. Dette kan forklares ved at det har vært relativt tørt miljø i tunnelen i tillegg til lav ÅDT.

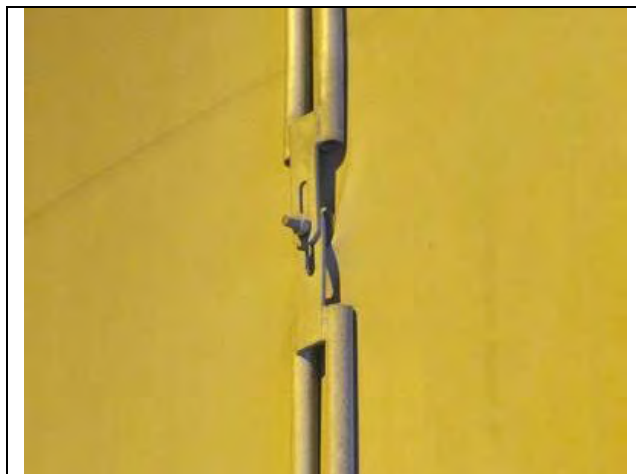



Foto 2.8.9. Framrør inkl. skjøt



 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		98

2.8.5 Observasjoner bak hvelvet


Tunnelduk 554


I nedkant er duken ført ned og forankret ved oppfylling av steinmateriale for etablering av skuldre. Hvor det ikke var oppfylt til tilnærmet samme nivå på baksiden av duken, gir dette i et ensidig trykk som medfører ekstra oppstamming og belastning av duken i området mellom rørbuene.

I den andre seksjonen vi inspiserer (100 m inn), ble det registrert hull i duken på baksiden som følge av denne tilleggsbelastningen, se foto 2.8.11.

	
Foto 2.8.10. Stram duk på bergside pga. oppfylling for skulder	Foto 2.8.11. Brudd i duk pga oppfylling for skulder

Vi registrerte også brudd i duken ved endeavslutning av bakrøret av samme årsak, se foto 2.8.12.


Foto 2.8.12. Brudd i duk ved endeavslutning av bakrør.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		99

Utover skadene vi registrerte på bergsiden av hvelvet forårsaket av ensidig belastning fra oppfylling av skulderen, syntes duken ut fra en visuell vurdering, å være i god stand.

Vi kunne ikke registrere spesielle påvirkning på duken etter å ha fjernet ulike belegg, utover stedvis noe misfarging.



Foto 2.8.13. Oversikt tunnelduk type 554 på bergsiden

Ved gjennomlysning av dukmaterialet på stikkprøvebasis, fant vi stedvis små hull i duken i enkelte av de feltene som ble kontrollert, se 2.8.14. Det ble ikke registrert lekkasjer i forbindelse med disse hullene.

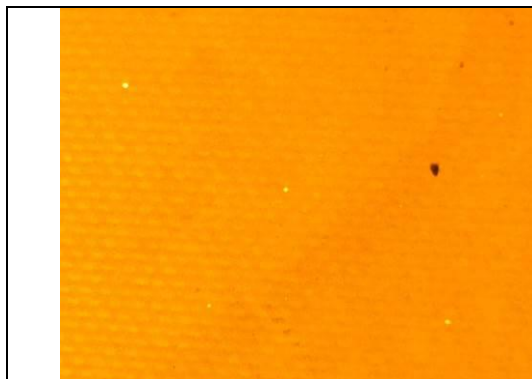


Foto 2.8.14. Gjennomlysning av duk 554, små hull i dukmaterialet

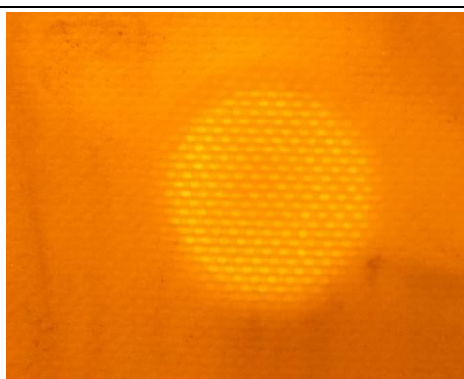



Foto 2.8.15. Gjennomlysning, homogent dukmaterialet

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		100

Luker

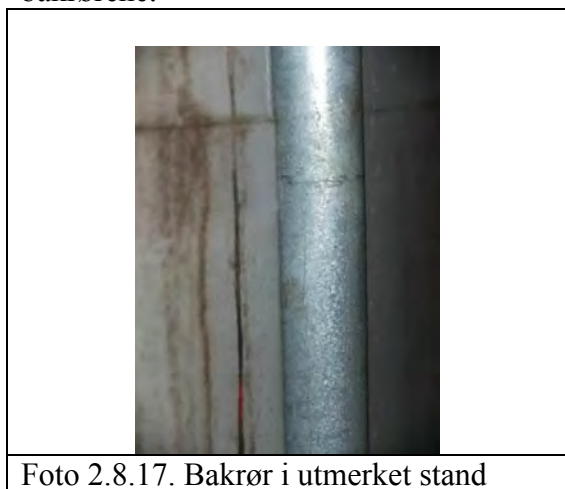
I denne tunnelen var det etablert luker i alle feltene og på hver side for adkomst til baksiden av duken. Lukene var etablert med glidelås-løsning og borrelås.




På grunn av generell tilsmussing, var det stedvis vanskelig å få åpnet lukene for hånd. Med litt tyngre utstyr gikk det imidlertid greit.

Bakrør i stålbu mot bergsiden

Bakrørene i stålbu har kun varmforsinking som korrosjonsbeskyttelse ($> 80 \mu\text{m}$ ved levering). Beleggstykkelsen ble i hovedsak målt i området $80 - 100 \mu\text{m}$ og belegget fremstod med god tilstand uten korrosjon. I enkelte tilfeller ble det målt tykkelser opp mot $150 \mu\text{m}$. Disse registrerte tykkelsene tyder på veldig lite ofring av sink og dermed fortsatt en lang restlevetid mht korrosjon av bakrørene.



 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		101

Festebolter med skiver og pakninger

Boltene er forankret i berget med boltemørtel. Festebolter, muttere samt skiver er korrosjonsbeskyttet ved varmforsinking, min beleggstykkelse 50 µm ved monteringsstidspunktet. Den generelle tilstanden på festeboltene syntes å være bra. Det ble heller ikke registrert skade på skiver eller pakninger som skal ivareta tetting ved boltegjennomføring i duken.

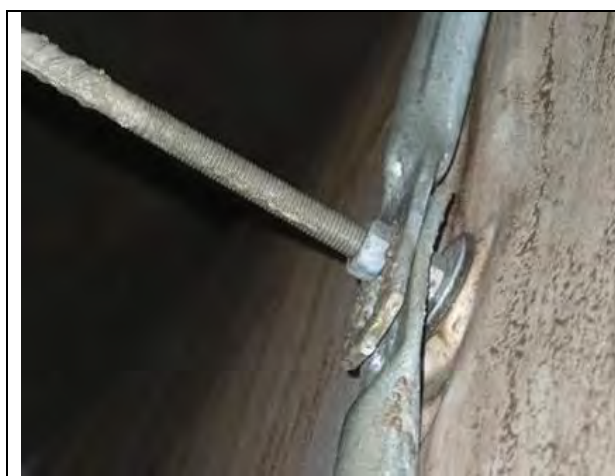


Foto 2.8.18. Festebolt, bakrør, muttere og skiver i god stand



Foto 2.8.19. Ingen skader på bolt i berginnfestingen


I enkelte boltehull var det utfelling av jernoksider, se foto 2.8.20 og 2.8.21:



Foto 2.8.20. Utfelling av jernoksid fra boltehull



Foto 2.8.21. Detalj bilde bolteinnfesting

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		102

Den generelle tilstanden var meget bra. Vi registrerte imidlertid noen få bolter med lokal korrosjon ved innfesting i berget. For en bolt hadde denne korrosjonen medført brudd, sannsynligvis i kombinasjon med utmattingpåkjenning fra vekslende trafikklaster. Skiltet hastighet i tunnelen er 70 km/t.

Bruddet var oppstått i en bolt ca 2,5-3 m over skulderen og ca 1 cm inn i berget, se foto 2.8.25. Pga lokal groptæring (punktkorrosjon) var tverrsnittet betydelig redusert hvor bruddet hadde oppstått, se foto 2.8.22 til 2.8.24.

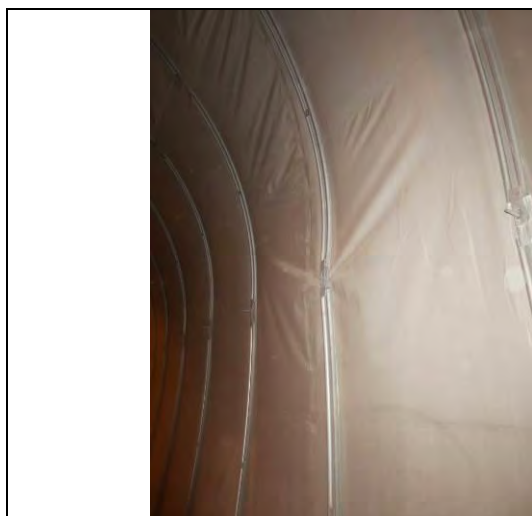


Foto 2.8.22. Brudd i festebolt ses som utbøyning av framrøret



Foto 2.8.23. Tverrsnittsreduksjon pga korrosjon

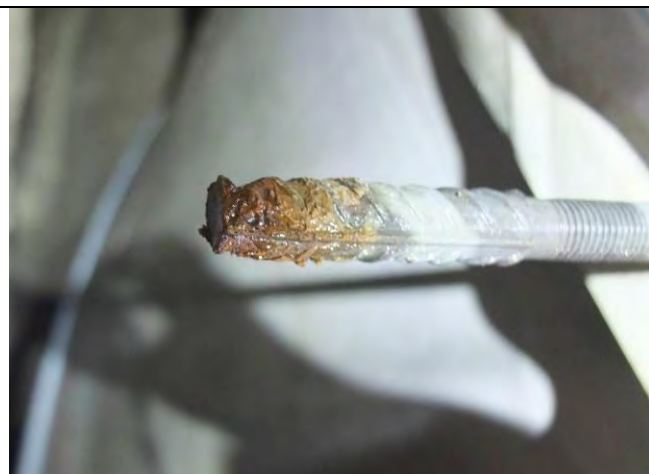



Foto 2.8.24. Bruddflate på festebolt, tverrsnittsreduksjon pga groptæring



Foto 2.8.25. Bruddflate inne i berget

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 103


2.9 Storvikskartunnelen

2.9.1 Generelt



Foto 2.9.1. Oversikt kledning

- Storvikskartunnelen er en tunnel på fylkesveg 17 i Gildeskål kommune i Nordland mellom Storvika og Oterstranda. Fartsgrense 80 km/t.
- Tunnelen er 3116 meter lang, og ble åpnet 7. juli 1995. Tunnelen erstattet den rasfarlige veien over Storvikskaret.
- Kledning er WG tunnelhvelv T100 (WG tunnelduk 554). Den er montert feltvis i våte partier, enten i hele profilet eller ensidig avhengig av stedlige lekkasjeforhold. Størstedelen av tunnelen har bart berg uten tunnelkledning.
- Tunnelprofil: T8,5
- ÅDT: 1200 kjt. pr døgn.
- Bergart: Granitt og granittisk gneis.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 104

Inspeksjonen ble utført 26/11-2013. Deltagere på inspeksjonen var Christian Rønneberg og Trond Østmoen fra Aas-Jakobsen AS en representant fra leverandøren Giertsen Tunnel A/S.

2.9.2 Omfang av befaringen

Det ble utført en detaljert inspeksjon på begge sider av tunnelduken i totalt ti felt. Første feltet som ble undersøkt, var etablert like innenfor vestre tunnelmunningen (ca Pr 0). Deretter inspiserer vi felt ved profil 100, 200, 900, 1050, 1100, 1300, 1550, 1800 og til slutt profil 2750. Inspeksjonene ble utført fra vegbanen samt fra oppfylt nivå på baksiden av duken.


I etterfølgende punkt er observasjoner fra inspeksjonen i tunnelrommet og bak hvelvet oppsummert med utvalgte illustrerende foto. I tillegg er komplett fotobilag gitt i vedlegg 2.9.

2.9.3 Generell vurdering av tilstand

Det generelle inntrykket av tunnelkledningen er at tilstand generelt er god. Vi registrerte ingen skader knyttet til misfarginger på duken.

Det ble registrert noe omfang av fuktgjennomgang i boltegjennomføringene for rørbuene knyttet til hull og mekanisk skade i duken. Det var også noen områder hvor det var noe slakk og buklinger i duken knyttet til mangelfull oppstramning. Dette gjaldt hovedsakelig duk i hengen.

I lokale soner med omfattende avleiringer på baksiden av hvelvet fra lekkasjer i berget, ble det målt mindre lagtykkelse på sinkbelegget enn generelt bakrørene for øvrig.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		105

2.9.4 Observasjoner på trafikksiden

Tunnelduk

Hovedinntrykket ut fra en visuell vurdering er at tunnelkledningen med duk type 554 fremstod med god tilstand. Det ble enkelte steder registrert noe dårlig stramming av duken uten at vi kunne se at dette har skadet duken, se foto 2.9.3.

Duken er generelt ført ned og avsluttet i overbygningen og forankret i nedkant ved tilbakefylling av masser for etablering av skuldre. Ved første dukfeltet i direkte fortsettelse av portalen i vest, er det i tillegg etablert en føringskant i ca 20 meters lengde, se foto 2.9.2.



Foto 2.9.2. Føringskant i lengde ca 20 m fra vestre portal

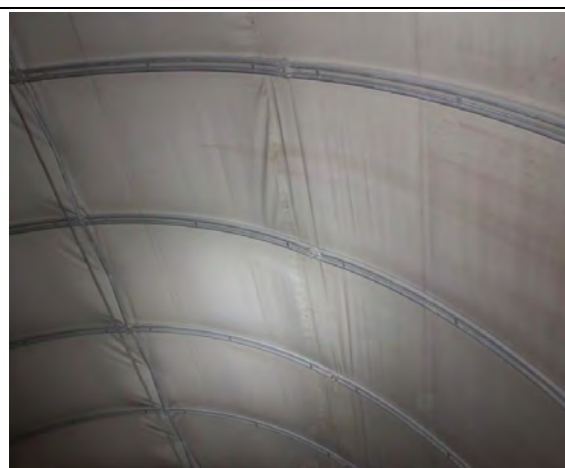


Foto 2.9.3. Dårlig stramming av duk i hengen

Det ble registrert punktvis misfarginger samt generell nedsmussing av duken uten at vi registrerte skader i tilknytning til dette, se foto 2.9.4 og 2.9.5.

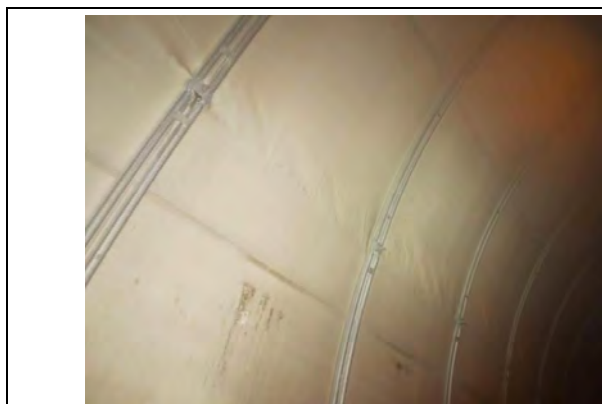



Foto 2.9.4. Tunnelkledning rett innenfor vestre portal.



Foto 2.9.5. Tilsmussing fjernet. Duken er inntakt

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		106

Videre registrerte vi misfarginger på duken 554. Ved kontroll av duken bak hvelvet kunne vi ikke registrere svekkelse eller skade på duken etter å ha fjernet misfargingen.

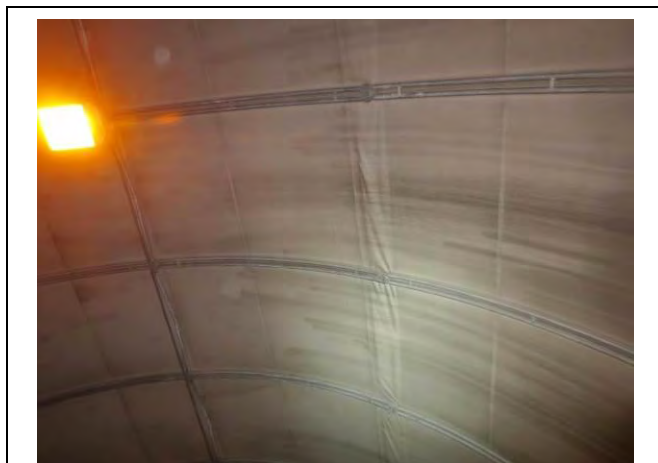


Foto 2.9.6. Misfarget duk.

For avslutning, stramming og fastholdning av duken i nedkant, er den ført ned i underliggende masser i overbygningen og fylt ned med masser for etablering av skuldrene. I denne tunnelen var oppfylte masser ca i samme nivå på begge sider av duken. Vi registrerte ingen skader på duken i området hvor den ble ført ned i underliggende masser.

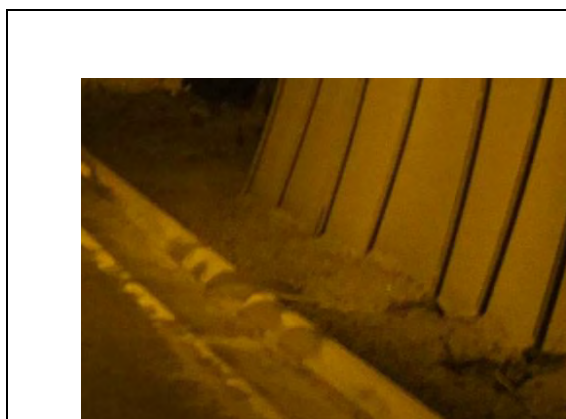


Foto 2.9.7. Nedføring og nedfylt duk i skulderarealet

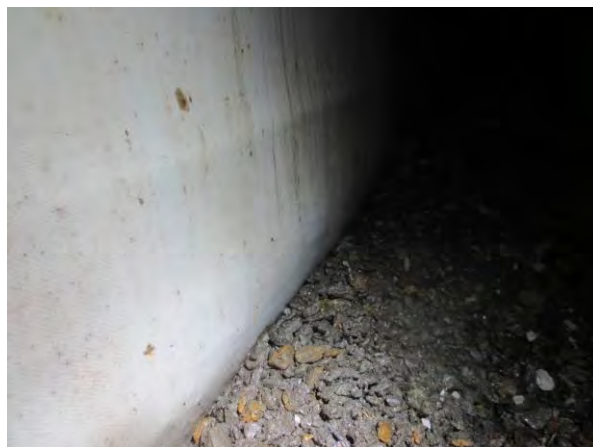



Foto 2.9.8. Nedfylt og forankret duk i underliggende masser (bilde tatt på bergsiden av duken)

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		107

Det ble registrert enkelte punkter med lekkasje gjennom duken. De stedene var lokalisert til rørbuene og de nederste festeboltene. Den direkte årsaken til lekkasjene, var hull eller mekanisk skade i duken, se foto 2.9.10.

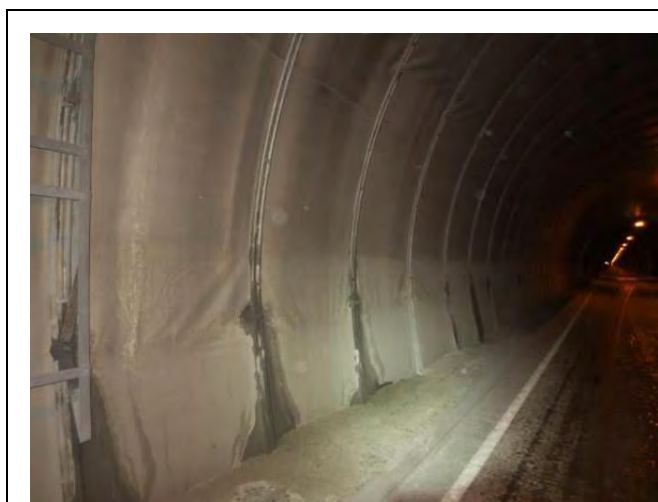


Foto 2.9.9. Fukt/ mindre lekkasje ved festebolter



Foto 2.9.10. Hull i duk ved rørbue på trafikksiden.

Tett tilslutning mot berget ved avslutning av feltvis montert tunnelduk, var utført på tradisjonell måte ved innføring av duk mot berget, bolting i groper og tetting i tillegg mellom duk og berget med mineralull, se foto 2.9.11.

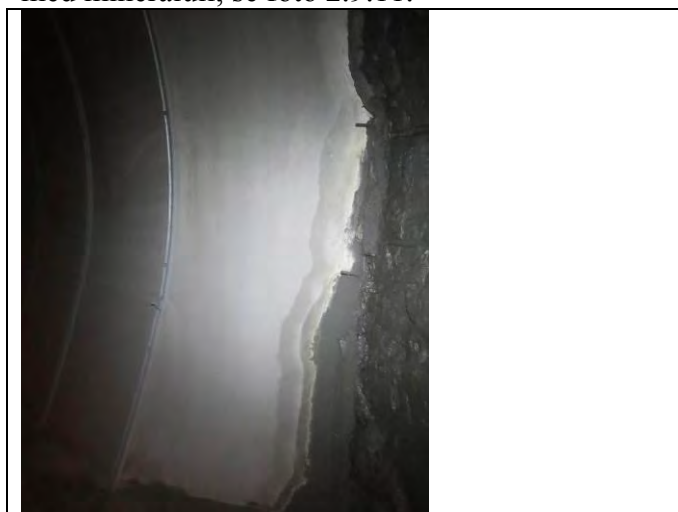




Foto 2.9.11. Endeavslutning mot berg av felt med tunnelduk

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 108

Framrør inkl skjøtestykker og øvrig montasjemateriell

Framrørene med skjøtestykker samt muttere og skive for sikring av tett boltegjennomføring i duken, er korrosjonsbeskyttet ved varmforsinking. Beleggstykkelse ved produksjon av rørene var > 80 µm, og min 50 µm for skjøtestykker, muttere og skiver.



Tilstand for framrør, skjøtestykker og tilhørende montasjemateriell var generelt bra. Det ble ikke registrert korrosjon på rørene eller på øvrig montasjemateriell på trafikksiden av hvelvet. Etter fjerning av smuss etc, målte vi verdier på sinkbelegget i området fra 80 til 100 µm. Resultatene viser således at det har vært begrenset ofring av sink på disse rørene.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		109

2.9.5 Observasjoner bak hvelvet


Tunnelduk

Det var relativt fuktig miljø bak hvelvet. I disse områdene registrerte vi belegg og avleiringer på baksiden av duken noe som stedvis medførte avleiringer og misfarging på duken som også kunne observeres på trafikksiden av duken, kfr også omtale i punkt 2.9.4.

	
Foto 2.9.12. Omfattende, avskjermet punktlekkasje	Foto 2.9.13. Typisk belegg og avleiringer på tunnelduk

Fra bakkenivå kunne vi skrape bort belegg og avleiringer. På duken registrerte vi kun mindre misfarginger, se foto 2.9.14. og 2.9.15. Vi kunne ikke utover dette, registrere spesielle påvirkning eller nedbrytning av duken i disse områdene med ulike belegg og avleiringer.


	
Foto 2.9.14. Fjerning av avleiringer/belegg på duk.	Foto 2.9.15. Belegg fjernet, ingen synlig skade på duken

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 110

Vi gjennomlyste dukmaterialet på stikkprøvebasis for å kontrollere homogenitet av duken. Det ble ikke registrert lyse prikker i tunnelduken som kunne tyde på inhomogenitet og hull i plastbelegget i duken.



Foto 2.9.16. Gjennomlysning av duk. Homogent materiale uten hull

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 111

Bakrør

Bakrørene i stålbuen har kun varmforsinking som korrosjonsbeskyttelse. Generelt virket tilstanden på rørene å være meget bra. Opprinnelig beleggstykkelse var min 80 µm. Tykkelse av sinkbelegget ble kontrollmålt. Målingene viste tykkelser i området 80 – 100 µm, dvs det har vært begrenset tæring av belegg etter montasje av hvelvet i tunnelen. Det ble på enkelte rør registrert noe sinkoksid (hvitrust).



Foto 2.9.17. Bakrør med noe sinkoksyd på overflaten

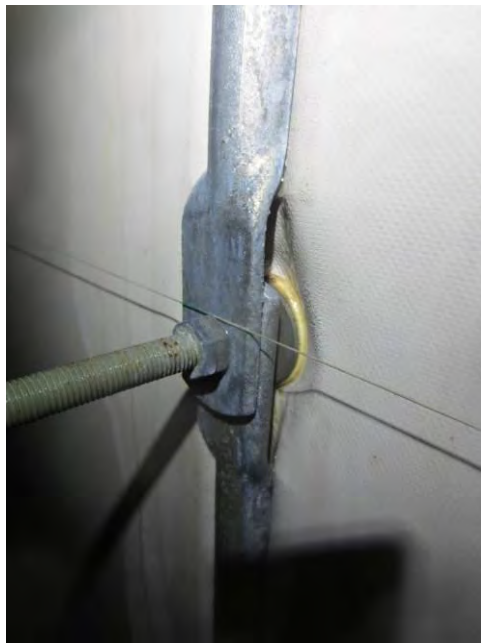






Foto 2.9.18. Bakrør med festebolt og bakskive.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		112

Ved noen få bakrør, registrert vi omfattende avleiringer og tæring av sinkbelegget. Typisk var det her innlekkasjer med aggressivt vann som rant ned langs rørbuen. Ved rørskjøten fulgte vannet delvis selve røret. Som det fremgår av foto 2.9.19, har dette medført avleiringer på rørbuene. Ved å fjerne disse avleiringene registrerte vi groptæring i sinkbelegget blant annet i en rørskjøt på bakrøret. Gjennomsnittlig gjenværende sinktykkelse på denne delen av bakrøret ble i dette området målt til ca 20 µm.

	
Foto 2.9.19. Tæring av sink under avleiringer fra innlekkasjevann	Foto 2.9.20. Tilsvarende avleiring på hele bakrøret

Det bemerkes at denne type avleiringer kun ble registrert ved et fåtall buer. For rørbuene det gjaldt, vil reaksjonen og tæring på sinkbelegget være begrensende for levetiden på disse buene. Reaksjonen er langt fra typisk for hvelvet generelt og levetiden for dette hvelvet må således vurderes utfra den generelle tilstanden på øvrige buer. Ved senere brudd i disse få buene, kan de da skiftes ut enkeltvis.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		113




Festebolter med skiver og pakninger


Festeboltene er produsert av \varnothing 16 mm kamstål. Generelt er boltene korrosjonsbeskyttet ved varmforsinking. Det var også montert bolter som i tillegg var pulverlakkerte med epoksy. Tilsvarende gjaldt for muttere som er benyttet ved montasjen. Bakskivene ved dukgjennomføringer var kun i varmforsinket utførelse. Min, beleggstykkelse på utført varmforsinking på alle komponentene, er 50 μ m.

Det generelle inntrykket av tilstanden på festeboltene inkl. festemateriell og skiver, syntes å være bra. Det ble ikke registrert korrosjon på skiver eller skade på pakninger som ivaretar tetting ved boltegjennomføring i duken.

På et fåtall bolter registrerte vi påbegynt korrosjon i selve grunnmaterialet. Dette gjaldt også enkelte bolter i som i tillegg til varmforsinking også var pulverlakkert med epoksy. Hovedårsak til korrosjonen er sannsynligvis mekanisk skade på belegget før eller i forbindelse med montasje av boltene. Alternativt kan noen av disse boltene være montert på steder hvor det er et meget aggressivt miljø. Som nevnt målte vi ca. 20 μ m gjenværende sinkbelegg på det ene bokrøret hvor opprinnelig tykkelse var $>$ 80 μ m.

Med tilsvarende tæring av sinkbelegget på boltene, vil sinken allerede være oppbrukt og korrosjon i grunnmaterialet vil være påbegynt.

	
Foto 2.9.21. Festebolt i meget aggressivt miljø. Se også avleiringer på bokrøret. Tilstand OK.	Foto 2.9.22. Festebolt i tilsynelatende relativt tørt miljø med osmotisk blæring, sink er tært opp. Påbegynt korrosjon i grunnmaterialet.
	
Foto 2.9.23. Påbegynt korrosjon i gjengepartiet	

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 114


2.10 Ellingsøytunnelen og Valderøytunnelen

2.10.1 Generelt



Foto 2.10.1. Oversiktsbilde Ellingsøytunnelen mot portal syd.

- Tunnelverrsnitt T12,5, rette vegger.
- Kledning: Isolon membranbhelv
- Tunnelene ble åpnet 1987 og var opprinnelig vannsikret med PE-skum. Denne kledningen ble revet og fjernet i 2008. Isolon membranbhelv ble montert i 2008- okt. 2009.
- Undersjøiske tunneler.
 - Ellingsøytunnelen, lengde 3250 m. Lavpunkt 114 muh.
 - Valderøytunnelen, lengde 4220 m. Lavpunkt 137 muh.
- Ellingsøytunnelen er beliggende mellom Ålesund og Hovset på Ellingsøya. Valderøytunnelen går fra Hovset på Ellingsøya og til Sjong på Valderøya. Sammen gir disse to tunnelene på riksveg 658 fergefri forbindelse mellom Ålesund og Valderøya og Ålesund flyplass på naboøya Vigra.
- ÅDT 2013: Ellingsøytunnelen 9160 kjt. pr døgn og Valderøytunnelen 7550 kjt. pr døgn.
- Bergart: Granittisk gneis.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		115

Hvelvet er montert i våte partier i tunnelene. Dette utgjør ca 75 % av samlet tunnallengde for begge tunnelene. Hvelvet er ført ned til nivå under uk asfalt på begge sider. Etter påføring av sprøytebetong på membranen, er det etablert gjennomgående skulder med glidd kantstein og deretter er det støpt ut belegning mot sprøytebetonghvelvet.

Inspeksjonen / befarings ble utført den 5/11-2013 av Christian Rønneberg fra Aas-Jakobsen AS og en representant fra SkumTech A/S.

2.10.2 Omfang av befaringsen

I forkant av befaringsen ble byggeleder for funksjonskontrakten kontaktet for å avklare om det var spesielle områder i tunnelene hvor det evt var registrert problemer med kledningen eller som burde inspiseres ut fra en levetidsvurdering av hvelvet. Vi fikk da opplyst at det ikke var registrert problemer ved hvelvet i noen av tunnelene. I tillegg fikk vi oversendt utskrift av rapporter fra inspeksjoner i Ellingsøytunnelen i perioden 2010 – 2012 (TUNNEL FUNN). Det var ingen forhold som var kommentert i rapportene som var direkte relatert til hvelvkonstruksjonen.


I og med at befaringsen i Ellingsøytunnelen ble gjennomført på stengning for utførelse av andre arbeider i tunnelen, var det ikke mulig å få stengt Valderøytunnelen samme natten for detaljinspeksjon. Det er samme kledning som er montert i begge tunnelene, de ble montert av samme entreprenør og i samme entreprise. I ettertid har vegvesenet heller ikke registrert spesielle problemer med kledningen i de to tunnelene. Etter avtale med oppdragsgiver var det derfor enighet om at detaljinspeksjon av Ellingsøytunnelen samt en generell inspeksjon av kledningen i Valderøytunnelen ved sakte gjennomkjøring, totalt sett ville gi et representativt inntrykk av hvelvene i tunnelen. Dette var betinget av at det ikke ble avdekket spesielle forhold ved inspeksjonen i Valderøytunnelen.

Begge tunnelene er undersjøiske, portalen på Ålesundside samt på Ellingsøya ligger på ca kt +5, mens portalen på Valderøya ligger på ca kt + 15.

Trafikksiden i Ellingsøytunnelen ble inspisert fra bil ved meget sakte gjennomkjøring og delvis til fots. Alle dilatasjonsfuger ble inspisert spesielt samt steder der det ble registrert fuktgjennomgang i hvelvet.

Baksiden av hvelvet ble inspisert hvor det var mulig adkomst, dvs hvor det var etablert inspeksjonsluker. Det var montert totalt 3 inspeksjonsluker i Ellingsøytunnelen, en luke på hver side av tunneløpet i den undersjøiske delen av tunnelen like syd for lavbrekket et stykke vest for utstøpt sikringsstøp samt en luke i feskvanntsonen ca 150 m innenfor portalåpningen på Ålesundside. Inspeksjonen bak hvelvet ble gjennomført ca 100 m til side for luken i begge retninger i den grad plassforholdene tillot det. Inntrykket fra de inspiserede områdene var for øvrig ensartede for aktuell lokasjon.

I etterfølgende punkt er observasjoner fra inspeksjonen i tunnelrommet og bak hvelvet oppsummert med utvalgte illustrerende foto. Komplette fotobilag er gitt i vedlegg 2.10.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		116

2.10.3 Generell vurdering av tilstand

Det generelle inntrykket av tunnelkledningen er at tilstand generelt er meget god.

På trafikksiden ble det registrert noen få tilfeller av fuktgjennomgang i sprøytebetonghvelvet. Disse var lokalisert til tverrsnitt hvor det var trekkerørsføring fra en vegg og over hengen til motsatt side.

Bak hvelvet registrerte vi generell blæredannelse (osmotisk blæring) i pulverlakkbelegget på bakskivene i forbindelse med boltegjennomføring i membranen i den undersjøiske delen av tunnelen. I ferskvannsdelen av tunnelen ble det ikke registrert slik blæredannelse. Tilstanden på membranen var for øvrig meget bra.

2.10.4 Observasjoner på trafikksiden

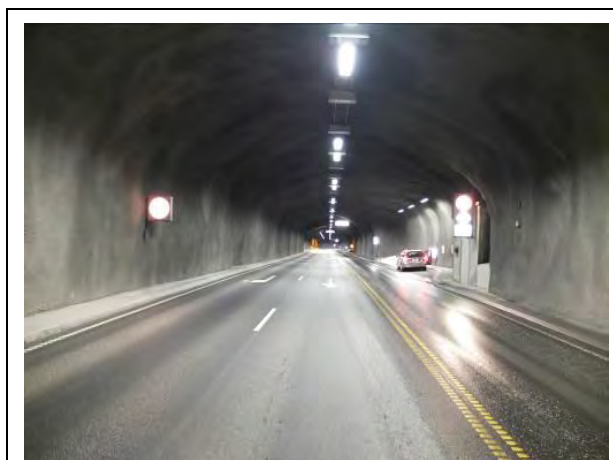


Foto 2.10.2. Oversiktsbilde mot portal syd (Ålesundsiden)

Hvelvet var montert med jevn og fin kontur. Det ble ikke registrert lekkasjer gjennom hvelvet med unntak av 2 steder i tunnelen i tilknytning til koblingsboks og tilhørende trekkerørsføringer fra ene til andre siden av hvelvet. Trekkerøret er montert direkte mot membranen/bak armeringsnett og er deretter sprøytet inn, se foto 2.10.3 og 2.10.4.

Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

**Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer
vann- og frostsikringshvelv**

Utført/Prep.By

CHR/TAØ

Rev. av/Rev by

Side/Page

117



Foto 2.10.3 Lekkasje skiltinnstallasjon venstre side.



Foto 2.10.4. Punktlekkasje motsatt side.

Sprøytebetonghvelvet

Sprøytebetonghvelvet hadde en jevn og fin kontur med god utstøping og innsprøyting av armeringsnett. Visuelt sett ga den inntrykk av å ha meget høy kvalitet.

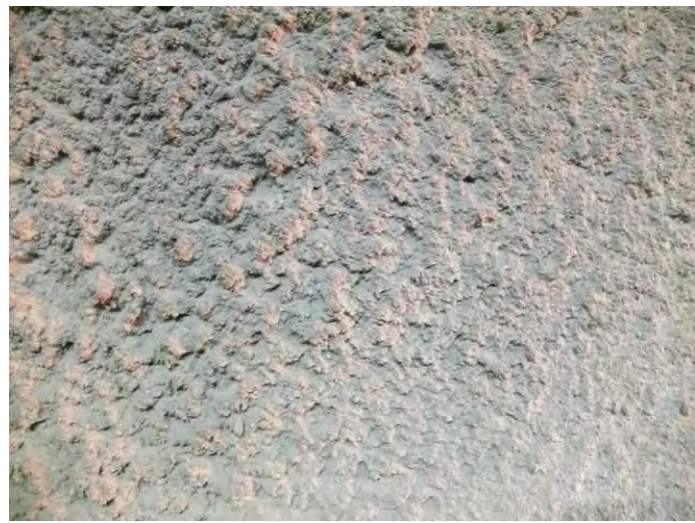

Foto 2.10.5. Oversiktsbilde
sprøytebetongflate

Foto 2.10.6. Struktur sprøytebetong

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 118

Dilatasjonsfuger

Dilatasjonsfuger er etablert med avstand ca 60 m og for øvrig tilpasset lengde på felt som er vannsikret med hvelvkonstruksjonen. Avstanden mellom fugene er større enn 30 – 40 m som håndbok R510 anviser. Dette medfører at fugeåpningene spesielt i den kalde årstiden, blir noe større enn ønskelig. Ved befaringen var utetemperaturen ca 5 grader. Vi registrerte da fugeåpninger opp mot 30 mm.


Det ble ikke registrert lekkasjer eller fuktgjennomgang i noen av fugene. Plastlisten har fungert som fortsatt som anviser for opprissing, se foto 2.10.7 og 2.10.8. Et par steder ble det registrert linsedannelse i sprøytebetongen inntil hovedrisset. Dette kan skyldes lokal økt sprøytebetongtykkelse på aktuelle steder. Generelt sett var imidlertid fugene meget tilfredsstillende.



Foto 2.10.7. Dilatasjonsfuge, rissanviser forskjøvet ved kabelbrubolt



Foto 2.10.8. Linsedannelse ved initiell opprissing av fugen

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 119


Luker

Lukene var produsert i syrefast stål med vrider og låskasse i samme materiale. I tillegg var det påmontert beslag slik at lukene kunne sikres med hengelås i normal driftssituasjon.

Lukene fungerte etter hensikten. Avbildet luke var ikke montert vertikalt.



Foto 2.10.9. Luke for adkomst bak hvelvet, totalt 3 stk i Ellingsøytunnelen.


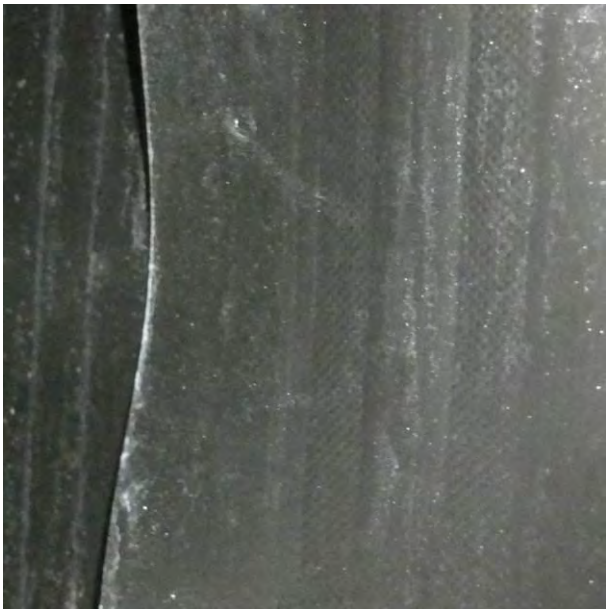
 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 120


2.10.5 Observasjoner bak hvelvet

Membran

Ut fra en visuell vurdering syntes membranen å være i meget god stand uten tegn til nedbrytning eller aldring. Membranen er skjøtet med dobbel sveis i tverretningen. Det var intet å bemerke på utførelse eller tilstand på de sveisene vi kontrollerte.

I saltvannssonen var det betydelige saltavleiringer på membranen i tillegg til noe kalkutfelling. Kalkutfelling på membranen ble også registrert i ferskvannssonen.

	
Foto 2.10.10. Oversiktsbilde bak hvelvet, ferskvannssonen	Foto 2.10.11. Dobbel membransveis

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		121

Festebolter

Festebolt for membranen består av en kamstålbolt Ø 16 mm som skrues inn i en gjengehylse med påsveist bakskeive, se foto 2.10.12. Tilstand på gjengehylsen med bakskeiven er omtalt i etterfølgende punkt.

Generelt var tilstanden på festeboltene meget bra uten tegn til nedbrytning av korrosjonsbeskyttelsen med unntak av lokale skader på korrosjonsbeskyttelsen på en del bolter i overgangen mot borhullet.


Boltene er montert med limforankring (polyesterforankring). Rotasjon av boltene i forbindelse med blanding av limkomponentene, har medført skade på lakk- og sinkbelegget på kammene hvor boltene har vært i kontakt med borhullsveggen. Skaden var begrenset til ryggen av kammene. Denne skadetyper er ikke spesielt knyttet til Isolonhvelvet, men gjelder generelt for limforankrede bolter.



Foto 2.10.12. Typisk festebolt M16



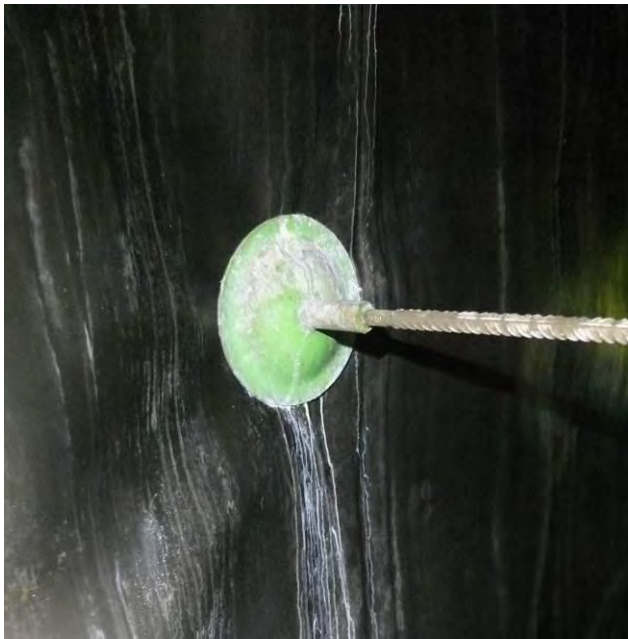

Foto 2.10.13. Lokal skade på korrosjonsbeskyttelse på kammer

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		122

Gjengehylse med ikke gjennomgående gjenger og med påsveist bakskive

Saltvannssonen


Det var en god del innlekkasjer med stedvis betydelig utfelling av klorider i de områdene vi inpsierte.

	
Foto 2.10.14. Betydelig kloridutfelling	Foto 2.10.15. Osmotisk blæring på skive og hylse. Lakk er fjernet lokalt i uk skive

Det ble registrert omfattende osmotisk blæring i pulverlakken på bakskivene og også stedvis på hylsene.

På bakskivene registrerte vi enkeltblærer med utbredelse opp mot 1 cm. Blærene på hylsene var mindre, med størrelse inntil 2-3 mm. Begrenset størrelse på blærene på hylsene kan forklares med at krumningen på hylsen er større, dvs det osmotiske trykket blir nådd ved mindre utbredelse av blærene. Omfang av blæring var mindre på hylsene enn på bakskivene.

Blærene var vannfylte. På skiven på foto 2.10.15, skrapet vi bort lakkbelegget. Under lakksjiktet registrerte vi dannelse av hvitt belegg på sinkoverflaten. Etter fjerning av sinkoksider, kunne det observere noe tæring i belegget., men i forhold til flaten for øvrig syntes sinkbeleggetykkelsen fortsatt å være rimelig intakt.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		123

På et fåtall skiver/hylser observerte vi mindre flekker med rustutfelling se foto 2.10.16.




Foto 2.10.16. Mindre rustutfelling på skive og hylse (saltvannssonen)

Ferskvannssonen

Tilstanden på bakskiver med hylse var tilfredsstillende uten registrering av osmotisk blæring i lakkbelegget. Lakkbelegget var stedvis borte på kanten av skiven. Dette er sannsynligvis forårsaket av mekanisk påvirkning/skade i transport- eller monteringsfasen.



Foto 2.10.17. Bakskive med påsveist hylse montert i ferskvannssonen. Lakkskade på skivekanten kan observeres.


 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 124

2.11 Knappetunnelen

2.11.1 Generelt



- Tunnelverrsnitt 2 x T9,5
- Kledning: WaPro vannavskjermingssystem, brannsikret med 80 mm nettarmert sprøytebetong i kombinasjon med veggelementer
- Tunnellengde i byggetrinn 1 er 2600 m. Lavpunkt 29 muh.
- Byggetrinn 1, ble åpnet 10. september 2010.
- Knappetunnelen inngår på Ringvei vest i Bergen, beliggende på fylkesveg 557 fra Dolvik og til Sandeide. På en kort strekning krysser tunnelen under Nordåsstraumen med bergoverdekning 13-15 m.
- ÅDT 2013: Nordgående løp, 14000 kjt. pr døgn. Sydgående løp, 17800 kjt. pr døgn.
- Bergart: Granittisk gneis.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 125

Inspeksjonen / befaring ble utført den 19/11-2013 av Christian Rønneberg og Trond Østmoen fra Aas-Jakobsen AS.

2.11.2 Omfang av befaringen

I forkant av befaringen ble byggeleder for funksjonskontrakten kontaktet for å avklare om det var spesielle områder i tunnelene hvor det evt var registrert problemer med kledningen eller som burde inspiseres ut fra en levetidsvurdering av hvelvet. Vi fikk da opplyst at det ikke var registrert problemer ved WaPro-hvelvet i noen av tunnellopene.

Begge tunnellopene ble befart ved sakte gjennomkjøring med bil. Inspeksjon bak hvelvet ble gjennomført som stikkprøvekontroll ved stans i to havarinisjer der vi fikk adkomst til baksiden av hvelvet via luke i nødstasjonen i nisjene. Inntrykkene fra de inspiserte områdene bak hvelvet var ensartede for begge lokasjoner. Det begrensede området under Nordåsstraumen ble ikke inspisert.

I etterfølgende punkt er observasjoner fra inspeksjonen i tunnelrommet og bak hvelvet oppsummert med utvalgte illustrerende foto. Komplette fotobilag er gitt i vedlegg 2.11.

2.11.3 Generell vurdering av tilstand

Det generelle inntrykket av tunnelkledningen er at tilstanden generelt er meget god. Det ble ikke registrert lekkasjer eller fuktgjennomgang i sprøytebetonghvelvet i noen av løpene.

Ferdig sprøytet flate har en noe ujevn kontur.

Tilstanden på membranen samt montasjemateriell var for øvrig også meget bra. Det var relativt tørt miljø med få lekkasjer i de områdene vi inspiserte bergsiden av hvelvet.

2.11.4 Observasjoner på trafikksiden

Sprøytebetonghvelvet

Som følge av hvelvets oppbygging og utførelse, har ferdig sprøytet flate en noe ujevn kontur.

Visuelt sett ga selve sprøytebetongen inntrykk av å ha meget høy kvalitet.

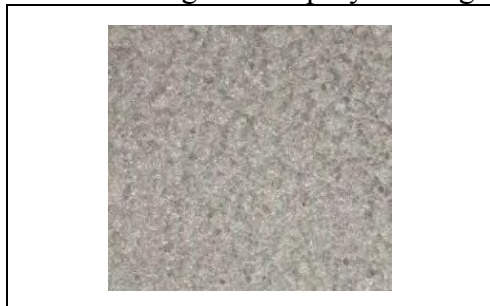



Foto 2.11.1 Struktur sprøytebetong

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 126

Dilatasjonsfuger

Det ble ikke registrert lekkasjer eller fuktgjennomgang i noen av fugene. Fugene var imidlertid ujevne med «linsedannelser», se foto 2.11.2. Disse «linsene» kan løsne og representerer således en fare for trafikkanter. Brannbeskyttelsen av membranen vil også bli svekket i og med at et større areal vil bli blottlagt lokalt ved evt utfall av disse «linsene».

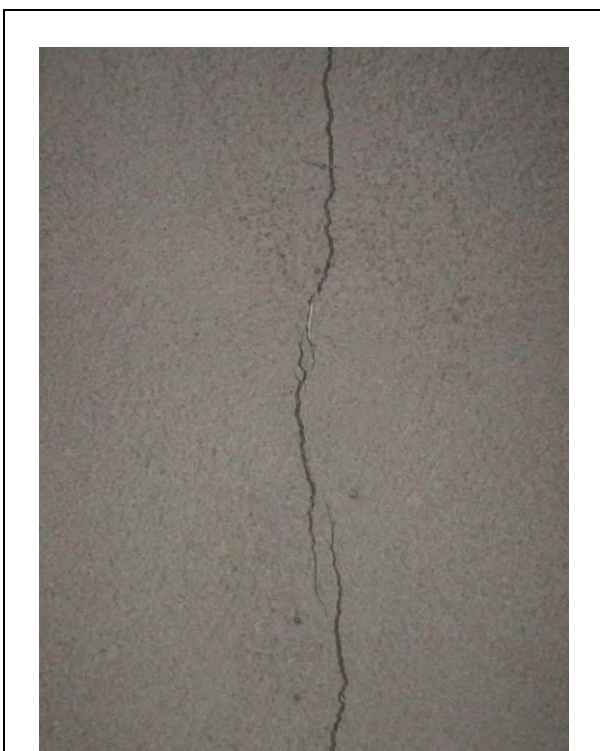



Foto 2.11.2. Linsedannelse ved initiell opprissing av fugen

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		127

2.11.5 Observasjoner bak hvelvet

Membran

Utfra en visuell vurdering, syntes PVC-membranen å være i meget god stand og uten tegn til nedbrytning.

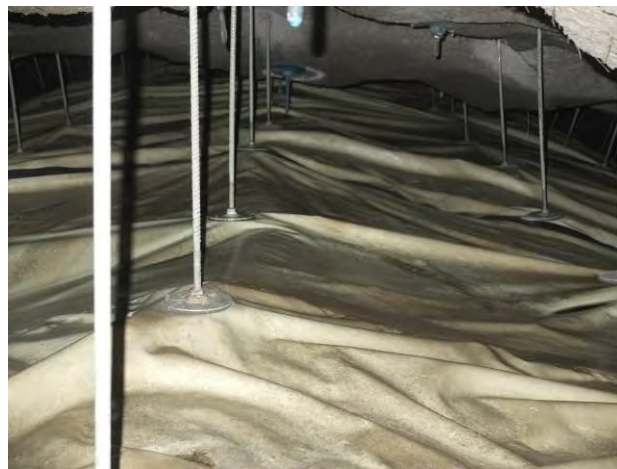


Foto 2.11.3. Oversiktsbilde bak hvelvet



Foto 2.11.4. Overlappende membran med veggelementer. (Blå veggbolt)


Membranen er skjøtet med en spesielt utviklet «ziplås»-skjøt. Det var intet å bemerke på utførelse eller tilstand. Det måtte benyttes betydelig kraft for å åpne låsen.



Foto 2.11.53. Ziplås-skjøt



Foto 2.11.3. Detalj Zip-lås («dobbel not og fjær»-løsning)

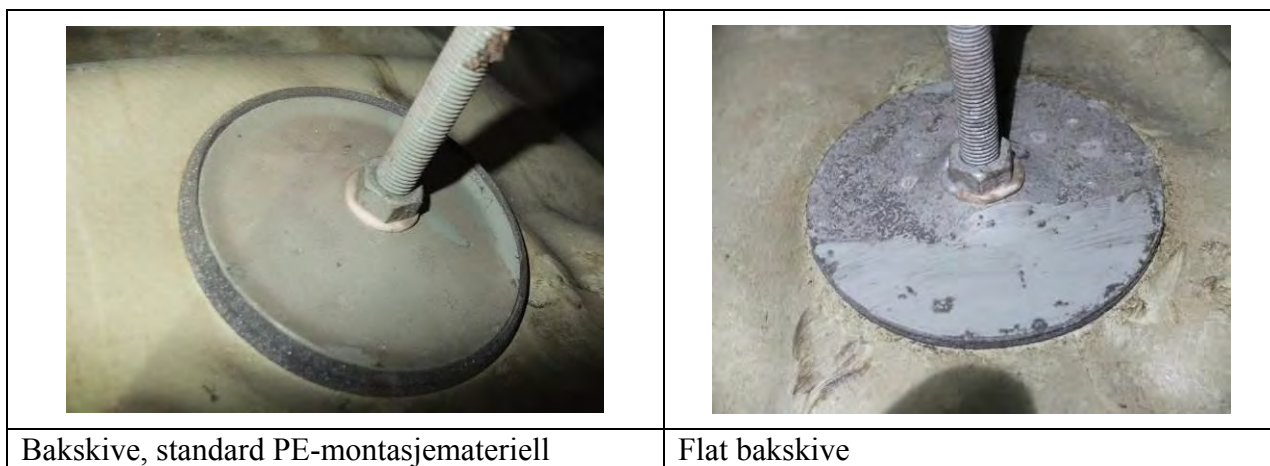
 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 128

Festebolter


Generelt var tilstanden på festeboltene meget bra og uten tegn til nedbrytning eller skade på korrosjonsbeskyttelsen. Boltene er forankret i berget med ekspanderende mørtel.



Bakskiver inkl. øvrig montasjemateriell

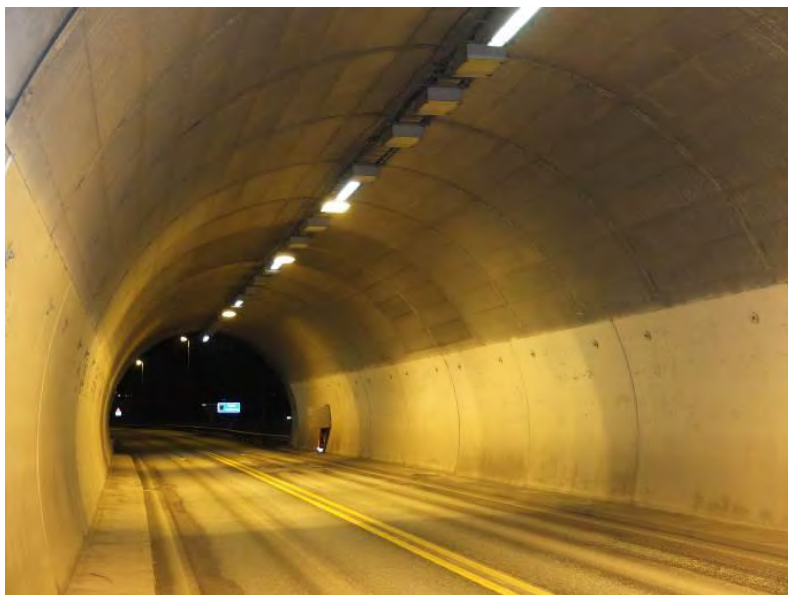


Tilstanden på bakskiver og pakninger var meget tilfredsstillende. Det var ingen tegn til nedbrytning eller skader på korrosjonsbeskyttelsen eller på tetningspropper.


 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 129

2.12 Væretunnelen

2.12.1 Generelt



- Tunneltverrsnitt T9. Tunnellengde 1625 m.
- Kledning: AluWay isolert platehvelv i kombinasjon med veggelementer.
- Tunnelen ble åpnet i 1988. Ut mot portalene var det opprinnelig montert et letthvelv i glassfiber. I midtre del av tunnelen ble det montert PE-hvelv som var brannsikret med sprøytebetong. Glassfiberhvelvet ble revet i 2004/2005. I et FOU-prosjekt ble det som erstatning i 2005 montert helt betongelementhvelv i lettbetong. Innenfor samme FOU-prosjektet fikk Vik Verk montere et prøvefelt med AluWay platehvelvet i kombinasjon med veggelementer i lettbetong i et ca 50 m langt felt ut mot den nord-østre portalen.
- Væretunnelen er en tunnel på E6 i Malvik kommune i Sør-Trøndelag. Tunnelen går gjennom Hattkallåsen mellom Bjørnstad i Malvik og Revseth i Trondheim.
- ÅDT 2013: 18300 kjt. pr døgn.
- Bergart: Fyllitt og leirskifer.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 130

AluWay- hvelvet er montert i ca 50 m lengde, 15 platefelt med varmforsinkede og lakkerte platekassetter og 2 platefelt med kassetter i syrefaste plater.

Inspeksjonen / befaring ble utført den 12/11-2013 av Christian Rønneberg og Trond Østmoen fra Aas-Jakobsen AS.

2.12.2 Omfang av befaringen

Det var lenge siden tunnelen var vasket, platekledningen var derfor relativt tilsmusset. Ved fjerning av støv og skitt fikk vi imidlertid god oversikt over kledningens tilstand.

Trafikksiden av tunnelen ble befart fra vegbanen samt fra lift hvor vi hadde tilgang til hele tunnelverrsnittet. Hvelvet ble inspisert i detalj på 3 steder. Dekkbeslaget ble løsnet for å kunne kontrollere plateskjøter samt evt slitasjeskade mellom dekkbeslag og underliggende platekassetter.

Inspeksjon bak hvelvet ble gjennomført med adkomst gjennom luke i et veggelement ca 10 m innenfor den østre portalen, se innledende oversiktsbilde. Det ikke andre luker på strekningen med AluWay-hvelvet som kunne benyttes. Pga begrensede plassforhold fikk vi kun adkomst for inspeksjon av hvelvet i 3-4 platefelt i området ved inspeksjonsluken.


I etterfølgende punkt er observasjoner fra inspeksjonen i tunnelrommet og bak hvelvet oppsummert med utvalgte illustrerende foto. Komplette fotobilag er gitt i vedlegg 2.12.

2.12.3 Generell vurdering av tilstand

Det generelle inntrykket av tunnelkledningen er at tilstanden generelt er god. Det ble ikke registrert lekkasjer eller fuktgjennomgang i hvelvet.

Det var relativt tørt miljø med få lekkasjer i området som vi inspiserte på bergsiden av hvelvet. Tilstanden på membran, festebolter samt øvrig montasjemateriell var gjennomgående bra uten spesielle tegn til aldring og reduksjon i kvaliteten. Vi registrerte stedvis noe rustdannelse på bergsiden av dekkbeslaget mellom veggelementet og nederste platekassetten.

På trafikksiden registrerte vi betydelig omfang av flassing/blæredannelse i lakkbelegget på platekassetten og på dekkbeslagene. Syrefaste kassetter var upåvirket.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 131

2.12.4 Observasjoner på trafikksiden

Platekassetter og dekkbeslag

De lakkerte kassetene ble inspisert på tre lokasjoner, to i nivå noe over veggelementene og det siste i vederlaget. Vi registrerte et betydelig omfang av blæredannelse og noe flassing i lakkbelegget på platekassetene og på dekkbeslagene både i lengde- og tverretningen. Inntrykket var sammenfallende for alle insperte flater.

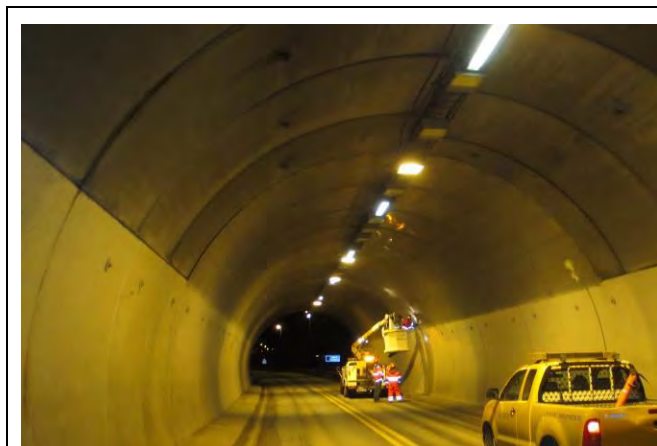


Foto 2.12.1. Lys flekk over biltaket ble inspisert



Foto 2.12.2. Skitt fjernet ved børsting og bruk av fille



Foto 2.12.3. Blæredannelse i lakken

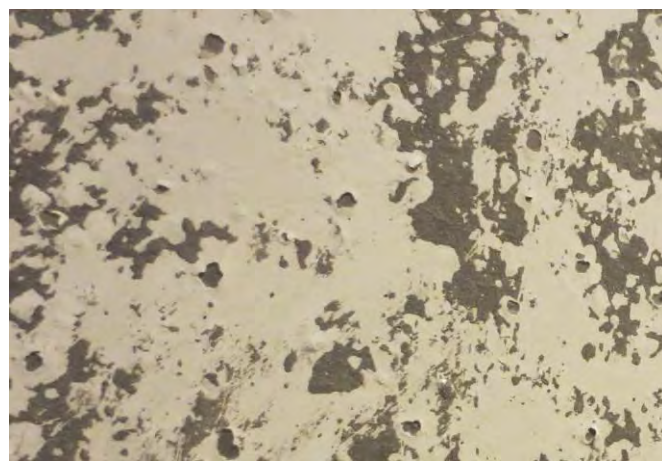





Foto 2.12.4. Nærbilde overflate platekassetter



Flatene ble rengjort ved bruk av stålborste og deretter fille. Stedvis kan da lakken ha blitt fjernet ved bruk av børsten, men før rengjøring observerte vi også flassing av lakken.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		132

Total beleggstykkelse på platene ble kontrollert i områder hvor belegget var intakt. Målingene viste en midlere tykkelse på 135 µm.

	
Foto 2.12.5. Flassing av lakk på ubehandlede kassettflater	Foto 2.12.6. Flassing/blæring av lakk på tverrgående dekkbeslag. Slitasjeskade på overflatebehandling av platekassetter

Lakkavskalling av tverrgående dekkbeslag på foto 2.12.6 er på kanten av beslaget mot trafikkretningen. Av samme bilde sees lakkskade på korrosjonsbeskyttelsen av underliggende platekassett hvor beslaget ligger i direkte kontakt med kassetten. Skaden er forårsaket av bevegelse i kassetten fra pulserende trafikklaster. Dette ble registrert ved en lokasjon på en kassett og var ikke et generelt skadebilde under dekkbeslagenes kontaktflate mot kassetten.

	
Foto 2.12.7. Syrefast skrue for innfesting av dekkbeslag.	Foto 2.12.8. Festebolter for kassetten under dekkbeslaget

Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
11378	11378-1	0
Dato/Date	Rev.dato/Date	
10.11.2016		
Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
CHR/TAØ		133

Prosjekt/Project
11378

Tittel / Title
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv



Foto 2.12.9. Felt med syrefaste platekassetter



Foto 2.12.10. Detaljbilde syrefaste platekassetter

Tilstanden på de syrefaste platekassettene var meget bra og upåvirket av miljøbelastningen. Det var også merkbart mindre støv og skitt som hadde festet seg til disse platene i forhold til skittansamlingen på de tilstøtende lakkerte platekassettene. For innfesting av kassettene og dekkbeslagene, var det benyttet syrefaste selvgjengende skruer. Tilstanden på disse var meget bra både på trafikksiden og på synlig del på baksiden av hvelvet.

Festebolter for kabelbru




Foto 2.12.11. Festebolter for kabelbru ved hver kassettskjøt



Foto 2.12.12. Detalj festebolt

Festebolter for kabelbruer er \varnothing 25 mm kamstålbolter som er varmforsinket. Tilstanden var ut fra vår vurdering, tilfredsstillende. Gjenværende beleggstykkelse var vanskelig å måle.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 134

2.12.5 Observasjoner bak hvelvet



Foto 2.12.13.

I det området vi hadde tilgang til å foreta inspeksjon med adkomst gjennom luken, var det lite innlekkasjer bak hvelvet. Fra montasjeperioden av AluWay-hvelvet vet vi at det var områder med lekkasjer hvor dette hvelvet ble montert.


Buet T-profil inkl. festebolter





Foto 2.12.14. Avslutning buet T-profil



Foto 2.12.15. Detalj festebolt med innfestingsplate og U-klammer

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		135



Tilstanden til T-profilet med laskeplater, samt innfestingsplater og U-klammer, var meget bra uten tegn til aldring eller svekkelse av kvaliteten.

	
Foto 2.12.16. Mekanisk skade på festebolten	Foto 2.12.17. Festebolt

Den generelle tilstanden til festeboltene var også meget bra. Vi registrerte noen mekaniske skader på festeboltene hvor korrosjonsbeskyttelsen var borte. Det var nesten ikke korrosjon på de skadede partiene.

Membranen

Tilstanden til membranen var meget bra. Montert membran er en armert PVC-membran type Protan 12 TM. Ut fra en visuell vurdering og inntrykket av duken for øvrig, virket den myk og smidig uten tydelige tegn til aldring.

	
Foto 2.12.18. Tilslutning/innfesting av membran til T-profilet	Foto 2.12.19. Klips for feste av membran til T-profilet

Prosjekt/Project

11378

Dato/Date

10.11.2016

Rev.dato/Date

Tittel / Title

Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv

Utført/Prep.By

CHR/TAØ

Rev. av/Rev by

Side/Page

136




Foto 2.12.20. Detalj avslutning av T-profil og ekstra membranstripe i forlengelse av profilet



Foto 2.12.21. Korrosjon på dekkbeslag mellom veggelement og uk platekassett

Bildet over til venstre viser avslutning av buet T-profil samt membranstripe med bredde ca 0,5 m som er montert i forlengelse av T-profilet. Hensikten med denne ekstra membranen er å lede evt vann som renner langs T-profilet videre ned og over kanten av veggelementet. Videre under membranstripen kan det observeres et U-formet hjelpebeslag med bredde ca 0,6 m som er montert til buen før oppstart av platekassettmontasjen. Hjelpebeslaget fungerer som opplegg ved hvert T-profil for den nederste platekassetten. På trafikksiden er det montert et beslag for å dekke mellomrommet mellom nederste platekassett og veggelementet. På bergsiden er dette mellomrommet isolert med Rockwool. Ved fjerning av isolasjonen ved dette T-profilet, registrerte vi at isolasjonen var fuktig og at det var noe rustdannelse på beslaget, se foto 2.12.21. For at membranstripen skal fungere for å lede vann ned og over ok veggelementet, må membranstripen ha en renneform. Dette ble ordnet ved lokal oppbygging med isolasjonsbiter langs sidekantene av membranstripen. Som det fremkommer av bildet til venstre er membranen fuktig i hele bredden, dvs membranstripen har ikke fungert som renne for bortledning av vannet. Konsekvensen av dette er nedfukning av isolasjonen som har medført korrosjon på dekkbeslaget. Ved større lekkasjer vil en slik mangel kunne føre til vannlekkasje ned langs veggelementet på trafikksiden. Dette er et sårbart punkt ved denne hvelv-typen. For øvrig registrerte vi ingen lekkasjer av denne typen på trafikksiden på dette stedet.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 137

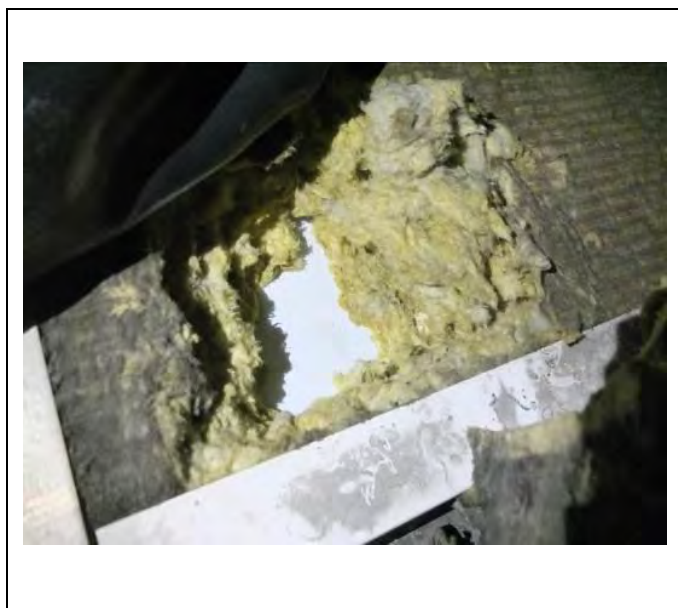



Foto 2.12.22. Bakside kassettplate med isolasjon (steinull)

Vi fjernet også isolasjonen på baksiden av nederste kassetten til høyre for T-profilet som er avbildet på foto 2.12.20. Isolasjonen er limt til kassetten. Vi registrerte ikke nedfukting av isolasjonen eller andre tegn på at det hadde vært fukt i nedkant av kassettprofilet.

Korrosjonsbeskyttelsen på baksiden av kassettplaten var intakt og uten skader eller tegn til aldring. Beleggstykkelsen ble målt til 125 µm. Opprinnelig beskyttelse er min 20 µm med sink og 60 – 80 µm med pulverlakk i ht leverandørens avisninger (Vik Ørsta).

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 138

3 GJENVÆRENDE BRUKSTID

3.1 Generelt

Gjenværende brukstid for hvelvene i alle inspiserte tunneler er vurdert. Ved vurderingene er det forutsatt at det i fremtiden er lik ÅDT og samme drift og vedlikehold som i dag.

Gjenværende brukstid er definert tidsperiode fra utført befaring til tidspunktet for nødvendig utskifting av hele hvelvet enten på grunn av at hvelvet ikke lenger har tilfredsstillende funksjon som vann- og frostsikring eller at hvelvet representerer fare for sikkerhet til brukere av tunnelen. For hver enkelt tunnel er det spesifisert hvilken konstruksjonsdel som er bestemmende for gjenværende brukstid (svakeste punkt). Gjenværende brukstid er grovt inndelt i intervaller på 10 år.

Forutsetning for vurdering av tilstand og gjenværende brukstid, er at dette skulle gjøres på grunnlag av visuelle og ikke-destruktive metoder. Ved befaringer har vi kontrollert tykkelse av belegg for korrosjonsbeskyttelse av ståldeler med overdekningsmåler type «Elkometer».

Rapporterte erfaringer fra tidligere utførte inspeksjoner fra Holmestrandtunnelen samt Bjørøy- og Storsvikskartunnelen er også benyttet som vurderingsgrunnlag for å anslå gjenværende brukstid.


For øvrig er det benyttet ingeniørmessig skjønn.

3.2 Gjenværende brukstid for tunneler med kledninger type tunnelduk WG T100 og WGT200.

3.2.1 Kriterier og grunnlag for vurderinger av gjenværende brukstid

At hvelvet ikke lenger har tilfredsstillende funksjon som vann- og frostsikring, mener vi har inntruffet når dukens vannsikrende funksjon opphører. Dette inntreffer når dukens rivestyrke er vesentlig svekket slik at duken revner langs rørbuene i omfattende omfang eller at det oppstår omfattende lekkasjer gjennom tunnelduken som følge av at polymeren pga aldri ikke lenger sikrer tilstrekkelig tetthet. Alternativt vil korrosjon og svekkelse av bakrørene også kunne medvirke til brudd i duken. Klemvirkningen mot framrørene vil da opphøre. Duken vil da miste strammingen i lengderetningen og vi antar da at duken vil revne pga. slitasje og større påkjenning mot framrørene ved blafring pga. trafikklast.

Fare for trafikantenes sikkerhet vil inntreffe dersom det er en generell risiko for at den bærende konstruksjonen vil kunne falle ned eller inn i tverrsnittet. Dette vil kunne inntreffe ved generell svekkelse av framrørene og/eller festebolter pga. korrosjon. For tunnelhvelv T200 vil trafikantenes sikkerhet være i fare dersom det inntreffer lokalt nedfall av sprøytebetong lokalt eller større nedfall som følge av brudd i flere festebolter innenfor et område.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		139

3.2.2 Tunnelduken

Duken består av polyestervev med tykkelse ca 0,3 mm belagt med et polymer (PVC) på hver side av duken. Polymerbeleggets tykkelse vil for duktype 554 være ca 0,2 mm og for duktype 556, ca 0,15 mm. I en armert duk vil polyesterveven ivareta dukens styrkeegenskaper, mens tetthet av duken ivaretas av polymerbelegget. Polymerbelegget vil samtidig hindre oppfukning av polyesterveven så lenge belegget er tette.


PVC- innholdet i polymerer generelt er normalt ca 60 %. Mykgjørere utgjør ca 35 % (vektprosent). Innhold av mykgjørere reduseres imidlertid over tid pga avdunsting og kjemisk nedbrytning gjennom hydrolyse og ekstraksjon/migrering. Ved tap av mykgjørere tørker membranen ut og bli stivere. Ved befaringene registrerte vi en viss tendens til at dukene i de eldste tunnelene var noe stivere enn duk i tunneler med kortere tid fra den ble montert. Det generelle inntrykket var imidlertid at dukene selv i de eldste tunnelene var myke og smidige. Dette tyder på at det er benyttet mykningsoljer av høy kvalitet ved fremstilling av dukmaterialet.

Tap av mykgjørere i tunnelduk 554 ble undersøkt i 2002 ved laboratorietest av prøve fra tunnelduken i fra Holmestrandtunnelen, dvs ca 7 år etter at duken var montert. Resultatet fra undersøkelsene beskriver at myknertapet var «relativt lite» uten at det ble nærmere tallfestet. /1 /

Som grunnlag for vår vurdering av gjenværende brukstid har vi i tillegg til observasjoner i de enkelte tunnelene samt erfaringer fra undersøkelser i tidligere nevnte tunneler, har vi også innhentet opplysninger om erfaringer med denne type duk fra produsenten av WGT100 (Protan) samt fra erfaringer med tilsvarende dukmateriale fra ytterligere en membranprodusent. Normalt kan det forventes at en PVC-membraner utsatt for vanntrykk, vil være tette ved myknerinnhold >20 % /4 /. Tunnelduker i WG T100 hvelvet vil ikke bli utsatt for vanntrykk. Det kan da påregnes at duken vil være tette selv med mykgjørerinnehald ved lavere innhold enn 20 %. Vi har ikke opplysninger om myknerinnhold samt type mykgjørere som er benyttet i henholdsvis 554 og 556-duken og har derfor ikke direkte faglig grunnlag for å si noe om bestandighet av denne duken over tid mht tetthet. Våre vurderinger er derfor gjort ut fra visuelle observasjoner og subjektive vurderinger av dukens stivhet i den enkelte tunnel.

I 2002 ble også rivestyrke av duken testet. Resultatet viste at rivestyrken var redusert med 16 % men var fortsatt innenfor kravet til ny duk. /1/ Om dette er forårsaket av påførte lastvekslinger, generell svekkelse ved aldring eller kombinasjon av disse forholdene, framgår ikke av rapporten.

Når det gjelder registrert styrkereduksjon av rivestyrke i Holmestrandtunnelen som igjen er knyttet til polyesterveven, opplyste Protan at dette var normal initial svekkelse av styrke i forhold til styrke ved produksjon. De har 40 års erfaring med tilsvarende polyestertråder i takbelegg som fortsatt fungerer tilfredsstillende etter påvirkning fra fukt, sollys og vindbelastning. Generelt er polyester et meget motstandsdyktig og stabilt materiale i forhold til motstand mot kryp, mekanisk skade samt kjemisk og biologisk nedbrytning. Belastningene som duken påføres i WG-T100 hvelvet er imidlertid av en noe annen karakter enn de belastningene tilsvarende duker normalt påføres ved anvendelsesområdet som Protan refererte til. Gjenværende brukstid for duken i forhold til rivestyrke, vil først og fremst være bestemt av evt. svekkelse av dukens styrkeegenskaper over tid

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		140

og den belastningen duken blir utsatt for. Belastningen vil øke ved høyere ÅDT, økt tungtrafikkandel samt ved økende hastighet i aktuell tunnelen.

Montasjen av WG-T100 i Holmestrandtunnelen i jan 1995, var en akselerert test av duken i en høytrafikkunnel i forhold til de ÅDT-verdier duken den gang var godkjent for (ÅDT < 1000). Forsøksfeltet ble inspisert i 1997 og 1998 (/3/ og /2/). I rapport /3/ er ÅDT oppgitt å være 18000 mens den i rapport /2/ er angitt til 13000 kjt/d. Skiltet hastighet i tunnelen var 70 km/t og den hadde relativt mye tungtrafikk. Ved å sammenholde samlet trafikkmengde frem til 1998 (ÅDT x år) i forhold til forutsatt ÅDT < 1000 som lå til grunn for typegodkjenning for 554-duken, ble det i /2/ konkludert med at tunnelduken oppfylte de krav til levetid som var satt i Håndbok -163 (>50 år). Dette resonnementet tar imidlertid ikke hensyn til at dukens styrke egenskaper evt. kan svekkes over tid. Grunnlaget for å trekke denne konklusjonen vedrørende forventet levetid, synes derfor å kunne være noe mangelfullt.

Ved utførte inspeksjoner registrerte vi en del fuktgjennomgang/ mindre lekkasjer i duken ved boltegjennomføringer. Dette gjaldt hovedsakelig de nedre bolteradene og spesielt ved bolten ved avslutning av rørbuene. Giertsen har opplyst at dette var forårsaket av litt uheldig utforming av ståldelene, men at det nå er rettet opp. Skadene er lokale klemskader på duken ved skjøter samt endeavslutninger av rørene. Vi registrerte ikke at hull i duken her hadde initiert at duken hadde revnet videre ut fra skadestedet. Denne type skader registrerte vi ikke i Nattland- og Sædalstunnelen der duken var montert i kombinasjon med føringskant.

Som ved tidligere utførte inspeksjoner i Holmestrandtunnelen samt Bjørøy- og Storvikskar-tunnelen, observerte vi mindre sorte prikker på duken i flere tunneler i tillegg til buklinger i duken. Ved nærmere visuell undersøkelse av disse områdene kunne vi ikke registrere at det hadde oppstått svekkelse av duken lokalt.

Etter vår vurdering gir ikke registrering av lokal fuktgjennomgang samt flekker/buklinger, grunnlag for å konkludere med at hvelvets funksjon som vann- og frostsikring ikke fortsatt er tilfredsstillt.

Ut fra innhentede opplysninger, litteratursøk samt ingeniørmessige vurderinger av registreringer i de ulike tunnelene, anslår vi en levetid på duk 554 til ca. 40 år. For duk 556 anslår vi levetiden til ca 30 år. Mht. kortere anslått levetid på duk 556 i forhold til 554, henvises det til kap. 4.


3.2.3 Bakrør, festbolter og framrør

Disse delene er for alle tunnelene korrosjonsbeskyttet ved varmforsinking. I tillegg er bakrørene og festbolter i de undersjøiske tunnelene Frøya og Bjørøy.

Før øvrig gjelder følgende:

Troldhaugtunnelen:

WG-T100: Noen bakrør var i tillegg beskyttet med pulverlakk

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		141

WG-T200: Alle bakrør samt festebolter var i tillegg pulverlakkerte med epoksy

Arnanipatunnelen: Noen bakrør var i tillegg beskyttet med pulverlakk

Nattland- og Sædalstunnelen: Fram- og bakrør samt festebolter var i tillegg beskyttet med pulverlakk.

Storvikskartunnelen: Noen festebolter var i tillegg beskyttet med pulverlakk.

Sinktykkelse på fram- og bakrørene er ved levering opplyst fra leverandøren å være minimum 70 µm og midlere tykkelse 85 µm. For festebolter ø 16 mm er beleggstykkelsen min 50 µm. Tykkelse på pulverlakk er generelt oppgitt å være 80 - 100 µm. Alle rørdeler og festebolter er levert og produsert av tidligere Ørsta stål. Det må således forventes at korrosjonsbeskyttelsen på rør og festebolter er relativt lik for delene som er montert i de undersøkte tunnelene.

For vurdering av levetid og gjenværende brukstid av disse konstruksjonsdelene i de undersøkte tunnelene hvor det er registrert ulik korrosjonsbeskyttelse på enkeltkomponenter, legges den minst omfattende behandlingen til grunn for videre vurderinger.

Det beskyttende sinkbelegget korroderer som følge av at sinkkarbonater reagerer og brytes ned i kontakt med atmosfæren, væsker mm. Det er mange faktorer som påvirker korrosjonshastigheten for sinkbelegg.

Forventet korrosjonshastighet på henholdsvis sink og stål i ulike miljøer, er gitt i ISO 12944-2.

Luftens innhold av blant annet svoveldioksid påvirker korrosjonshastig av sinkbelegg. I væsker vil PH, elektrisk ledningsevne, hardhet, saltinnhold mm påvirke korrosjonshastigheten.

En forutsetning for at sink og stål skal korrodere er at det også er oksygen og vann (relativ fuktighet > 60 %) tilstede.

For dupleksbelegg (varmforsinking + pulverlakkering) vil korrosjonshastighet og derved levetiden (L_T) være bestemt av både av levetid for lakkbelegget (L_L) og levetid av sinkbelegget (L_{Zn}):


$L_T = K (L_L + L_{Zn})$ hvor K er anslått å være 1,5 i marint miljø.

Bakrør og festebolter i de undersjøiske tunnelene Bjørøy og Frøya forventes å ha vært eksponert for det samme miljøet på bergsiden av hvelvet mht. korrosjon.

Fra befaring samt erfaringsdata fra tidligere rapporter foreligger følgende registreringer:

Bjørøytunnelen

- Nov. 2013: Omfattende blæring på stålrør, hvitrust på sinkbelegget i lakkblærer, ikke registrert klar reduksjon av tykkelse på sinkbelegget (18 år)
- Jan. 2005: Ingen spesielle langtidsskader registrert på hvelvet (9 år)
- 2001: Analyse av bolter, sinkbelegget intakt under lakken. Ingen merknader vedr. blæring. (6 år)

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		142

Frøyatunnelen

- Nov. 2013: Omfattende blæring på stålrør, hvitrust på sinkbelegget i lakkblærer, ikke registrert klar reduksjon av tykkelse på sinkbelegget (14 år)
- 2005: Ikke tegn til korrosjon eller andre skader (5 år)

På bakgrunn i ovennevnte registreringer samt at forholdene mht korrosjon på ståldeler på bergsiden av hvelvet i Bjørøy- og Frøyatunnelen har vært tilnærmet like, kan det antas at bakrørene i Bjørøytunnelen sannsynligvis har hatt samme omfang av osmotisk blæring etter 14 år som vi registrerte ved befaringen i Frøyatunnelen i 2013. Blæredannelsen på bakrørene i Frøyatunnelen (14 år) var omfattende og ut fra våre visuelle registreringer og vurderinger, tilsvarende og i samme omfang som vi registrerte i Bjørøytunnelen ved befaringen i 2013 (18 år). Det henvises også til bilder av bakrør i punkt 2.2 og 2.3 som omhandler registreringer fra befaringene i de to tunnelene samt egne tilhørende fotobilag. Sannsynligvis har blæringen i begge tunnelene oppstått noe tidligere, anslagsvis 12 – 13 år etter at ståldelene ble montert. I begge tunnelene registrerte vi ikke at selve lakken var sprukket opp eller skallet av i blærene.


Blærene var væskefylte. Etter fjerning av lakken kunne vi observere spor etter hvitrust i begrenset omfang, men ikke korrosjon eller tæring på sinken utover dette. Ved kontrollmåling av tykkelse på sinkbelegget i begge tunnelene, registrerte vi tykkelser i området 60 -100 µm, en måling i Frøyatunnelen viste ca 60 µm. Dette viser at opprinnelig påført sinkbelegg er tilnærmet intakt inne i blærene. Forklaringen kan være at etter at det osmotiske trykket er nådd i blærene, tilføres det ikke nytt oksygen som er en forutsetning for videre korrosjon.

Lakkbelegget er i dag intakt uten sprekker eller avskalling. På baksiden av hvelvet er det ikke mekanisk påkjenning på bakrørene. Det kan derfor forventes at lakkbelegget fortsatt vil være intakt i mange år fremover. For videre vurdering antas konservativt 5-10 år. For Bjørøytunnelen innebærer dette en levetid på lakkbelegget på vel 25 år fra installering av rørene.

Dersom lakken forsvinner, vil sinkbelegget bli eksponert for saltvann. Det vil da også være god tilgang på oksygen på baksiden av hvelvet. Dette tilsvarer et miljø med korrosjonsklasse C5-M i ht ISO 12944-2. Korrosjonshastighet av sink i dette miljøet er med referanse til samme standard, er 4,2 – 8,4 µm på år. Korrosjonshastighet på selve stålmaterialet er 80 – 200 µm pr år.

For lakk og sinkbelegg får vi da en samlet levetid $L_T = 1,5 (25 + 10) = \sim 50$ år. I tillegg vil gjennomrusting av selve røret med godstykkelse 3,2 mm, ta ca 16 år. Vår konklusjon er da at det kan forventes en levetid for de varmforsinkede og lakkerte bakrørene på ca 60 år.

Når det gjelder festboltene, har de den samme korrosjonsbeskyttelsen. Beleggstykkelsen av sink er imidlertid noe mindre, min 50 µm. Blæringen i lakkbelegget er langt mindre omfattende, bare småblærer i knappenålhode-størrelse. Lakkbelegget forventes generelt å ha noe lengre levetid på boltene enn på bakrørene. Ved befaringene registrerte vi rustdannelse på en del bolter. Dette var

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 143

spesielt lokalisert til kammene og de to langsgående ribbene. Årsaken er sannsynligvis mekaniske skader i lakkbelegget som er oppstått ved håndtering før monteringen.

Videre registrerte vi lokal og omfattende korrosjon på en del bolter ved overgang til innfesting i sprøytebetong/berget. I Frøyatunnelen hadde denne korrosjonen også initiert brudd i en del bolter. I tillegg registrerte vi tilsvarende brudd i en bolt i Kjøpsvik-tunnelen. Årsak til dette er sannsynlig galvanisk korrosjon som oppstår da boltene er eksponert for ulikt miljø i den innstøpte forankringssonen for boltene og i det frie rommet bak hvelvet. I tillegg har trolig lakkbelegget også har vært skadet i samme området. Generelt registrerte vi at mange av festeboltene var bøyd ved montasjen for at de skulle passe med montasjesystemet/skjøter for bakrørene. Lastvekslinger fra trafikken vil også gi en lokal utmattingseffekt i stålet som kan bidra til dannelse av brudd.


Korrosjon på boltene samt lokal korrosjon ved innfesting/overgang til berget, var av begrenset omfang i forhold til totalt antall festebolter. Enkeltpolter har og vil komme til å gå til brudd som følge av lokal korrosjon samt påkjenninger fra lastvekslinger ved overgang til innfesting i berget. Dette representerer imidlertid ikke risiko for at hvelvkonstruksjonen skal kollapse. Korrosjon på selve boltene vil likeledes også på lang sikt kunne føre til brudd i enkeltpolter. Dette vil kunne observeres fra trafikksiden i forbindelse med normalt vedlikehold slik at disse boltene kan erstattes løpende.

Vår konklusjon er at festeboltene ikke vil ha kortere levetid enn bakrørene.

Når det gjelder bakrør i ferskvannsmiljø i de øvrige tunnelene har vi også her kontrollert gjenværende tykkelse av sinkbelegget. Målinger viser tykkelser i område 80 – 100 µm. Dette var generelt og uavhengig av tunnelenes alder, dvs ca 20 år for de eldste tunnelene (Kjøpsvik- og Storvikskartunnelen). Dette indikerer at korrosjon og tæring av sinkbelegget er tilnærmet fraværende. Det samme kan forventes å gjelde de varmforsinkede festeboltene. Ut fra disse registreringene, mener vi at levetid på varmforsinkede bakrør og festebolter for inspiserte tunneler vil ha en levetid på > 50 år.

For varmforsinkede framrør registrerte vi beleggstykkelse på 60 µm i Frøyatunnelen ved en enkeltmåling men generelt målte vi verdier av sinkbelegget i området 80 – 100 µm uavhengig av tunnelenes alder. Som for bakrør og festebolter er vi av den oppfatning at framrørene i de undersøkte tunnelene vil ha en levetid på > 50 år.

Konklusjonen mht gjenværende brukstid av tunneler med WG tunnelduk, er at det for bæresystemet kan forventes at dette vil ha en levetid på > 50 år i de inspiserte tunnelene.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		144

3.2.4 Oversikt over gjenværende brukstid

Gjenværende brukstid er vurdert på grunnlag av konklusjoner i foregående punkt 3.2.2 og 3.2.3 mht stipulert levetid for henholdsvis duk materialet og bæresystem. For alle hvelv vil gjenværende stipulert levetid etter våre vurderinger være begrenset av levetid for dukmaterialet.

Avvikende forhold ved enkelte tunneler er kommentert spesielt.


Tunnel	Åpningsår	Duktype	Gjenværende brukstid	Kommentarer
Frøya	2000	554	25 år	
Bjørøy	1996	554	20 år	
Arnanipa	2004/2006	554 / 556	30 år / 20 år	
Troldhaug, sydgående løp T100	2006	556	20 år	
Troldhaug, nordgående løp T200	2006	556	25 år	1)
Nattland	2002/2003	554	30 år	
Sædal	2005	556	20 år	
Stongafjell	1991	554 *	5-10 år	2)
Kjøpsvik	1993	554 / 556**	20 år	
Storvikskar	1995	554	20 år	

* Dobbel duk med mellomliggende isolasjon, se også kommentar 2.

** I Kjøpsviktunnelen er det montert duktype 556 i et begrenset felt ved reparasjon av hvelvet etter en påkjørselsskade. Gjenværende brukstid er vurdert på grunnlag av duktype 554.

Spesielle kommentarer

1) I forhold til T100 hvelvet er tunnelduken i T200 hvelvet brannsikret med 80 mm nettarmert sprøytebetong. Sprøytebetonghvelvet vil oppta all trafikklaster, dvs. etter montering vil duken ikke få mekaniske påkjenninger. Levetid eller funksjonstid av duken vil derfor i prinsipp bli


 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 145

bestemt av dukens tetthet og ikke styrken til duken som er begrensende for brukstiden for T100-hvelvene hvor duken er direkte eksponert mot trafikksiden. Tetthet av duken vil gradvis bli begrenset når PVC-beleggets ikke lenger fungerer som tettesjikt. Det vil da oppstå lekkasjer gjennom duken som vil fukte ned sprøytebetongen. Ved større lekkasjer vil det kunne oppstå dannelse av istapper vinterstid dersom utettheter er samlokalisert med sprekker i betongen. Vurdering av gjenværende brukstid er forbundet med stor usikkerhet uten å kjenne aldringsegenskapene til duken utover det som er kommentert i pkt 3.2.2. Konservativt anslås derfor gjenværende brukstid til 25 år.

- 2) Gjertsen kan ikke bekrefte at duken som er montert i Stongafjelltunnelen er tunnelduk 554, dvs. av samme type som ligger til grunn for typegodkjenningen for T100- hvelvet og som for øvrig er montert i de øvrige opplistede tunnelene. Duken var relativt stiv og det virket som om uttørkning av mykgjørere var mer omfattende enn for dukene i de andre tunnelene med ca. samme alder. Duken var dårlig strammet og får derfor relativt større påkjenninger fra trafikklaster enn tilsvarende duk med god stramming. Vi registrerte også tilfeller der duken var revnet langs rørbuen pga. strekkbrudd. Videre observerte vi brudd i en montasjesveis. Hastigheten i tunnelen er 80 km/t. Ut fra våre vurderinger har duken begrenset gjenværende brukstid, anslagsvis 5-10 år.

Ved innkjøringssonen i nord registrerte vi også at framrørene var helt opprustet på nederste ca 1 m. Dette skyldes sannsynligvis belastninger ved at vegsalt trekkes inn i tunnelen vinterstid. Derved mister duken også fastholdning og klemvirkning mot bakrørene, noe som medfører økt belastning på duken og økt risiko for strekkbrudd.

Det bemerkes også at rørdimensjoner ikke er i samsvar med spesifikasjoner i typegodkjenningen for T100-hvelvet. Her er det montert framrør med mindre diameter og halv godstykkelse i forhold til typegodkjent løsning. Etter vår vurdering anser vi at risiko for brudd i bæresystemet ikke vil være begrensende for dette hvelvets gjenværende brukstid.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		146

3.3 Gjenværende brukstid av hvelv i tunneler med øvrige membran/sprøytebetong- og platehvelv

Vurdering av gjenværende brukstid for disse hvelvtypene bygger også på vurderinger som er beskrevet i kap 3.2 for WG-hvelvene. Andre forhold som er spesifikke for den enkelte hvelvtypen, er kommentert i tillegg for aktuell tunnel.


3.3.1 Ellingsøytunnelen, hvelvtype «Isolon membranhvelv»

I dette hvelvet er det benyttet membran av PE-materiale (LLDPE type GSE UltraFlex). Ved forprøving av ulike aktuelle membranløsninger for Citybanan i Stockholm, ble blant annet denne membranen testet i forhold til krav til 120 års levetid. Testing ble utført av SP Sveriges Provnings- og Forskningsanstalt. De var også ansvarlig for å velge ut adekvate tester for de ulike membranene som ble vurdert. SP's konklusjon var at denne membranen oppfylte krav til levetid på 120 år.

Vurderinger av korrosjonsbeskyttelse av ståldeler som ble drøftet i punkt 3.2 for WG-tunnelhvelv, gjelder i prinsipp også for ståldeler i dette hvelvet. Festebolter og øvrig stålmateriell er varmforsinket med beleggstykkelse min. 50 µm og er i tillegg pulverlakkert med epoksy. Boltene er levert av Ørsta Stål mens det øvrige montasjematerialet er produsert og levert fra utlandet. Vi registrerte betydelig omfang av blæredannelse og også punktvis avskalling av lakkbelegget på bakskivene i den undersjøiske delen av tunnelen hvor hvelvet ble eksponert for saltvann. Avskalling var mest omfattende ut mot kanten av skiven. En medvirkende årsak kan være lakkskader som har oppstått i forbindelse med transport og håndtering for øvrig. Vi er imidlertid også noe usikker på kvaliteten av selve lakkbehandlingen på disse delene ut fra observasjoner ved befaringen samt bilder fra fremstilling av delene.

Stedvis observerte vi rustutslag på skivene hvor lakken var skallet av. Ved varmforsinking av ståldeler vil det dannes et rent sinkbelegg mot overflaten og videre sinkjernforbindelser med økende jerninnhold mot konstruksjonsdelens overflate. Ved gradvis tæring av sinkbelegget vil jernforbindelsen i belegget kunne gi rustfarge på korrosjonsproduktene langt tidligere enn ved korrosjon i selve grunnmaterialet.

Med tiden vil det korrodere hull i disse bakskivene. Dette har ingen betydning for bæreevnen og derved sikkerheten av hvelvet da lastoverføring fra sprøytebetongen og gjennom festeboltene til forankring i berget ivaretas av den innstøpte ståldetaljen (blekkspruten). Hensikten med bakskivene er ved klemvirkning mot tilsvarende framplate, å etablere en tett boltegjennomføring i membranen. Når det over tid vil ruste hull i bakskivene vil vann kunne trenge inn i hulrommet mellom bakskivens krumme del og membranen. Vannet vil da kunne følge boltene og trenge inn i sprøytebetongen som da vil bli nedfuktet. Større lekkasjer påregnes ikke. Oppsummert vil da tunnelhvelvets gjenværende brukstid være bestemt av tiden frem til det er korrodert hull i en vesentlig del av bakskivene samt levetiden for det 80 mm nettarmerte sprøytebetonghvelvet.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 147


Dersom det skulle oppstå lekkasjer i tilknytning til boltegjennomføringer som skaper problem for trafikken, forutsettes det at det iverksettes lokale utbedringstiltak hvor dette evt oppstår.

Med forutsetninger som beskrevet i pkt 3.2.3 vurderer vi at det vil korrodere hull i skivene om ca 15 år. Levetid for og nedbryting av sprøytebetonghvelvet etter at det evt har rustet hull i skivene, vurderes skjønnsmessig og konservativt til å være 25 år. Eksempelvis er brukstiden for sprøytebetonghvelvet i Ekeberg tunnelen vel 20 år. I dette hvelvet har det vært div. mindre lekkasjer i PE-hvelvet som har medført nedfukting av sprøytebetongen samt mindre lekkasjer i lokale områder uten at hvelvets brukstid i disse områdene synes å være nådd. Tilsvarende erfaring har vi fra Oslofjordtunnelen (15 år) der vi vurderer at hvelvet i områder med lokal nedfukting/lekkasjer minst vil ha gjenværende brukstid på 10 år.

For hvelvet vil gjenværende brukstid også kunne bli begrenset av levetid på sprøytebetonghvelvet pga eksponering mot trafikkrommet ved at nedfall fra hvelvet ved endt levetid vil kunne representere en fare for trafikantene. Kritiske faktorer er karbonatisering og kloridinntrengning. Ut fra en visuell vurdering så sprøytebetongen i denne tunnelen ut til å være av høy kvalitet. Det ble ikke tatt prøver av sprøytebetongen for å verifisere karbonatiseringsdybder eller kloridinntrengning. Hvelvet er imidlertid sprøytet ut for ca 4 år siden slik at resultatene vil være av begrenset interesse for vurdering av levetiden som følge av relativ kort eksponeringstid.

Som grunnlag for levetidvurdering av sprøytebetonghvelv i tunneler generelt, vises det til resultater fra utførte målinger i Helltunnelen (1995 og Ekeberg tunnelen (1995) som ble utført i 2011 og som inngår som grunnlag i etatsprogrammet «Varige konstruksjoner», Prosjekt 4, kfr Statens vegvesens rapport Nr.236 /6/. Den delen av hvelvet som vil kunne representere fare for trafikantene ved endt levetid, vil være øvre del av hvelvet over vederlagene. De mest representative målinger fra rapport Nr. 236 vil da være målinger fra Prøvelokasjon 4, i sprøytebetonghvelvet i høyde ca. 4,7 m over ok skulder. Målingene viser karbonatiseringsdybder på ca. 8 mm i Helltunnelen og 18 mm i Ekeberg tunnelen. Målinger av kloridinnhold i sprøytebetongen i dybde 30 – 40 mm var 0,008-0,016 (vekt- % av betong). I forbindelse med pågående rehabiliteringsprosjekt av 10 tunneler i Osloområdet har vi tatt tilsvarende prøver i sprøytebetonghvelvet i Granfosstunnelen (1999) i høyde ca 4 m over skulderen. Disse undersøkelsene viste karbonatiseringsdybder på inntil 5 mm og verdier av kloridinnhold i dybde 30-40 mm i samme størrelsesorden som ble registrert i Ekeberg- og Helltunnelen.

Kritisk kloridinnhold for risiko for korrosjon i betong er 0,07. Mht korrosjon i forhold til karbonatisering gjelder at det vil være risiko for korrosjon ved karbonatiseringsdybde lik armeringsoverdekningen som i Ålesundstunnelene er min 40 mm. Sprøytebetongen i Ålesundstunnelene er av vurdert å være av bedre kvalitet enn sprøytebetongen i de 3 ovennevnte tunneler grunnet nyere og forbedret sprøytebetongresept. Målt karbonatiseringsdybde i Granfoss vurderes å være mer representativ for forventet karbonatiseringsdybder for Ellingsøytunnelen enn målinger fra de to andre tunnelene. Når det gjelder kloridinntrengning, registreres at kloridnivået i nivå 30 – 40 mm i de 3 undersøkte tunnelene er på 1/6 av kritisk kloridinnhold for armeringskorrosjon etter nærmere 15-20 år. Klorider tilføres tunnelene ved at saltholdig snø/vann

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		148

trekkes inn i tunnelene fra tilstøtende dagsoner. Kloridbelastningen er avhengig av omfang av salting, hastighet samt ÅDT.

For Ellingsøytunnelen gjelder at det i dette området er betydelig lavere frostmengde enn referansetunnelene ($F_{10} = 2000 \text{ h}^\circ\text{C}$) samt at trafikkmengden er mindre enn halvparten i forhold de andre tunnelene. I alle tilstøtende dagsoner til tunnelene praktiseres «bar veg» prinsippet, dvs det saltes for å holde vegbanen bar. På dette grunnlaget mener vi det er grunnlag for å si at kloridbelastning i Ellingsøytunnelen er lavere enn i de andre omtalte tunnelene og at levetiden for sprøytebetonghvelvet i Ellingsøytunnelen mht karbonatisering og kloridinntrengning vil være > 50 år.

For Ellingsøytunnelen konkluderer vi ut fra en samlet vurdering av alle forhold at gjenværende brukstid for den undersjøiske delen av hvelvet vil være ca 40 år.


I den oversjøiske delen av tunnelen registrerte vi ikke blæring eller andre tegn til nedbryting av skivene med unntak av lakkavskalling ut mot kanten av skivene som følge av mekanisk påførte skader før montasjetidspunktet. For denne oversjøiske delen av tunnelen vurderer vi gjenværende brukstid å være > 50 år.

3.3.2 Knappetunnelen, hvelvtype «Wapro Vannavskjermingsystem»

I dette hvelvet er vanntettingen ivaretatt ved bruk av 1,2 mm polyesterarmert PVC- membran samt PE-skumskiver (standard bakskiye for montering av PE-hvelvmontasje) mot duken og hvor skiven på bergsiden er forsynt med pakning. Montasjematerialet er varmforsinket med min.50 μm beleggstykkelse og i tillegg er delene pulverlakkert med epoksy. Vurderinger av korrosjonsbeskyttelse av ståldeler som ble drøftet i punkt 3.2 for WG-tunnelhvelv, gjelder i prinsipp også for ståldeler i dette hvelvet. Levetid for disse montasjedelene er vurdert å være > 50 år.

Mht vurdering av levetid for tunnelduk fremstilt av armert PVC, henvises det pkt 3.2.2. Til forskjell fra tunnelduken i WG- T100 hvelvet vil denne membranen ikke bli påkjent av trafikklaster fra tunnelrommet da disse lastene vil bli tatt opp direkte i sprøytebetonghvelvet og videreført via festebolter til forankring i berget. Således vil membranen kun bli eksponert for miljøet i luftrommet mellom hvelv og omkringliggende berg. Temperaturen bak hvelvet har også begrenset variasjon over året. Polymertykkelse som ivaretar tetting har samlet tykkelse og er tilnærmet det dobbelte sammenlignet med tilsvarende verdier for duk 554 og 556. Det samme gjelder polymertykkelsen som beskytter polyesterveven.

Begrensende faktor mht tetthet av membranen er initial vekt-% og type mykgjørere samt tap av mykgjørere for denne membranen over tid. Vi kjenner ikke detaljer vedrørende disse forhold for denne membranen, men ut fra observasjoner av membranen, tidligere erfaringer med membraner i tilsvarende materiale samt materialkunnskap generelt, anslår vi levetiden på membranen å være > 50 år. Membranen tilfredsstillende for øvrig min. krav til plastmaterialer gitt i Hb R510.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 149

I denne hvelvløsningen inngår sprøytebetonghvelv på trafikksiden av membranen.

Gjenværende levetid av dette hvelvet vil kunne begrenses av levetid på sprøytebetonghvelvet i forhold til eksponering mot miljøet på trafikksiden.

Frostmengden er tilnærmert lik i Knappetunnelen og Ellingsøytunnelen, mens trafikkmengden er ca 50 % større. Legges samme grunnlag for vurdering av levetid for sprøytebetonghvelvet til grunn som i Ellingsøytunnelen, anslår vi levetiden for sprøytebetonghvelvet i Knappetunnelen til å ha en levetid på > 45-50 år.


Konklusjonen på disse vurderingene er at vi anslår gjenværende brukstid for WaPro vannavskjermings-hvelvet i Knappetunnelen er ca 40 år.

3.3.3 Væretunnelen, hvelvtype «AluWay isolert platehvelv»

Vanntettingen blir ivaretatt av en armert PVC-membran type Protan 12 TM. Membranen ligger direkte an mot kassetene som spenner mellom bæreprofilene. Membranen påføres derfor kun miljølaster fra luftrommet bak hvelvet. Begrensende faktor mht tetthet av membranen vil være knyttet til innhold og type mykgjørere samt myknertap over tid. Vi har ikke detaljer vedrørende disse forhold for denne membranen, men ut fra observasjoner av membranen i tunnelen, tidligere erfaringer med samme membran samt materialkunnskap generelt, anslår vi levetiden på membranen å være > 50 år. Denne membranen tilfredsstiller for øvrig også min. krav til plastmaterialer gitt i Hb R510.

Hovedbæresystemet for dette hvelvet er buet aluminiumprofil i tverretningen som er festet inn i berget med varmforsinkede og pulverlakkerte bolter. Vi registrerte ingen skader eller nedbrytning av bærende komponenter ved befaringen, kun mekanisk skade på belegget på kammene på noen festebolter. Det bemerkes dog at det var relativt tørt miljø bak hvelvet hvor vi hadde tilgang, noe som kan påvirke tilstanden. Med utgangspunkt i vurderinger av levetid på festebolter for de andre hvelvtypene med tilsvarende korrosjonsbeskyttelse i tilsvarende omgivelser, forventes en levetid på > 50 år på bæresystemet.


Mellom bæreprofilene ivaretas sekundærbæringen i lengderetning av stålkassetter med platetykkelse 1,4 mm. Kassetene er montert på trafikksiden av bæreprofilene. De er i ht opplysninger fra leverandøren korrosjonsbeskyttet med 20 µm sink og lakkbelegg i tykkelse 60 – 80 µm. Vi registrerte omfattende blæredannelse i lakken. I en god del av blærene var lakken sprukket opp og skallet av slik at sinkbelegget var blottlagt. Dette kan muligens være forårsaket av mekanisk påkjenning ved tunnelvask. Antas korrosivitetssklasse C3, dvs. kystområder med lite saltnedfall/lite forurenset by- og industriatmosfære, kan det påregnes en tykkelsesreduksjon på 0,7 – 2,1 µm sink og 25 – 50 µm stål pr år. Med disse antagelsene vil sinkbelegget være tært opp i løpet av 10 – 30 år. Gjennomrusting av kassetene vil inntreffe etter ytterligere ca. 30 år dersom høyeste korrosjonshastighet legges til grunn.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 150

Gjenværende brukstid for dette hvelvet hvor det er montert korrosjonsbeskyttede stålkassetter, vil ut fra vår vurdering være bestemt av kassettenes gjenværende brukstid som igjen er avhengig av at kassetten opprettholder kapasitet i forhold til opptredende laster.

Dersom vi konservativt antar at det ikke kan tillates eller kun aksepteres korrosjon i grunnmaterialet i mindre omfang, anslås gjenværende brukstid for AluWay-hvelvet med korrosjonsbeskyttede stålkassetter å være ca. 20 år.

I to platefelt er det montert kassetter i syrefast kvalitet 1.4404. For AluWay-hvelvet med kassetter i syrefast materiale vil disse kassettenes ikke være begrensende for gjenværende brukstid. Begrensende faktor for gjenværende brukstid vil etter vår vurdering da være begrenset av membranens funksjon som vannsikring. Gjenværende brukstid anslås da å være > 40 år.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 151

4 SAMMENLIGNING AV ULIKE HVELVTYPER MHT BESTANDIGHET OG GJENVÆRENDE BRUKSTID

4.1 Tunnelhvelv WG T100, tunnelduk 554

Av de inspiserte tunnelene, gjelder dette følgende tunneler:

Tunnel	Alder [År]	ÅDT [kjt/d]	ÅDT x År	Tverrsnitt	Hastighet [km/t]	Middel-temp [°C]	Levetid hvelv	Gjenværende brukstid
Frøya	14	1450	20300	T8.5	80	6	40 år	25 år
Bjørøy	18	1300	23400	T8.5	50	7,5	40 år	20 år
Arnanipa	9	12000	108000	T9.5/ T10,5	70	7,5	40 år	30 år
Nattland	11	5600	61600	T9.5	50	7,5	40 år	30 år
Kjøpsvik	21	650	13650	T8	70	3,5	40 år	20 år
Storvikskar	19	1200	22800	T8.5	80	5	40 år	20 år


Tabell 4.1.1 Tunneldata

Med henvisning til oppsummering av registreringer i de enkelte tunnelene samt innhentede opplysninger om de ulike materialene som inngår i dette hvelvet, har vi i kap. 3 konkludert med at det er levetiden av tunnelduken som vil være begrensende for levetiden av tunnelhvelv T100. Gjenværende brukstid gitt i tabellen over er derfor resultat av hvelvets (tunneldukens) vurderte levetid og tunnelens alder.

Ved sammenligning av de ulike hvelvene, vil følgende forhold kunne variere:

- Montasje av hvelvet
- Miljø, korrosjonsbeskyttelse
- Belastning på hvelvkonstruksjonen styrt av hastighet, trafikkmengde og tunnelprofil

Tunnelhvelvet var typegodkjent for ÅDT < 1000.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date	
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		152

Montasje av hvelvet

I alle tunnelene er duken ført ned og strammet/forankret ved oppfylling av skuldermaterialer mot duken. I Storvikskartunnelen er duken beskyttet med betongrekkverk i lengde ca. 20 m inn fra portalåpningene. I Nattlandstunnelen er tunnelduken montert i ht. gjeldende typegodkjente løsning med avslutning av duken mot føringskant med høyde ca. 1 m. For de andre tunnelene hvor duken var forankret og ført ned under skulderarealet, registrerte vi en del fuktgjennomgang/mindre lekkasjer spesielt ved de nederste boltegjennomføringene. Disse er som tidligere nevnt, forårsaket av mekanisk slitasje på duken mellom fram- og bakrør og i tillegg ved endeavslutninger av rørbuene. Vi anser ikke at gjenværende brukstid i praksis blir redusert som følge av fuktgjennomgang/mindre lekkasjer. Som vannsikringskonstruksjon er imidlertid kvaliteten på løsningen i Nattlandstunnelen forbedret. Her observerte vi ikke tilsvarende lekkasjer/fuktgjennomgang.


Miljø, korrosjonsbeskyttelse

I de undersjøiske tunnelene Frøya og Bjørøy er bakrør og festebolter i tillegg til varmforsinking, også korrosjonsbeskyttet ved påføring av epoksy-lakk. Ut fra våre observasjoner i tunnelene samt tilleggsvurderinger, ref. pkt 3.2.3, vil dette tiltaket kompensere for at bakrør og festebolter i disse tunnelene er montert i et miljø med høyere korrosivitetsklasse enn miljøet som montasjedeler eksponeres for i oversjøiske tunneler hvor de kun er korrosjonsbeskyttet ved varmforsinking. Lakkbelegget var til tross for blæring tilsynelatende intakt, dvs uten sprekker. Ved måling av sinkbelegget i blærene kunne vi ikke registrere reduksjon av tykkelsen i forhold til prosjektert tykkelse. Vi registrerte for øvrig generelt svært liten eller ingen tæring på sinkbelegget på ståldelene på baksiden av hvelvet i de oversjøiske tunnelene. For hvelvene i de undersjøiske tunnelene må det imidlertid påregnes at tæring av sinkbelegget her vil inntreffe når evt. lakkbelegget skaller av. Totalt sett vil bakrør og festebolter forventes å ha kortere levetid i de undersjøiske tunnelene enn i de oversjøiske, men uansett etter vår vurdering vil gjenværende levetid være lenger enn anslått for tunnelduken.

Miljøet bak hvelvet vil også være avhengig av ulike stedlige forhold mht geologi, utfelling av mineraler m.m. som vil kunne påvirke levetiden på bakrør, festebolter samt tunnelduk. Ved befaringene identifiserte vi ikke slike forhold ved enkelttunneler som vi direkte kan si vil påvirke generelle levetid og således gjenværende brukstid for enkelttunneler.

Belastning på hvelvkonstruksjonen, tunnelduk

Vekslende lastvirkning og spesielt tungtrafikk er dominerende lastvirkning på hvelvkonstruksjonen. Lastene blir direkte påført tunnelduken, deretter overført som membrankrefter (strek) til rørbuene hvor de videre overføres til festeboltene og inn til forankring i berget.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 153

Trykk- og sugkrefter på duken vil være bestemt av hastigheten i tunnelen hvor last fra tunge kjøretøy vil være dominerende påvirkningsfaktor. Lastnivå vil også bli påvirket av tunneltverrsnittet og profilet forhold til kjøreprofil. Antall lastvekslinger som igjen gir utmattingsseffekt og evt slitasje, er bestemt av ÅDT x tunnelens alder.


Tunnelhvelvet var typegodkjent for ÅDT < 1000 og var antatt å ha levetid på 50 år. Dette tilsvarer i prinsipp en «total trafikkbelastning» uttrykt ved ÅDT x år på 50000. Av tabell 4.1.1 fremgår det at Nattland- og spesielt Arnanipatunnelen, har overskredet forutsatt total trafikkbelastning. Det bemerkes at skiltet hastighet i Nattlandstunnelen er 50 km/t og at tungtrafikkandelen sannsynligvis er lav. I Arnanipatunnelen er skiltet hastighet 70 km/t. Tunnelprofilen i denne tunnelen er tilpasset stedlige forhold. Tunnelhvelvet er montert med tverrsnitt T9,5 - 10,5 hvilket er noe større enn det som er normalt for tunnelklassen T8,5 som hvelvet i prinsippet er typegodkjent for. Større tverrsnitt vil gi mindre last på konstruksjonen ved økende avstand mellom kjøreprofil og hvelvet.

I Frøyatunnelen og i Kjøpsvik-tunnelen registrerte vi brudd i festebolter ved overgang til berget. For Frøyatunnelen fikk vi opplyst av driftsentreprenøren at Mesta det totalt sett var inntruffet brudd i ca 20-25 bolter. I Kjøpsvik registrerte vi 1 stk tilsvarende brudd. Ved bruddstedene registrerte vi også betydelig lokal korrosjon på boltene. Det er grunn til å tro at bruddene i første rekke skyldes lokal korrosjon, men at utmattingsseffekt også kan ha bidratt. Total trafikkbelastning i Kjøpsvik-tunnelen er minst og vesentlig lavere enn for de andre tunnelene. Dette underbygger at korrosjon er medvirkende årsak. De relativt mange bruddene i Frøyatunnelen kan underbygge at også utmattingsseffekt kan ha betydning (4 brudd pr km). Frøyatunnelen har høy tungtrafikkandel fra laksetransport som kan ha hatt betydning. Til sammenligning er det ikke registrert brudd i festebolter i Storvikskar-tunnelen som har tilsvarende total trafikkbelastning som i Frøyatunnelen og samme skiltet hastighet 80 km/t.

Det forventes at antall brudd i festebolter i Frøyatunnelen vil øke med tiden. Antallet utgjør og vil utgjøre et marginalt antall bolter i forhold til totalt installerte festebolter. Denne skadetypen vil vi således ikke karakterisere som begrensning for angivelse av hvelvets gjenværende levetid. Det understrekes imidlertid at det er viktig at slike skader utbedres i det løpende vedlikeholdet for å unngå evt. videre bruddutvikling pga. større belastning på tilstøtende bolter.

Tunneldukens levetid vil være avhengig av tetthet og rivestyrke. Som tidligere nevnt vil tetthet av duken være bestemt av gjenværende andel (vekt) av mykgjørere i polymeren. Tap av mykgjørere er en kontinuerlig pågående prosess hvor duken tørker ut og blir gradvis stivere. Middelttemperaturen er tilnærmet lik i kommunene for alle tunnelene, dvs. temperaturbetingelser mht. tap av mykgjørere vil være tilnærmet like.

Som forventet registrerte vi ved visuelle observasjoner og subjektiv vurdering at stivhet av duken i de besøkte tunnelene, relativt sett, økte med tunnelens alder. Uavhengig av dette fant vi ikke grunnlag for å skille på levetid og derved også gjenværende brukstid mht. tetthet av tunnelduken i de inspiserte tunnelene. Tilsvarende gjelder mht. dukenes styrkeegenskaper. For nærmere vurdering av disse egenskapene må det utføres tester av strekk- og rivestyrke på dukprøver fra de enkelte tunnelene.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		154

I tunnelene har vi registrert områder med sorte prikker samt stedvis misfarging av duken i tillegg til lokale rynker og buklinger av duken. Våre registreringer gir ikke grunnlag for å konkludere med at disse forhold har innvirkning på tunneldukens levetid i de inspiserte tunnelene.

Konklusjonen blir da at gjenværende brukstid for den enkelte av disse tunnelene bestemmes av tunnelhvelvets antatte generelle levetid 40 år, samt tunnelens alder fra etablering av hvelvet. Vi fant ingen spesielle stedlige forhold ved de inspiserte tunnelene som etter vår vurdering vil påvirke levetiden og derved gjenværende brukstid for den enkelte tunnel.

4.2 Tunnelhvelv WG T100, tunnelduk 556

Av de inspiserte tunnelene gjelder dette følgende tunneler:

Tunnel	Alder [År]	ÅDT [kjt/d]	ÅDT x År	Tverr. snitt	Hastighet	Middel-temp °C	Levetid hvelv	Gjenværende brukstid
Troldhaug sydg. løp	8	18400	147000	T9.5	80	7,5	30 år	20 år
Arnanipa	9	12000	108000	T9.5/ T10,5	70	7,5	30 år	20 år
Sædal	8	5000	40000	T9.5	50	7,5	30 år	20 år


Tabell 4.2.1 Tunneldata

Alle dukhvelvene er montert i omtrent samme tidsrom, dvs. de har tilnærmet samme alder. Observerte stedlige forhold ga ikke grunnlag for å skille miljøet bak hvelvene i disse tunnelene. Trafikkmengde og hastighet er størst i Troldhaugtunnelen, se tabell 4.2.1.

Som for tunneler hvor det er montert duk 554, har vi også for tunneler med duk 556 tidligere konkludert med at det er levetiden av tunnelduken som vil være begrensende for levetiden av tunnelhvelv T100. Gjenværende brukstid gitt i tabellen over er derfor resultat av hvelvets vurderte levetid og tunnelens alder.

Ved sammenligning av de ulike hvelvene, gjelder samme forhold som er listet opp i pkt. 4.1 for hvelv med duk 554.

Tunnelhvelvet er typegodkjent for ÅDT < 2500.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 155

Montasje av hvelvet, tunnelduk

Tunnelhvelvet er montert noe ulikt i disse tunnelene. I Troldhaugtunnelen er det montert et prøvefelt i hele profilet med lengde 12 m ca 50 m innenfor den nordre portalen. I tillegg er det montert tunnelduk i kombinasjon med veggelementer i en havarinisje ca 200 inn fra nordre portal.

I Sædalstunnelen er tunnelduken montert i ht. gjeldende typegodkjente løsning, dvs. kombinert med nedre føringskant i betong med høyde 1 m.

I Arnanipatunnelen og i prøvefeltet i Troldhaugtunnelen er tunnelduken montert i hele tverrsnittet og ført ned og strammet/forankret ved oppfylling av skuldermaterialer mot duken.

Hvor tunnelduken er ført ned og er forankret i oppfylling for skulderen, registrerte vi som i de andre tunnelene med dette hvelvet, lekkasjer i tilknytning til boltegjennomføringer i membranen og da spesielt i nedre del av veggene. Tilsvarende skader registrerte vi imidlertid ikke hvor tunnelduken var avsluttet mot veggelementene i Troldhaugtunnelen og mot føringskanten i Sædalstunnelen. Som for tunnelduk 554 anser vi ikke at gjenværende brukstid i praksis blir redusert som følge av fuktgjennomgang/mindre lekkasjer ved de nederste boltegjennomføringene. Som vannsikringskonstruksjon er imidlertid kvaliteten på løsningen forbedret hvor duken var avsluttet ved overkant veggelement/mot føringskant i henholdsvis Troldhaug- og Sædalstunnelen.


I Arnanipa og Sædalstunnelen registrerte vi mørke partier som fremkom ved gjennomlysning av duken. Disse områdene var sammenfallende med brettekanter i duken fra produksjon-, lagring og transportfasene. De mørke partiene var ikke synlige verken på fram- eller baksiden uten gjennomlysning av dukmaterialet. Dette tyder på at det har vært fukt lekkasje gjennom polymerbelegget i brettene slik at polyesterveven lokalt er blitt nedfuktet. Dette underbygges også ved at vi observerte sprekker i polymerbelegget i brettekanter i et reparasjonsfelt i Kjøpsvik tunnelen der det var benyttet duk 556. Vi registrerte ikke tilsvarende fenomen i Troldhaugtunnelen, men i denne tunnelen fikk vi heller ikke gjennomlyst dukmaterialet på tilsvarende måte pga manglende adkomst på baksiden av duken.

Ved gjennomlysning av duken i Sædalstunnelen, observerte vi i tillegg også stedvis hvite små punkter i duken. Dette skyldtes at polymerbelegget ikke var homogent og at polyesterveven derved ikke var forseglest.

I Arnanipa og Sædalstunnelen registrerte vi også stedvis, mørke dråpeformede avleiringer i duken som ikke lot seg fjerne. Dette fenomenet ble ikke registrert i noen av tunnelene hvor det var montert tunnelduk type 554. Tilsvarende misfarging ble ikke observert i Troldhaugtunnelen.

Når det gjelder levetid av denne duken, har vi ikke grunnlag for å konkludere med at bestandigheten og derved gjenværende brukstid vil være forskjellig for disse tunnelene.

Vi registrerte fuktinntrengning i polyesterveven pga manglende tetthet sprekker i polymerbelegget i denne duktypen. Vi er usikre på om oppfukning av polyesterveven har innvirkning på dette materialet over tid og derved styrkeegenskaper som er bestemmende for dukens levetid.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 156

Konservativt har vi derfor ut fra valgte observasjoner valgt å redusere denne dukens levetid til 30 år. Gjenværende brukstid estimeres da til ca 20 år.

4.3 Sammenligning av tunnelhvelv WG T100 med tunnelduk 554 og tunnelduk 556

Det som skiller disse tunnelhvelvene er type tunnelduk. Duk 556 er en modifisert utgave av duk 554 som også tilfredsstiller de krav som er satt i ISO 9705-1993 til røykproduksjon og flammespredning ved brann. Øvrige kvaliteter skal være de samme som for duk 554.

Polyesterveven er den samme, dvs modifikasjonen ligger i polymeren. Total duktykkelse for duk 554 er ca 0,7 mm og for duk 556 er tykkelsen tilsvarende ca. 0,6 mm. Ved bruk av samme polyestervev med tykkelse ca 0,3 mm betyr dette at tykkelse av polymersjiktet på hver side av polyesterveven for henholdsvis duktype 554 og 556 er 0,2 og 0,15 mm.


Tetthet av dukene ivaretas av polymerbelegget. Som tidligere nevnt vil mykgjørere generelt diffundere over tid i PVC-materialer. Diffusjon av mykgjørere er knyttet til overflaten av polymeren, materialtykkelsen har liten betydning. Tap av mykgjørere vil i hovedsak være avhengig av hvilke(n) type mykgjørere(e) som er benyttet i polymeren,

Vi kjenner ikke materialsammensetning av 556 duken i forhold til duktype 554, men forutsatt samme %-vise innhold og type mykgjørere, har duk 556 dårligere forutsetninger for å opprettholde tetthet av duken over tid enn tunnelduk 554. For duktype 556, vil samme mengdetap av mykgjørere utgjøre en relativt større andel av total mengde mykgjørere i duken da total polymermengden i denne duken er mindre pga. mindre tykkelse på polymersjiktet.

Uavhengig av dette har vi registrert oppsprekking av duk 556 i bretter i duken før den er montert som har resultert i at polyesterveven lokalt er blitt fuktet ned. Sprekker i polymeren i brettekanter kan tyde på at mengde mykgjørere er lavere eller er av dårligere kvalitet i 556-duken enn i 554-duken der vi ikke har registrert tilsvarende sprekke dannelse. Det nevnes også at etter langtidstesting av en PVC-geomembran som er benyttet i et spansk vannreservoir (Laguna de Barlovente) /5, konkluderes det med at identifisering av sprekker i materialet ved utførelse av brettetest er den mest relevante testen for å identifisere nedbrytningsprosessen i dette materialet. Denne testen identifiserer nedbrytning av geomembranen før svekkelse identifiseres ved andre relevante tester for geomembraner.

Polymersjiktet på 556-duken er tynnere og sprøere enn i 554- duken. Etter relativt kort tid er polyesterveven lokalt blitt fuktig. Videre har vi observert hulrom i polymerbelegget som viser at polyesterveven ikke er fullstendig forseglett/mettet. Manglende tetthet har imidlertid ikke så langt forringet tettheten av duken i forhold til funksjon som vannsikring.

Polyester er generelt et stabilt materiale. Om oppfukning og fryse-/ tinesykluser over tid har innvirkning på vevens styrkeegenskaper, eller om styrken gradvis svekkes over tid ved vekslende belastninger, har vi ikke direkte kunnskap om. I forhold til tillatt årssdøgntrafikk som er lagt til grunn for typegodkjenningen, har imidlertid tunnelduken i Trolldhaugtunnelen allerede blitt påført et

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		157

totalt antall lastvekslinger som nesten tilsvarer 60 års trafikkbelastning. Denne «akselererte» testen tar imidlertid ikke høyde for at dukens styrkeegenskaper evt. ikke svekkes over tid.

For levetid for tunnelhvelv med duk 556, og derved grunnlag for å anslå gjenværende brukstid for tunnelene med denne tunnelduken, har vi pga usikkerheter som er drøftet over, valgt å anslå levetiden til 30 år i motsetning til anslått levetid 40 år for tunnelduk 554.

4.4 Sammenligning av «Isolon membranhvelv» med «WaPro vannavskjermingssystem»


Isolon- hvelvet er montert i Ellingsøytunnelen som er en undersjøisk tunnel hvor områdene ut mot portalene er i ferskvannssonen. Knappetunnelen er en oversjøisk tunnel med unntak av en kort strekning der tunnelen krysser under Nordåsstraumen med bergoverdekning 13 -15 m.

Vi registrerte ikke denne strekningen på befaringen slik at sammenligning mellom hvelvtypene gjøres på bakgrunn av observasjoner i tunnelene i ferskvannssonene. Hvelvet i Ellingsøytunnelen ble montert i 2008-2009. Knappetunnelen ble åpnet i sept. 2010. Hvelvet ble ferdigstilt i god tid før dette, dvs de inspiserte hvelvene har tilnærmet samme alder.

Tetthet av begge hvelvene er ivaretatt ved en membran som er montert med tett boltemønster 1,2 x 1,2 m. For begge hvelvene er tett boltegjennomføring i membranen ivaretatt ved klemvirkning mellom metallskiver på hver side av membranene i tillegg til pakning mellom skivene og membranen. Lekkasje langs gjengepartiet på bolten er for Isolon-hvelvet løst ved at det er påsveist en skjøtehylse på bakskiven som skrur inn på bergbolten. Hylsen har ikke gjennomgående gjenger som da hindrer vannet i å følge gjengene til framsiden av membranen. For WaPro-hvelvet er dette ivaretatt ved bruk av egen pakning i bakskiven som klemmes inn i gjengepartiet ved tiltrekking av framskiven mot membranen. Vi registrerte ikke lekkasjer i forbindelse med festebolter i noen av hvelvene.

I begge tunnelene er det benyttet ø 16 mm kamstålbolter som er varmforsinket min 50 µm og som i tillegg er pulverlakkert med epoksy. Øvrig stålmateriell har for begge tunnelene samme korrosjonsbeskyttelse som festeboltene. Vi registrerte ikke skader eller korrosjon på festeboltene i tunnelene utover noe lokal korrosjon på kammer og ribber på festeboltene som skyldtes mekaniske skader fra montasjefasen. Det bemerkes at miljøet i de inspiserte områdene i Knappetunnelen var relativt tørt i motsetning til i Ellingsøytunnelen der det var relativt fuktig og større omfang av innlekkasjer. Uavhengig av dette, forutsatt samme korrosjonsbeskyttelse av ståldelene, kan det i utgangspunktet forventes levetid på > 50 år på festeboltene i begge tunnelene.

I den undersjøiske delen av Ellingsøytunnelen registrerte vi imidlertid blæring på lakkbelegget på bakskivene. Stedvis var lakken også skallet av. Dette gjaldt spesielt ut mot kanten på ytre del av skivene, men også på den krumme delen av skiven. Avskalling av lakk langs kanten av skivene er sannsynligvis forårsaket av skader på lakkbelegget i transport og montasjefasen. Vi er kjent med at bakskivene med påsveist hylse samt framplater er produsert i Kina. Om dette har hatt innvirkning på kvalitet og tykkelse av behandlingen har vi imidlertid ikke grunnlag for å si noe om. Det er grunn til å forutsette at skivene i ferskvannssonen i Ellingsøytunnelen er av tilsvarende kvalitet som

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 158


skivene i den undersjøiske delen av tunnelen. Med foreskrevet overflatebehandling burde det ikke ha oppstått skader på bakskivene som vi observerte etter 4 år i den undersjøiske delen av tunnelen. Dette gir grunnlag for å konkludere med at bakskivene i ferskvannsonen i Ellingsøytunnelen vil ha kortere gjenværende brukstid enn tilsvarende skiver i Knappetunnelen. Med samme kvalitet på utførelse av korrosjonsbeskyttelsen for materiellet i begge tunnelene, er det ikke grunnlag for å si at skivene som er benyttet i Isolohvelvet vil ha kortere gjenværende brukstid dersom det også forutsettes at materiellet og korrosjonsbeskyttelsen ikke er skadet ved montering i tunnelen.

Som membran er det i WaPro- hvelvet benyttet en PVC- membran med tykkelse 1,1 mm hvor type, kvalitet og innhold av mykgjørere vil være bestemmende for gjenværende brukstid av membranen. Vi kjenner ikke til fabrikat og materialsammensetningen i den membranen som er benyttet i Knappetunnelen. Det er opplyst fra Enreco at membranen tilfredsstillende gitte minimumskrav til plastmembraner gitt i Håndbok R510. I utgangspunktet skal membranen ha en forventet levetid på > 50 år. Skjøting av membranen er utført med en prefabrikkert låsløsning (ziplock-prinsippet) der delløsningene med not og fjær er sveiset til hver av sidekantene på membranbredden. Låsen er luft- og gasstett etter leverandørens opplysninger. Materialsammensetning i denne låsanordningen er ikke kjent. Løsningen virket robust. Materialet inngår i den typegodkjente løsningen og forutsettes også å tilfredsstillende gitte krav til plastmembraner i tunnel. Løsningen vil i så fall ikke begrense levetiden og gjenværende brukstid for den heldekkende membranen.

I Isolohvelvet i Ellingsøytunnelen er det benyttet en LLDPE- membran med tykkelse 1,5 mm. Som nevnt i kap. 4 er det utført relevante tester ved SP av denne duken som sannsynliggjør at duken vil ha en levetid på 120 år. Testene ble utført i forbindelse med Citybanan i Stockholm. Skjøting av denne membranen er utført med dobbel sveis (Leister Twinny) hvor tetthet av sveisen er testet ved trykkprøving etter utførelse. Ved denne metoden varmes polymeren og presses sammen slik at sammenføyningen blir homogen sammenføyning av grunnmaterialet. Med denne utførelsen antas det at sveisen ikke reduserer levetid på membranen som helhet.

Membranen er i begge hvelvtyper brannbeskyttet med 80 mm nettarmert sprøytebetong. Laster fra sprøytebetonghvelvet overføres til festeboltene og videre inn i berget ved hjelp av samme type stålbeslag (blekksprut). Denne løsningen er således likeverdig for begge hvelvtyper mht bestandighet og gjenværende brukstid forutsatt tilnærmet samme utførelse. Vi registrerte ingen skader i noen av tunnelene på sprøytebetonghvelvet som generelt kunne indikere dårlig eller forskjell i utførelse.

Ut fra material- og aldringsegenskaper for henholdsvis PVC- og PE-membraner, er det sannsynlig av PE-membranen vil ha lengre levetid enn PVC-membranen. Forutsatt samme utførelse og kvalitet på festematerialet, mener vi at Isolohvelvet vil ha lengre levetid enn WaPro-vannavskjermingsystemet der vi anser at dukens levetid er begrensende faktor for hvelvets gjenværende brukstid.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no	Dok.nr./Doc.no	Rev.
	11378	11378-1	0
	Prosjekt/Project	Dato/Date	Rev.dato/Date
11378	10.11.2016		
Tittel / Title	Utført/Prep.By	Rev. av/Rev by	Side/Page
Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	CHR/TAØ		159

5 DISKUSJONSDDEL, EVALUERING AV GJENNOMFØRTE BEFARINGER

Christian Rønneberg (AAJ) deltok på samtlige befaringer. Med unntak av befaringen i Ellingsøy-tunnelen, deltok Trond A. Østmoen (AAJ) på befaringene av de andre tunnelene. Dette ga godt grunnlag for enhetlig gjennomføring, registreringer av befaringene samt etterfølgende vurderinger ved utarbeidelse av rapporten.

Alle hvelvkonstruksjonene ble inspisert både fra trafikkrommet og på bergsiden av konstruksjonen i den grad dette var mulig. Ved den enkelte befaringen ble vurdering av hvelvene utført ved visuelle observasjoner. I den grad det var nødvendig å demontere/løsne enkeltdeleer på konstruksjonen for å avdekke evt. skader og skadeårsaker, ble dette gjennomført.

I tillegg til visuelle observasjoner, ble gjenværende beleggstykkelse av korrosjonsbeskyttelse målt med «Elkometer».

Alle tilgjengelige konstruksjonsdeler ble inspisert ned til minste detaljnivå (skruer, muttere, skiver pakninger mm).

I forkant av befaringene forespurte vi byggeleder for driftskontraktene om det var spesielle skader eller forhold ved tunnelene som de hadde observert som var av betydning for vår vurdering av hvelvene mht. tilstand og gjenværende brukstid. Med unntak av Frøyatunnelen, fikk vi ingen opplysninger fra driftsansvarlige om svakheter ved de enkelte tunnelhvelvene.

5.1 Supplerende kommentarer til gjennomføringer av befaringene av de enkelte tunnelene

Hvor annet ikke er kommentert, vurderes de utførte observasjonene å være representative for hele tunnelen, inkl. for henholdsvis undersjøisk og oversjøisk del av tunnelen.


5.1.1 Tunnelhvelv WG T100 og T200

Frøyatunnelen

Hvelvet ble inspisert på begge sider av duken med adkomst via luker i duken (glidelåsløsning). Konstruksjonen ble inspisert både i ferskvannssonen opp mot portalene. Sted for inspeksjon ble anvist av en representant for driftsentrepreneur som gjennom vedlikeholdsansvar for tunnelen over mange år, hadde god kjennskap til hvelvets tilstand.

Bjørøytunnelen

Tunnelen ble inspisert på begge sider av duken i hele lengden fra Bjørøysiden og ned til lavbrekket. Fra lavbrekket og opp mot portalen på fastlandet ble inspeksjonen utført på stikkprøvebasis. Observasjoner for første del av tunnelen var sammenfallende og representative også for hele tunnelen. Adkomst via luker i duken med avstand ca 200 m.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 160

Arnanipatunnelen

Hvelvet var montert feltvis. Alle hvelvene ble inspisert på begge sider med adkomst via luker. For felt med 556-duk registrerte vi dråpeformede misfarginger på duken i vederlaget. Pga. stedlige forhold fikk vi ikke undersøkt disse områdene. Samme type misfarging observerte vi senere på samme duktype i Sædalstunnelen hvor årsak antas å ha vært sammenfallende. Der fikk vi tilgang for å undersøke dette nærmere.

Troldhaugtunnelen

Alle felt med duk ble inspisert fra trafikksiden. Prøvefeltet med lengde ca 12 m fikk vi ikke inspisert fra baksiden av hvelvet pga manglende adkomst. Observasjoner fra baksiden av hvelvet i de to andre feltene der duken var montert i kombinasjon med veggelementer i to havarinisjer, er etter vår mening representative også for baksiden av hvelvet som var montert i prøvefeltet.

Nattland- og Sædalstunnelen

Begge tunnelene ble inspisert i hele lengden og på begge sider med adkomst via luker i duken.

Stongaffelltunnelen

Tunnelduken er her montert feltvis. Det var ikke direkte tilkomst til baksiden av hvelvene i noen av feltene. På et sted var det et hull i duken hvor vi fikk tatt bilde av tilstanden.

I denne tunnelen var det montert WG-hvelv som avviker fra den typegodkjente utførelse. Duktype og rørbuer er ikke i henhold til materiellet som inngår i den typegodkjente løsningen. For vurdering av generell levetid av WG T100 hvelvet, mener vi derfor at observasjonene i Stongaffelltunnelen har begrenset interesse.

Kjøpsvikttunnelen

Kledningen er montert feltvis i våte partier i tunnelen. Alle felt ble inspisert på begge sider av vegbanen og begge sider av duken md adkomst via luker i duken.


Storvikskartunnelen

Feltvis montert duk i våte partier. Det ble gjennomført en detaljert inspeksjon av hvelvet i totalt 10 av feltene fordelt på hver side over hele tunnellengden. Observasjonene var sammenfallende i alle inspiserter felt.

5.1.2 Isolon membranhvelv

Ellingsøytunnelen og Valderøytunnelen

Som tidligere nevnt fikk vi kun tilkomst for inspeksjon av hvelvet i Ellingsøytunnelen. Hvelvet i begge tunnelene er etablert i samme kontrakt, på samme tidspunkt og med samme metode, materiell og utførelse. Begge tunnelene er undersjøiske med bratte stigninger mot lavbrekkene som ligg på omtrent samme dybde.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 161

Driftsansvarlig representant for SVV hadde ingen opplysninger om skader eller mangler ved hvelvene i tunnelene. Begge tunnelene ble inspisert ved sakte gjennomkjøring uten registreringer av skader eller spesielle forhold. I Ellingsøytunnelen ble strekningen fra portalen mot Ålesund og ned til lavbrekket også inspisert til fots.

Den undersjøiske delen av Ellingsøytunnelen fikk vi inspisert via to adkomstluker som var lokalisert ca i lavbrekket i tunnelen, en på hver side med innbyrdes avstand ca 130 m. Begge steder ble hvelvet inspisert i lengde ca 100 m til hver side av lukene. Observasjonene var ensartede og sammenfallende ved begge lokasjonene. Det er derfor grunn til å anta at disse observasjonene også er representative for resterende del av tunnelen.

For inspeksjon av hvelvet på bergsiden i den oversjøiske delen av tunnelen, var det kun tilkomst via en luke som var montert ca 150 m innenfor portalen på Ålesundssiden. Sammenfallende observasjonene ble her gjort over en lengde på ca 80 – 100m. For tilstandsvurdering av denne kledningen på bergsiden av hvelvet, er det derfor grunn til å anta at disse observasjonene også er representative for resterende del av tunnelen.


Etter 5 år antok vi at overflatebehandlingen på montasjedelene var intakt og at den var utført i ht. typegodkjenningen. Ved befaringen registrerte vi imidlertid blæring og delvis avskalling av lakkbelegget. Dette var ikke forventet. Beklageligvis hadde vi ikke tilgang på befaringen til måleinstrument for kontroll av beleggstykkelse på lakk- og sinkbelegget. Oppnådd tykkelse av sinkbelegg ved varmforsinking er i vesentlig grad bestemt av godstykkelsen på gjenstanden som behandles. For vurdering av gjenværende brukstid har vi derfor lagt til grunn at sinktykkelsen er i ht. typegodkjent løsning, dvs 50 µm.

5.1.3 WaPro vannavskjermingsystem

Knappetunnelen

Begge tunnellopene ble befart ved sakte gjennomkjøring med bil. Inspeksjon bak hvelvet ble gjennomført som stikkprøvekontroll ved stans i to havarinisjer der vi fikk adkomst til baksiden av hvelvet via luke i nødstasjonen i nisjene. Inntrykkene fra de inspiserte områdene bak hvelvet var ensartede for begge lokasjoner.

Det begrensede området under Nordåsstraumen ble ikke inspisert på baksiden av hvelvet. Fra visuell vurdering av kvaliteten på montasjedelene og materialene for øvrig samt at hvelvet ble montert så sent som i 2009, anser vi at observasjoner bak hvelvet ved de to inspiserte lokalitetene også er representative for tilstanden på baksiden av hvelvet også i den begrensede undersjøiske delen av tunnelen.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 162

5.1.4 AluWay isolert platehvelv

Væretunnelen

Prøvefeltet med lengde 50 m ble inspisert fra trafikksiden ved bruk av lift. Det ble gjennomført detaljert inspeksjon i 3 områder der også dekkbeslag ble demontert for å kunne kontrollere tilstand av underliggende komponenter.

Baksiden av hvelvet ble inspisert med adkomst fra den ene luken som var etablert innenfor prøvefeltet. Membranen ble fjernet lokalt for å kontrollere tilstand av baksiden av kassetene

5.2 Relevans av metoder for vurdering av tilstand

Vurdering av tilstand er basert på visuelle observasjoner og ikke-destruktive metoder som ved gjennomføring av befaringer, har vært kontrollmåling av gjenværende korrosjonsbeskyttelse på ståldeler som inngår i de ulike kledningene.

Disse observasjonene og registreringene har generelt gitt et godt sammenligningsgrunnlag for vurdering av tilstand, gjenværende brukstid for hvelvet i den enkelte tunnel og levetiden for hver hvelvtype.


Spesielt for vurdering av tilstand av ulike PVC-membraner er benyttet som vannsikring og for WG T100, hvor styrken av duken også er bestemmende for gjenværende brukstid, gir kun en visuell observasjon og det å ta på duken, ikke tilstrekkelig grunnlag for å kunne vurdere aldring og gjenværende brukstid mht tetthet og styrke. Kvaliteten og levetid på PVC-materialer vil generelt være bestemt av type og mengde av mykgjørere som er benyttet ved fremstilling av duken eller membranen. Rivestyrke for armert duk/membran som inngår i disse hvelvene, er bestemt av armeringen (polyestervev) og evt. styrkereduksjon av dette materialet over tid.

Ved kjennskap til type og mengde mykgjørere som er benyttet ved framstilling av duken/membranen samt prøvetaking av duk-og membranmaterialet fra den enkelte tunnel, ville dette kunne gi et betydelig bedre grunnlag for å stipulere dukens/membranens gjenværende egenskaper mht. å ivareta tetthet av duken/membranen.

For WG 100-hvelvet hvor duken i tillegg til å ivareta tetting også skal oppta og overføre trafikkklaster til rørbuene, vil dokumentasjon av gjenværende rivestyrke være vesentlig for med større sikkerhet å kunne angi levetid mht. dukens styrkeegenskaper.


I forhold til tillatt årsgogntrafikk som er lagt til grunn for typegodkjenningen av 556-duken, har tunnelduken i Trolldhaugtunnelen allerede blitt påført et totalt antall lastvekslinger som nesten tilsvarer 60 års trafikkbelastning. Denne «akselererte» testen tar imidlertid ikke høyde for at dukens styrkeegenskaper evt. ikke svekkes over tid.

Testing og vurdering av egenskaper mht. vanntetting og styrke, må utføres og analyseres av prøvningsanstalter med kompetanse på dette materialområdet.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 163

For mange hvelvtyper inngår stålkomponenter som er korrosjonsbeskyttet ved varmforsinking og i tillegg er pulverlakkert med epoksy. For flere hvelvtyper registrerte vi osmotisk blæring i lakkbelegget. På bakrørene på WG-hvelvene var blærene opptil flere cm i størrelse. Generelt var de vannfylte. Vi målte gjenværende tykkelse av sinkbelegget med «Elkometer». Tilsynelatende registrerte vi liten eller ingen tæring på sinkbelegget. Disse målingene kan imidlertid være beheftet med feil pga. korrosjonsprodukter og evt skitt på overflaten. For å verifisere at det ikke har vært eller at tæring av sinkbelegget er begrenset, vil vi anbefale at det tas ut prøvestykker av bakrør der tykkelse av sinkbelegget bestemmes ved mer nøyaktige metoder. I tilfelle dette gjennomføres, bør det tas prøver både i oversjøisk og undersjøisk del av Frøya- og Bjørøytunnelen.

Videre har vi registrert brudd i flere festebolter for WG T100 hvelvet ved overgang til innfesting i berget. Årsak til disse bruddene er lokal korrosjon som har ført til betydelig tverrsnittsreduksjon. Mange av festeboltene er montert med retningsavvik ved innfesting i berget. Ved etterfølgende montering av bakrørene er mange av disse boltene bøyd. Ved vekslende trafikkbelastning vil disse boltene også bli påført laster som kan gi utmattingsseffekt. Ved analyse av boltene kan det mulig årsak til bruddene kunne bestemmes ut fra materialstruktur i bruddflatene. Dette forutsetter relativt «ferske» bruddflater.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 164

6 OPPSUMMERING

På oppdrag fra Statens vegvesen Vegdirektoratet har Aas-Jakobsen gjennomført befaringer for kartlegging av tilstand og tilstandsutvikling av ulike vann- og frostsikringshvelv i 12 tunneler.

Befaringene ble utført i perioden oktober – november 2013. Kartlegging omfattet følgende typegodkjente vann- og frostsikringshvelv:

- WG tunnelhvelv T100 med duktyper 554 og 556
- WG tunnelhvelv T200 med duktype 556
- Isolon membranhvelv
- WaPro Vannavskjermingssystem
- AluWay isolert platehvelv


Innledningsvis i rapporten beskrives de ulike vann- og frostsikringsløsningene i detalj inkl. beskrivelse av alle materialer og konstruksjonsdeler som inngår i hvelvene. Beskrivelsene er supplert med tegninger, figurer og bilder. I tillegg beskrives monteringsprosedyre for hver enkelt hvelvtype.

Tunnelhvelvene ble vurdert fra trafikkrommet og fra baksiden av hvelvene hvor dette var mulig. Alle tilgjengelige konstruksjonsdeler ble inspisert ned til minste detalj. Vurdering av tilstand ble gjort visuelt og for øvrig ved ikke-destruktive metoder.

I rapporten fra befaringer i de utvalgte tunnelene beskrives tilstanden til alle inspiserte konstruksjonsdeler. Beskrivelsen er illustrert ved foto. I tillegg inngår en mer utfyllende fotodokumentasjon fra hver tunnelbefaring som egne vedlegg.

Gjenværende brukstid er vurdert for hvelvene i alle tunnelene som ble inspisert og er grovt anslått i intervall på 10 år. Det er også beskrevet hvilken konstruksjonsdel som er bestemmende for anslått, gjenværende brukstid. Gjenværende brukstid er definert som tidsperioden fra utført befarings til tidspunkt for nødvendig utskifting av hele hvelvet pga. at manglende tilfredsstillende funksjon som vann- og frostsikring eller på grunn av at hvelvet eller deler av det utgjør en fare for sikkerheten til brukere av tunnelen. I tillegg til egne observasjoner og erfaring, er også erfaringer fra tidligere utførte befaringer av SvV og andre lagt til grunn ved vurderinger for å underbygge gjenværende brukstid.

Rapporten inneholder også sammenligning mht bestandighet og gjenværende brukstid for hvelvene som er inspisert på grunnlag av duktype og beslektede hvelvtyper. Avslutningsvis inneholder rapporten en diskusjonsdel som beskriver evt mangler ved de utførte befaringsene, relevans av anvendte metoder for vurdering av tilstanden og om observasjonene er representative for tilstandsvurdering av hvelvet i den aktuelle tunnelen.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 165

7 KONKLUSJON

Ved typegodkjenning av hvelvtypene er forventet levetid satt til 50 år. I typegodkjenning for de ulike hvelvtypene er det gitt begrensninger for godkjenningen mht trafikk- og frostmengde.

Tilstanden for de inspiserte tunnelhvelvene er generelt god mht lekkasjer, korrosjon, mekanisk slitasje m.m. Kledningene tilfredsstillter således funksjonskrav som vann- og frostsikring av tunnelene.


På grunnlag av observasjoner i tunnelene, tidligere erfaring med denne type konstruksjoner samt rapporter med erfaringer fra tidligere befaringer utført av SvV, har vi vurdert gjenværende brukstid for hvelvkonstruksjonene i de besøkte tunnelene.

Gjenværende brukstid er beregnet på grunnlag av tunnelens alder samt forventet levetid for det enkelte tunnelhvelvet. For WG T100 hvelvene som er montert i flere tunneler med henholdsvis duktype 554 og 556, registrerte vi ingen spesielle forhold i enkelttunneler som ga grunn til å redusere levetiden for hvelvtypen i forhold til generell anslått levetid for hvelvtype med aktuell duktype.

Som grunnlag for å anslå gjenværende levetid for hvelvkonstruksjonen, har vi anslått levetiden for de ulike hvelvtypene til:

- WG tunnelhvelv T100, duktype 554 : 40 år
- WG tunnelhvelv T100, duktype 556: 30 år
- WG tunnelhvelv T200, duktype 556: 35 år
- Isolon membranbvelv, undersjøisk del: 45 år
- Isolon membranbvelv, oversjøisk del: >50 år
- WaPro Vannavskjermingssystem: >50 år
- AluWay isolert platehvelv, stålkassetter 30 år
- AluWay isolert platehvelv, kassetter i syrefast kvalitet >50 år

For alle tunnelhvelv av Type WG, vurderes tunnelduken å være begrensende for levetid av hvelvene. Generelt for WG T100 hvelv hvor duken er ført ned og er forankret ved oppfylling av masser for etablering av skulderarealet, registrerte vi en del fuktgjennomgang/mindre lekkasjer ved de nederste boltegjennomføringene langs rørbuene. I tunneler hvor duken var montert i ht.


 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 166

gjeldende typegodkjenning med avslutning mot føringskant eller veggelementer, registrerte vi ikke tilsvarende skader.

Levetid 45 år for Isolon membranhvelv er anslått på grunnlag av observasjoner og vurdering av tilstand på montasjedel i den undersjøiske delen av Ellingsøytunnelen. Vi har redusert antatt levetid fra > 50 år på grunn av antatte skader på bakskivene fra produksjon, transport og montasjefasen. Vi er også noe usikre på kvaliteten av bakskivene i leveransen til denne tunnelen.


Levetid for WaPro vannavskjermingssystem er anslått å være > 50 år.

For AluWay isolert platehvelv er hvelvets anslåtte levetid etter vår vurdering begrenset av levetid på stålkassetene som spenner mellom bæreprofiler i tverretningen. Etter 30 år vurderer vi at korrosjonsbeskyttelsen på platene er tæret bort. Da vil stålet i kassetene kunne korrodere slik at bæreevnen gradvis svekkes. Etter noe tid vil det da være risiko for nedfall av kassetter i trafikkrommet.

 Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page 167

8 REFERANSER

- [1] Lindstrøm, M. : *Tunnelduk. Erfaringer fra norske tunneler 1994- 2004*. Teknologiavdelingen Rapport 2412. 2005-11-01
- [2] Lindstrøm, M. : *Tunnelduk i Holmestrandtunnelen. Befaring av forsøksfelt 24/11199*. Intern rapport nr 2065 Vegteknisk avdeling. Desember 1998.
- [3] Iversen, E.: *Holmestrandstunnelen, tunnelkledninger. Befaring av forsøksfelter 1/4 1997*. Intern rapport nr 1956. Veglaboratoriet 1997.
- [4] Carreira, T.: *Durability of PVC-P Geomembranes in hydraulic structures*.
- [5] Blanco M., Leiro A., Soriano J., Crespo M.A., Zornberg J.G., Aguiar E., Rico G., Pargada L. *Long-term performance of the "laguna de Barlovento" reservoir waterproofing using a PVC-P geomembrane*.
- [6] Luke, J. *Kartlegging av miljøbetingelser i tunneler. Etatsprogrammet Varige konstruksjoner 2012-2015*. Statens vegvesens Rapporter Nr 236. Juli 2013.

 AAS-JAKOBSEN Lilleakerveien 4 0283 OSLO Norway Tel. +47 22 51 30 00 Fax +47 22 51 30 01	Pr.nr./Pr.no 11378	Dok.nr./Doc.no 11378-1	Rev. 0
Prosjekt/Project 11378	Dato/Date 10.11.2016	Rev.dato/Date	
Tittel / Title Tilstand og tilstandsutvikling av ulike typer vann- og frostsikringshvelv	Utført/Prep.By CHR/TAØ	Rev. av/Rev by	Side/Page A.1

A. VEDLEGG

Nummerering av vedleggene refererer til aktuelt punkt i rapporten som beskriver registreringer og observasjoner fra befarings i den enkelte tunnel.

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



1 Tunnelportal Hitrasiden

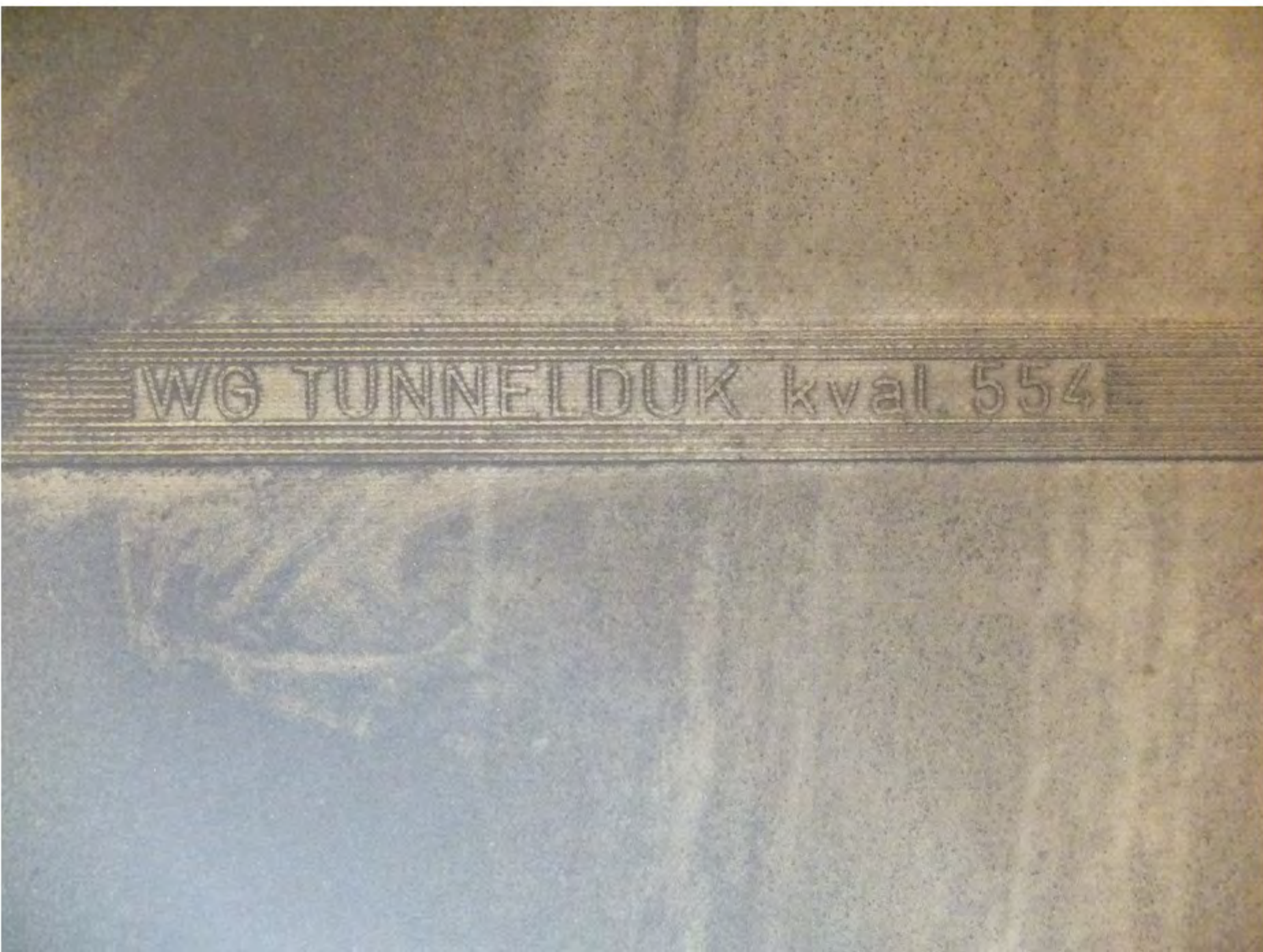


2 Oversiktsfoto tunnelkledning

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



3 Oversikt tunnelduk i tak



4 Typebetegnelse på duk

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



5 Fuktgjennomgang i tunnelduk



6 Fuktgjennomgang i tunnelduk

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



7 Hull i duk i klemme mellom rørene



8 Samme hull på bergsiden av duken

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



9 Lekkasje ved nedre boltefeste - Stålrør demonteres - 2 km fra portal Hitrasiden

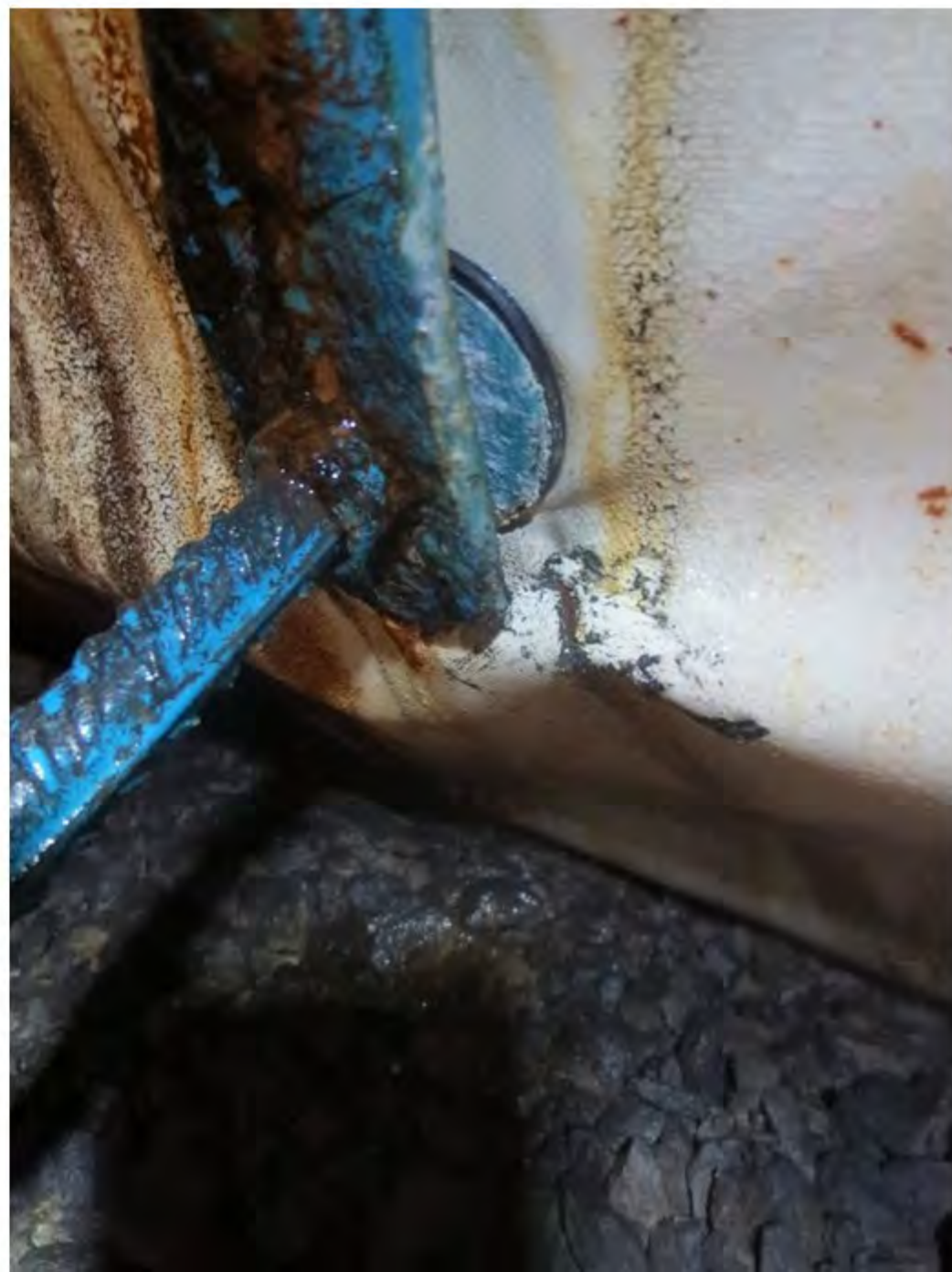


10 Fremrør demontert

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



11 Fremrør demontert - Hull i duk nedenfor pakning



12 Samme hull på bergsiden av duken

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



13 Ujevnheter i overflate på stålprofil



14 Lokal skade i duk fra tverrstål mellom fremrørene

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen

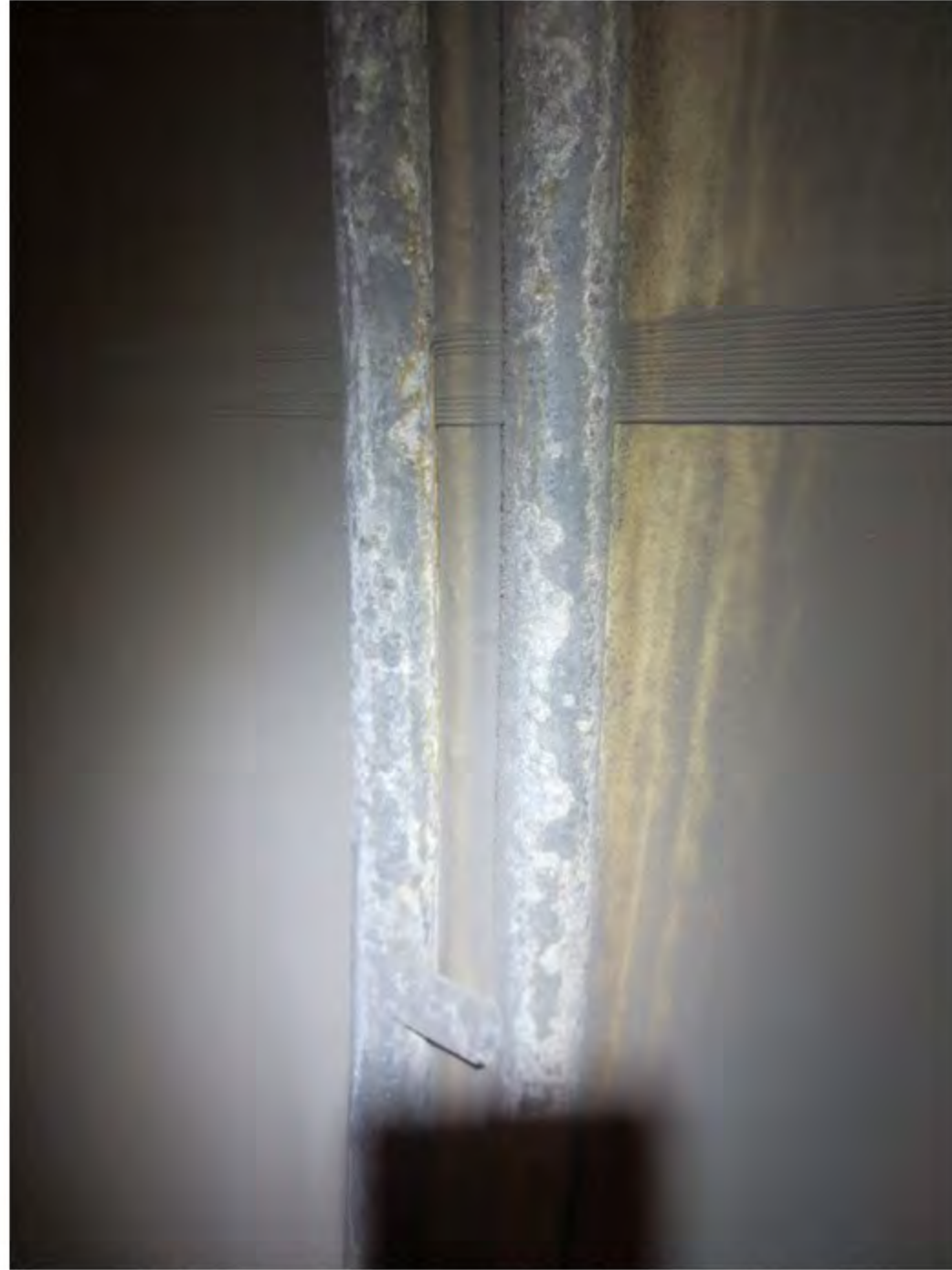


15 Lokal deformasjon i duk ved nedre bolteinnfesting



16 Mekanisk skade på duk ifbm nedre bolteinnfesting - Uheldig detaljutforming med stramning av duk

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen

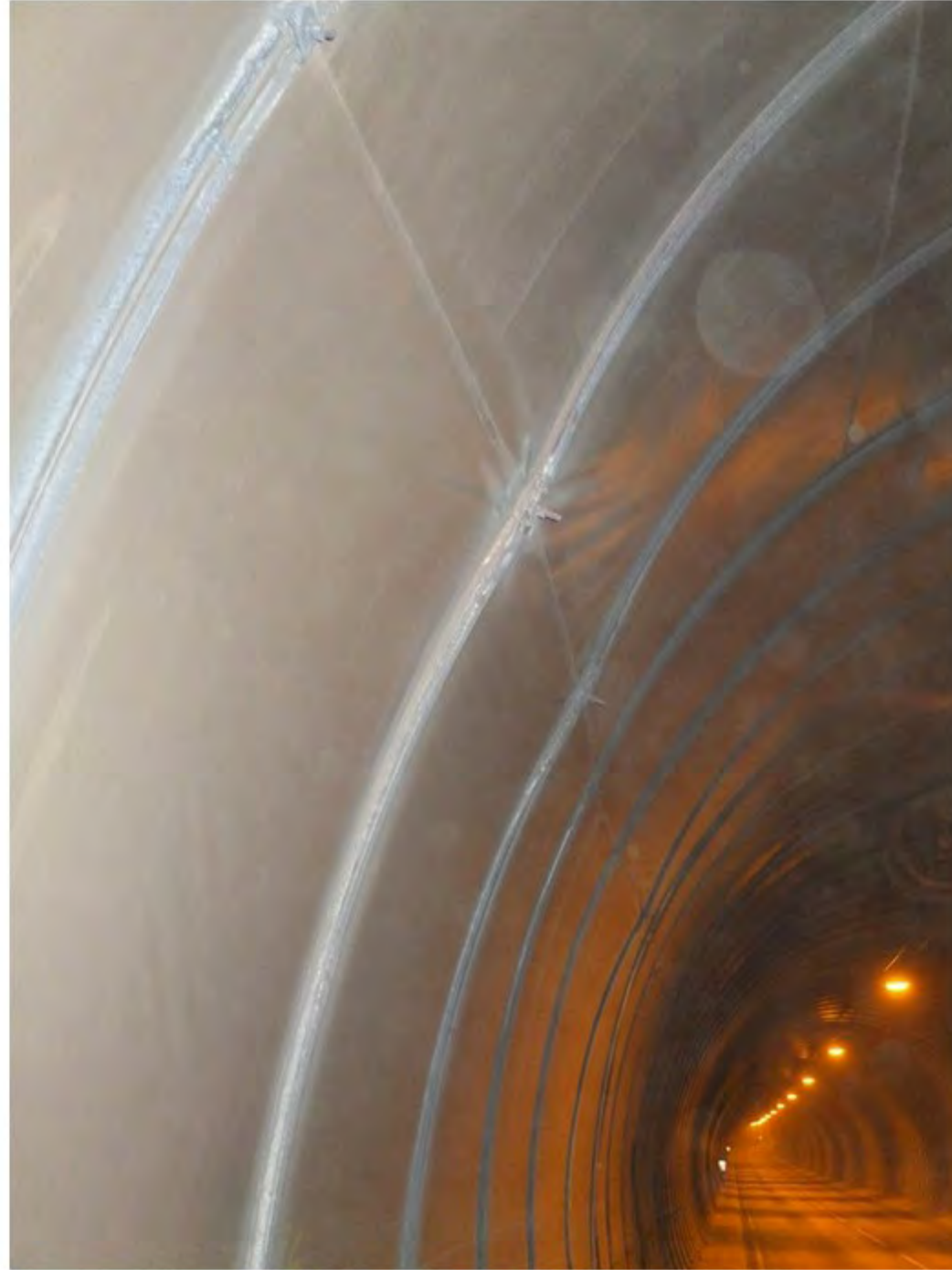


17 Fremrør - Avleiringer av skitt, salter og sinkoksyd



18 Beleggstykkelse på sink på fremrør

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



19 Brudd i festebolt - 1,5km fra portal Frøyasiden



20 Brudd i festebolt - 1,5 km fra portal Frøyasiden

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



21 Brudd i festebolt og bakskinne - 1,5 km fra portal Frøyasiden - Kraftig korrosjon på bolt ved innfesting i berg



22 Brudd i festebolt 1,5 km fra portal Frøyasiden - Kraftig korrosjon på bolt ved innfesting i berg

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



23 Brudd i festebolter - 1,7 km fra portal Hitrasiden



24 Brudd i festebolt og bakrør - 1,7 km fra portal Hitrasiden i bunnpartiet

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



25 Baksiden av hvelv 1,5 km fra portal Frøyasiden - tørt på inspeksjonstidspunktet



26 Oversikt duk og stålkomponenter bak hvelvet - 1,7 km fra portal Hitrasiden i bunnpartiet

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



27 Bøyd festebolt ifbm montering



28 Mangelfull innstøping av festebolt

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



29 Korrosjon ved berginnfesting av bolt



30 Avleiringer på tunnelduk på baksiden av hvelvet - 2 km fra portal Hitrasiden i bunnpartiet

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



31 Belegg på tunnelduk

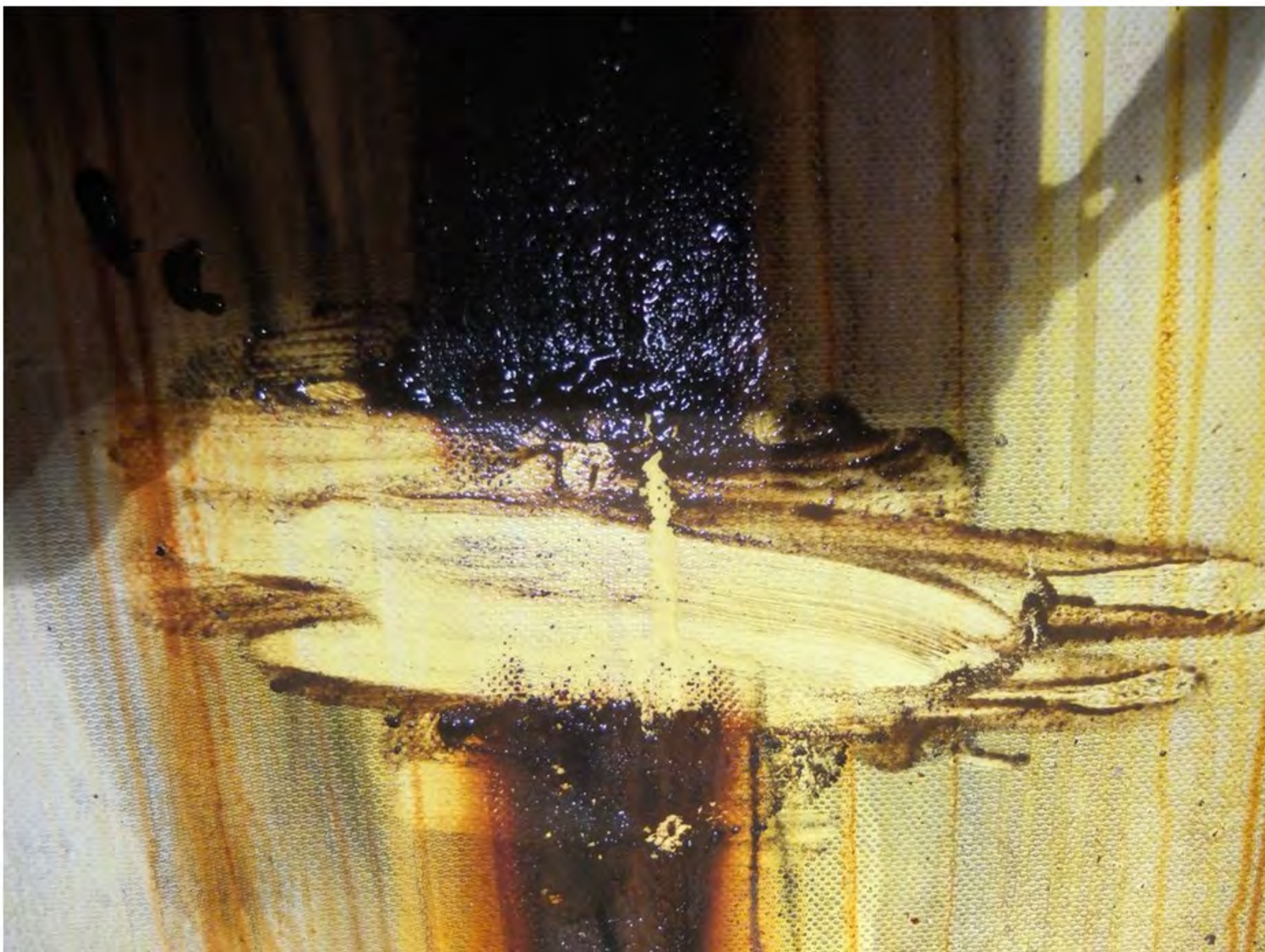


32 Belegg på tunnelduk

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



33 Avleiring - belegg på duk



34 Fjerning av avleiringer på duk - Ingen skader registrert

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



35 Blæring i Combicoat



36 Blæring i Combicoat fjernet - Hvitrust og lett tæring av sink registrert

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen

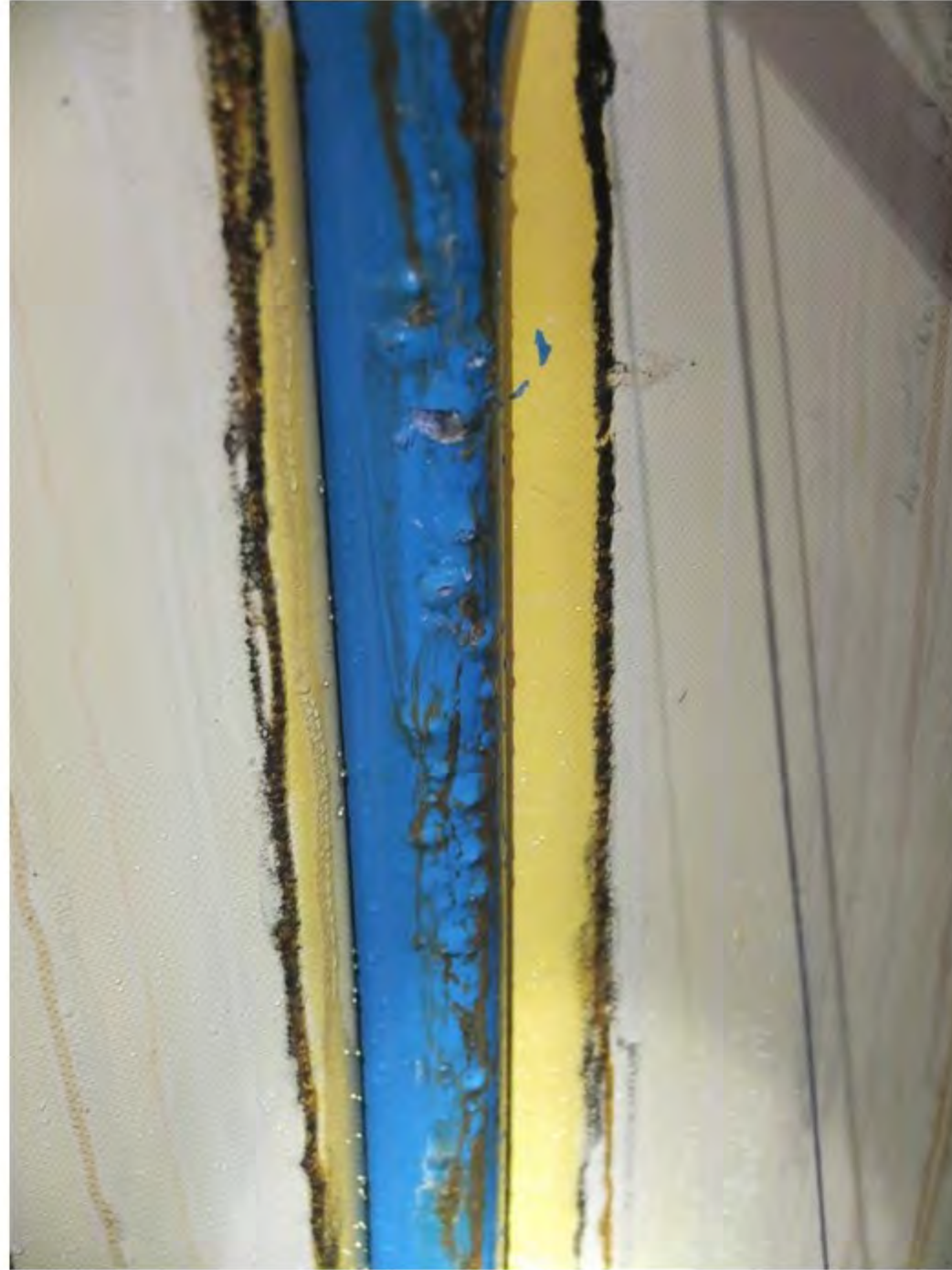


37 Blæring i Combicoat fjernet - Lett tæring i sink



38 Tykkelsesmåling Combicoat på bakrør- 1,5 km fra portal Frøyasiden

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



39 Blæring i Combicoat



40 Lett tæring av sink avdekt etter fjerning av Combicoat

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



41 Blærende Combicoat fjernet på avstivningsrør for festebolt - 2 km fra portal Hitrasiden i bunnpartiet



42 Blærende Combicoat fjernet - Måling av sinktykkelse

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



43 Boltegjennomføring i duk - Blæring i combicoat samt saltavleiringer på overflate

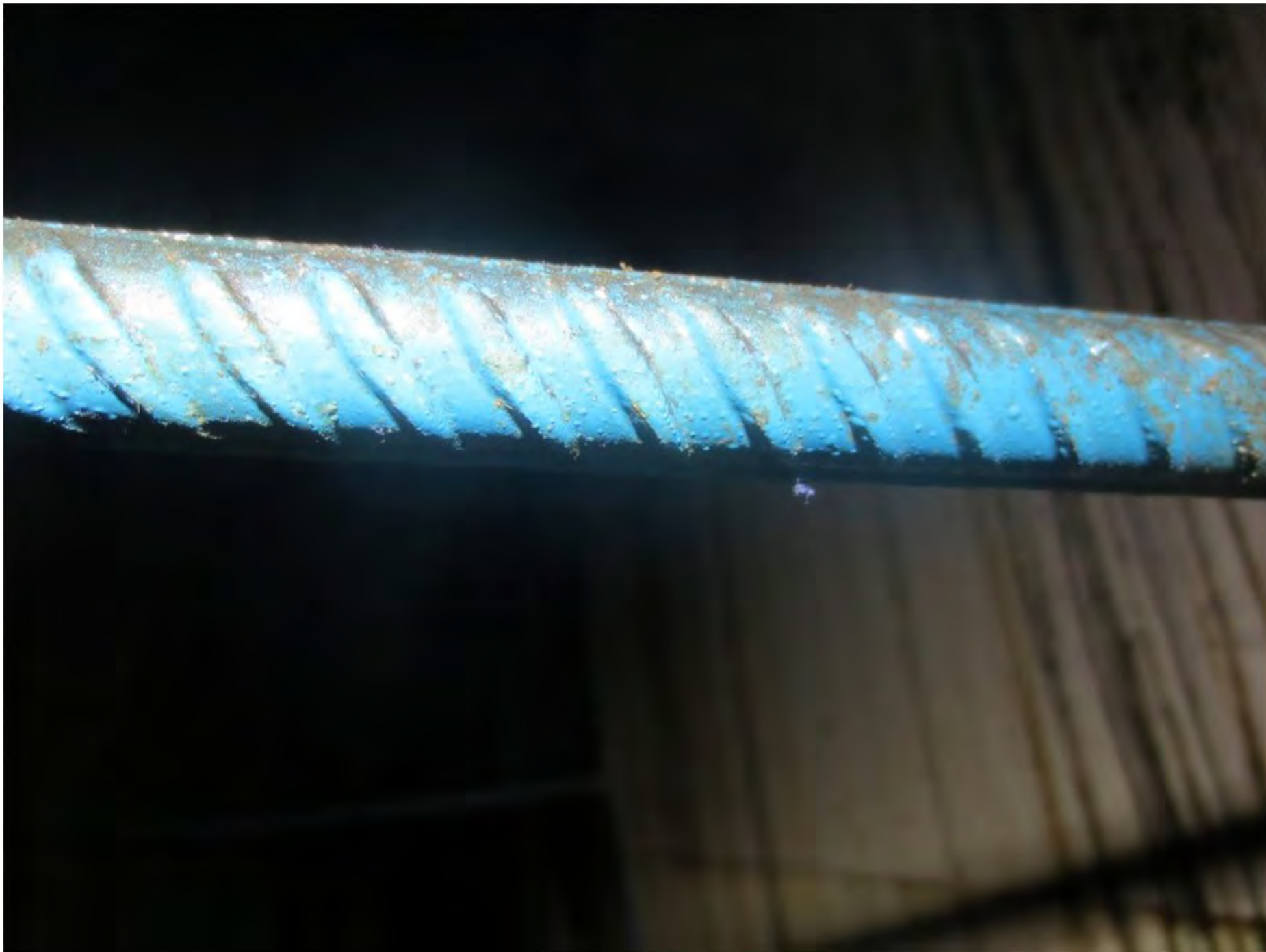


44 Blæring i Combicoat på bakrør og skive

Vedlegg 2.2 Frøyatunnelen



45 Nedre boltegjennomføring i duk - Blæring i combicoat samt saltavleiringer på overflate



46 Små blærer i Combicoat på festebolter

Vedlegg 2.3 Bjorøytunnelen

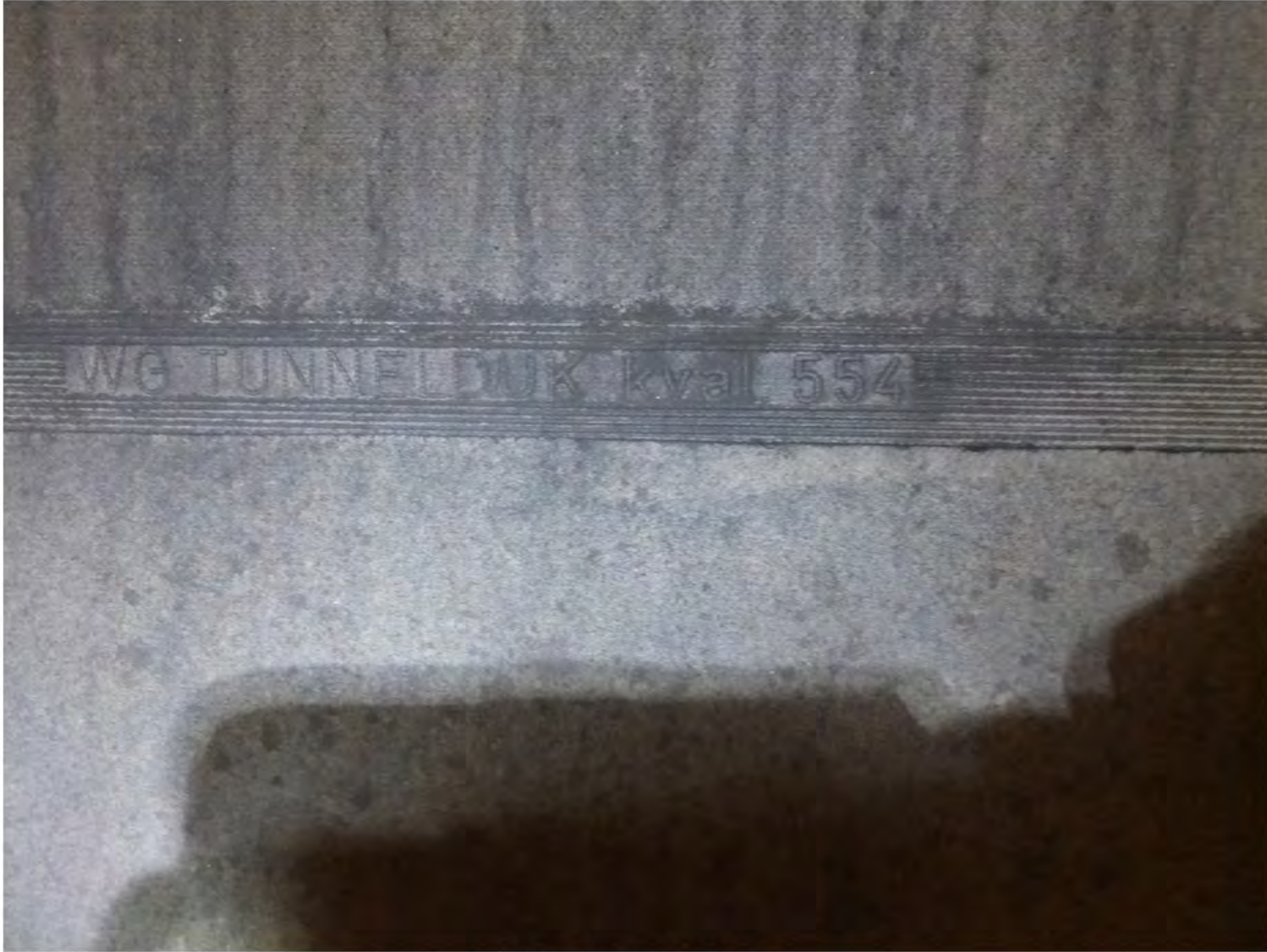


1 Portal på Bjorøysiden



2 Oversikt tunnelkledning

Vedlegg 2.3 Bjorøytunnelen



3 Typebetegnelse på duk

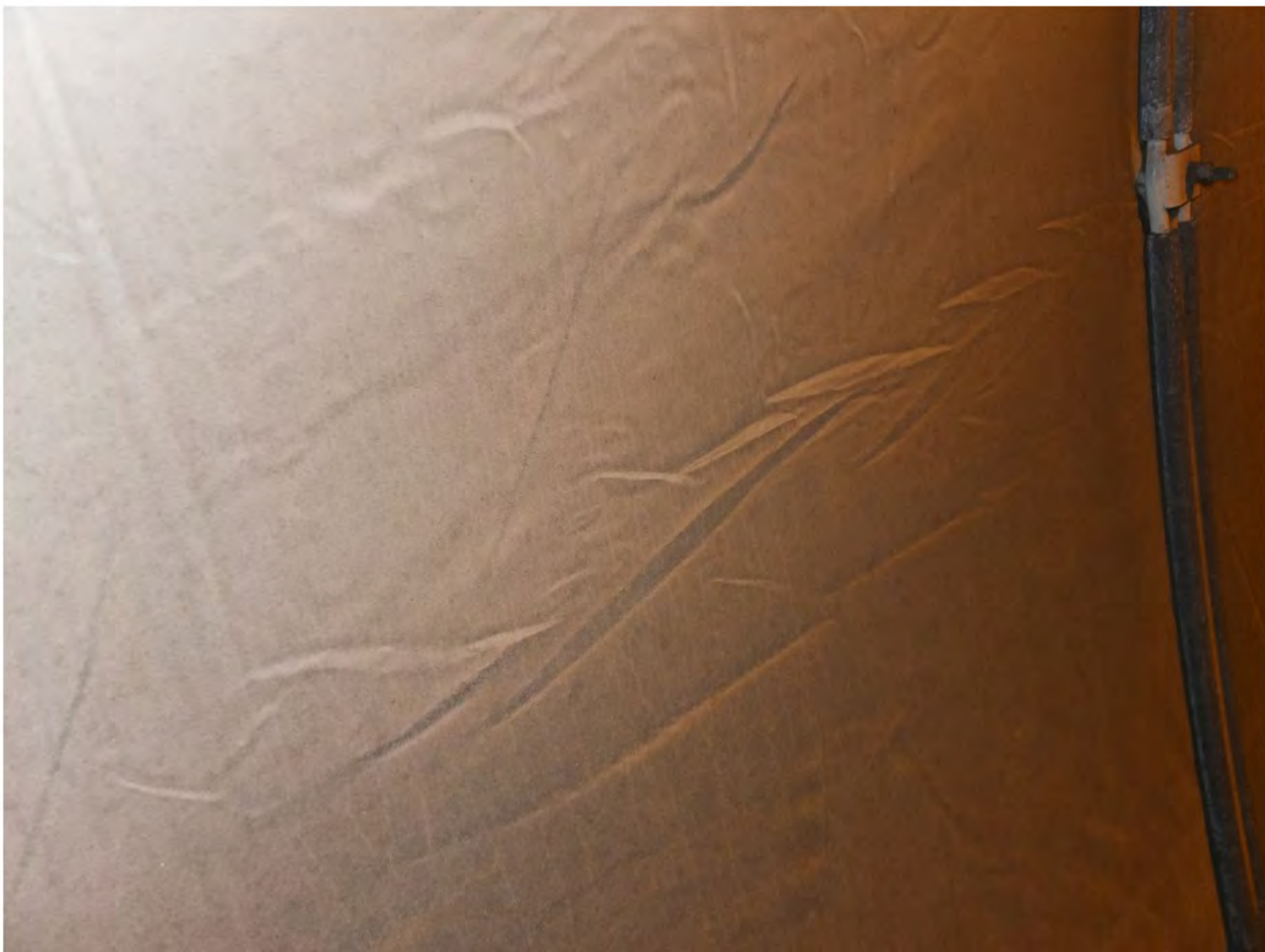


4 Sone med utskiftet duk

Vedlegg 2.3 Bjorøytunnelen



5 Typebetegnelse på utskiftet duk



6 Dårlig stramning av utskiftet duk

Vedlegg 2.3 Bjorøytunnelen



7 Noe bukling av duk



8 Overgang til reparert sone - Hull i duk etter mekanisk skade

Vedlegg 2.3 Bjorøytunnelen



9 Lekkasje gjennom duk



10 Løsnet fremrør - 800 meter fra Bjorøysiden

Vedlegg 2.3 Bjorøytunnelen



11 Hull i duk i klemsone mellom rørene



12 Mye ansamling av skitt på fremrør

Vedlegg 2.3 Bjorøytunnelen



13 Baksiden av hvelv - 300 meter fra Bjorøysiden



14 Bak hvelv i bunnpartiet

Vedlegg 2.3 Bjorøytunnelen



15 Innlekkasje bak hvelvet



16 Innlekkasje bak hvelvet

Vedlegg 2.3 Bjorøytunnelen



17 Avleiringer på duk på baksiden av hvelv



18 Ingen skader i duk etter at avleiringer er fjernet

Vedlegg 2.3 Bjorøytunnelen



19 Blæring i lakk - 300 meter inn fra Bjorøysiden



20 Hvitrust under blærende lakk

Vedlegg 2.3 Bjorøytunnelen



21 Tykkelse Combicoat



22 Omfattende blæring i lakk - 500 meter inn fra Bjorøysiden

Vedlegg 2.3 Bjorøytunnelen



23 Hvitrust under blærende lakk



24 Løs lakk fjernet - Tæring i sink - 700 meter inn fra Bjorøysiden

Vedlegg 2.3 Bjorøytunnelen



25 Misfarging på festebolter fra avleiringer



26 Kalkavleiringer og dryppstein på baksiden av hvelv

Vedlegg 2.3 Bjorøytunnelen



27 Blæring i lakk på festebolter

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



1 Tunnelkledning T100



2 Tunnelduk østre seksjon med lekkasjepunkter

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



3 Tunnelduk østre seksjon med lekkasjepunkter



4 Fuktsvetting - lekkasje

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



5 Fuktsvetting - Lekkasje



6 Mye tilsmussing på fremrør og tunnelduk

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



7 Tunnelduk type 554 østre seksjon



8 Glidelåssluke i seksjon mot øst

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



9 Lekkasje ifbm opphengsbolt for kabelbru



10 Bak hvelv - Seksjon med 554 mot øst

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



11 Baksiden av hvelv - seksjon mo øst



12 Tunnelduk type 554 på bergsiden etter at avleiringer er fjernet

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



13 Bakrør og festebolt på seksjon mot øst



14 Bakrør og festebolt på seksjon mot øst

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



15 Bakrør seksjon mot øst - God tilstand på sinkbelegg



16 Sinktykkelse på bakrør - Seksjon mot øst

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



17 Nedre boltegjennomføring - Seksjon mot øst med 554 duk



18 Seksjon mot øst - Deler av bakrør har Combicoat belegg

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



19 Festebolt seksjon mot øst - Bøyningsdeformasjon i bolt



20 Skader i sinkbelegg samt misfarging

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



21 Lite korrosjon på kappflater på festebolter



22 Innfesting av festebolt

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



23 Innfesting av festebolt

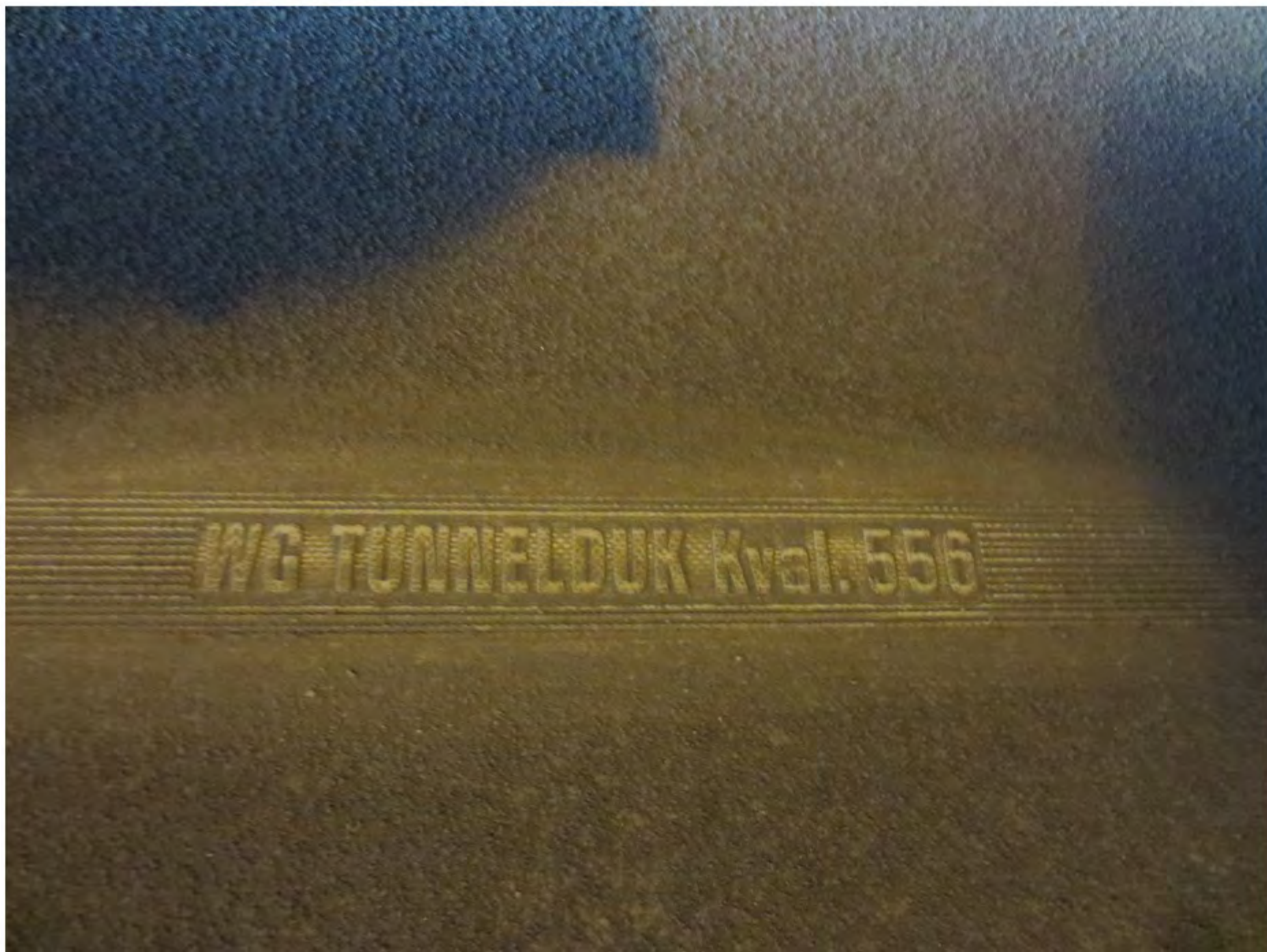


24 Tunnelkledning type 556 i seksjon mot vest

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



25 Tunnelduk 556 på seksjon mot vest



26 Tunnelduk type 556 på seksjon mot vest - Mye smuss på duk

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



27 Tunnelduk seksjon mot vest type 556 - Punktvis misfarginger av duk



28 Punktvis misfarginger på duk

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen

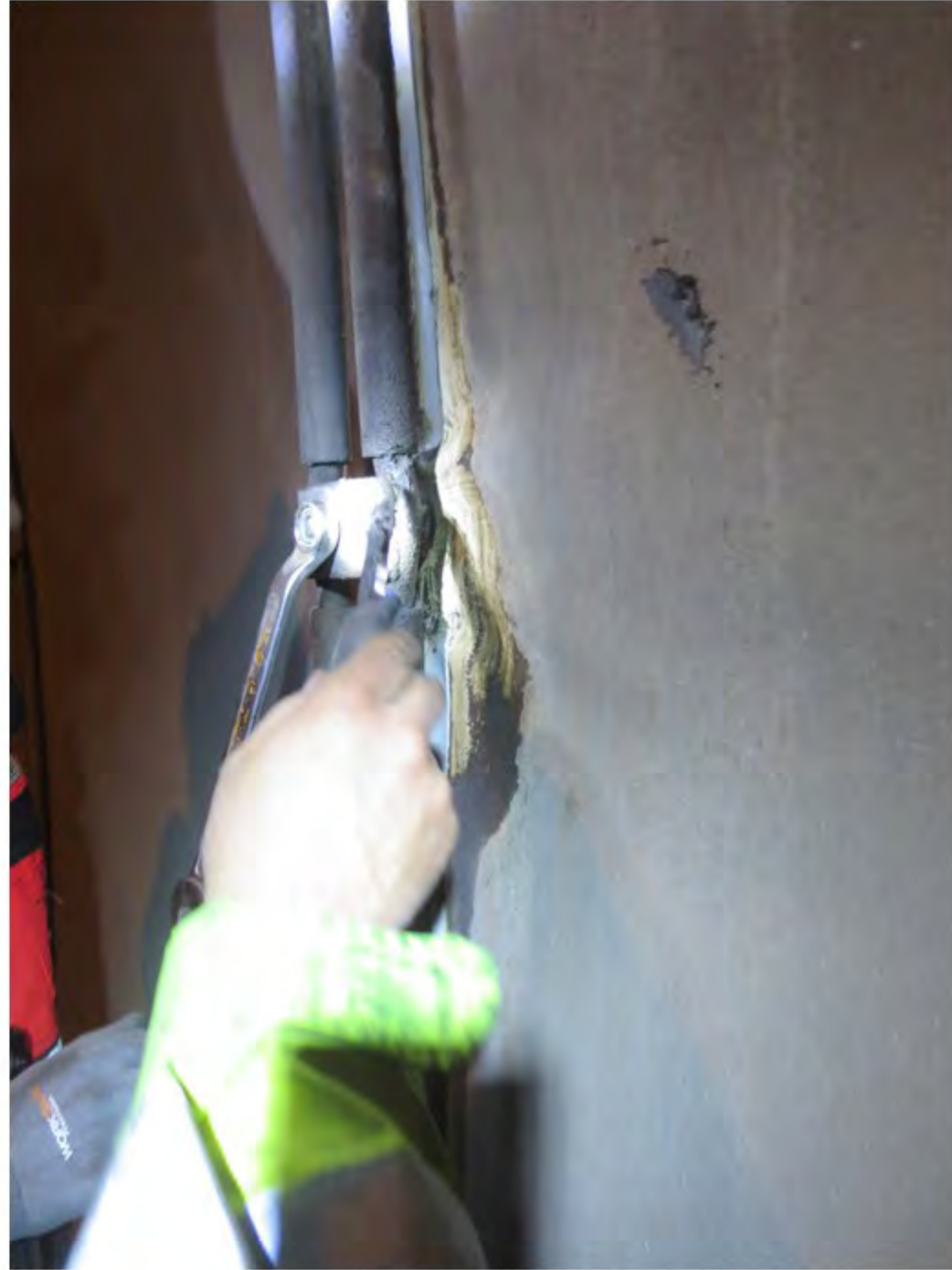


29 Punktwise misfarginger på duk



30 Punktwise misfarginger på duk

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



31 Frigjøring av fremrør



32 Svetting gjennom pakning

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



33 Lekkasjepunkt



34 Løsnet fremrør i lekkasjepunkt

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen

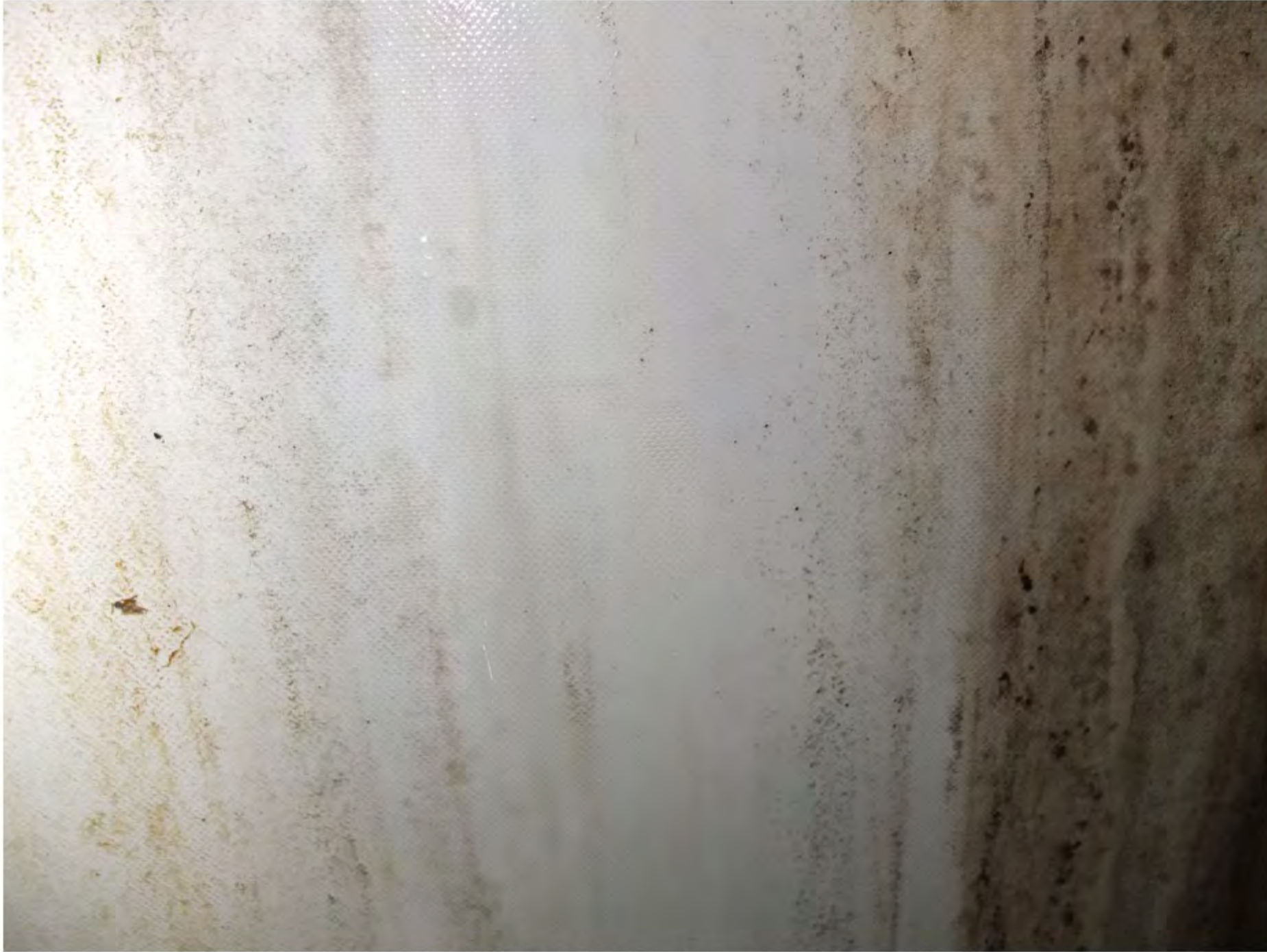


35 Fremrør etter at tilsmussing er fjernet



36 Tykkelse av sinkbelegg på trafikksiden

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



37 Tunnelduk 556 på bergsiden - Avleiringer og misfarging



38 Tunnelduk 556 på Bergsiden

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



39 Misfarging på duk



40 Kombinasjon av sinkbelegg og Combicoat på bakrør - Seksjon mot vest

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



41 Bakrør med Combicoat med god tilstand



42 Beleggstykkelse Combicoat

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



43 Enkelte små blærer i Combicoat på bakrør



44 Hulltaking i blæring i Combicoat

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



45 Inspeksjonsluke i seksjon mot vest



46 Bergtype på vestre del av tunnelen

Vedlegg 2.4 Arnanipatunnelen



47 Rester etter fjernet lettledning av korrugert aluminium

Vedlegg 2.5A Troidhaugtunnelen T100



1 Nordre portal sydgående løp

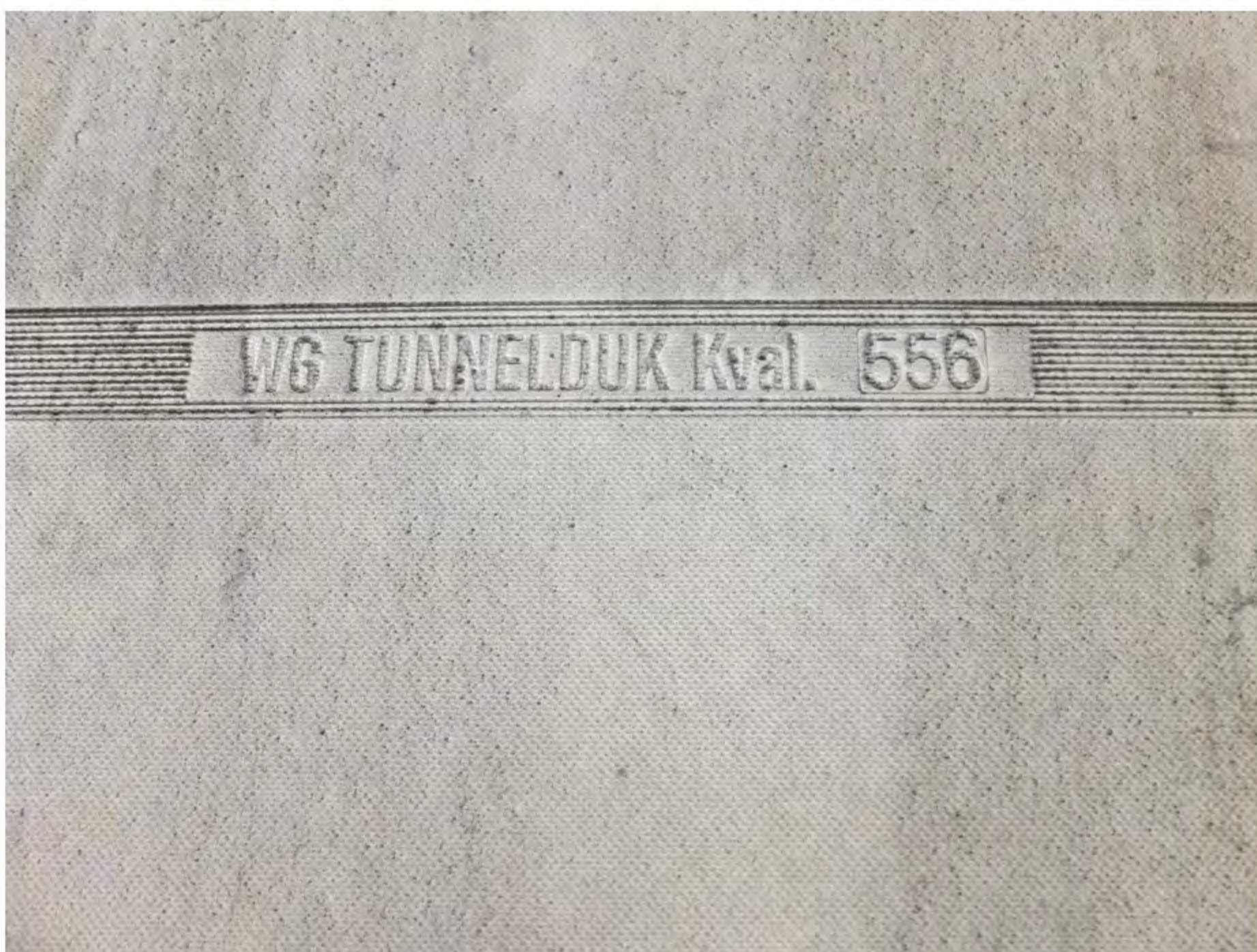


2 Oversikt prøvelfelt sydgående løp

Vedlegg 2.5A Troidhaugtunnelen T100



3 Oversikt tak



4 Tunnelduk type WG 556

Vedlegg 2.5A Troidhaugtunnelen T100



5 Generell tilsmussing av duk



6 Generell tilsmussing av duk

Vedlegg 2.5A Troidhaugtunnelen T100



7 Punktvis misfarging av duk



8 Punktvis misfarging av duk

Vedlegg 2.5A Troidhaugtunnelen T100

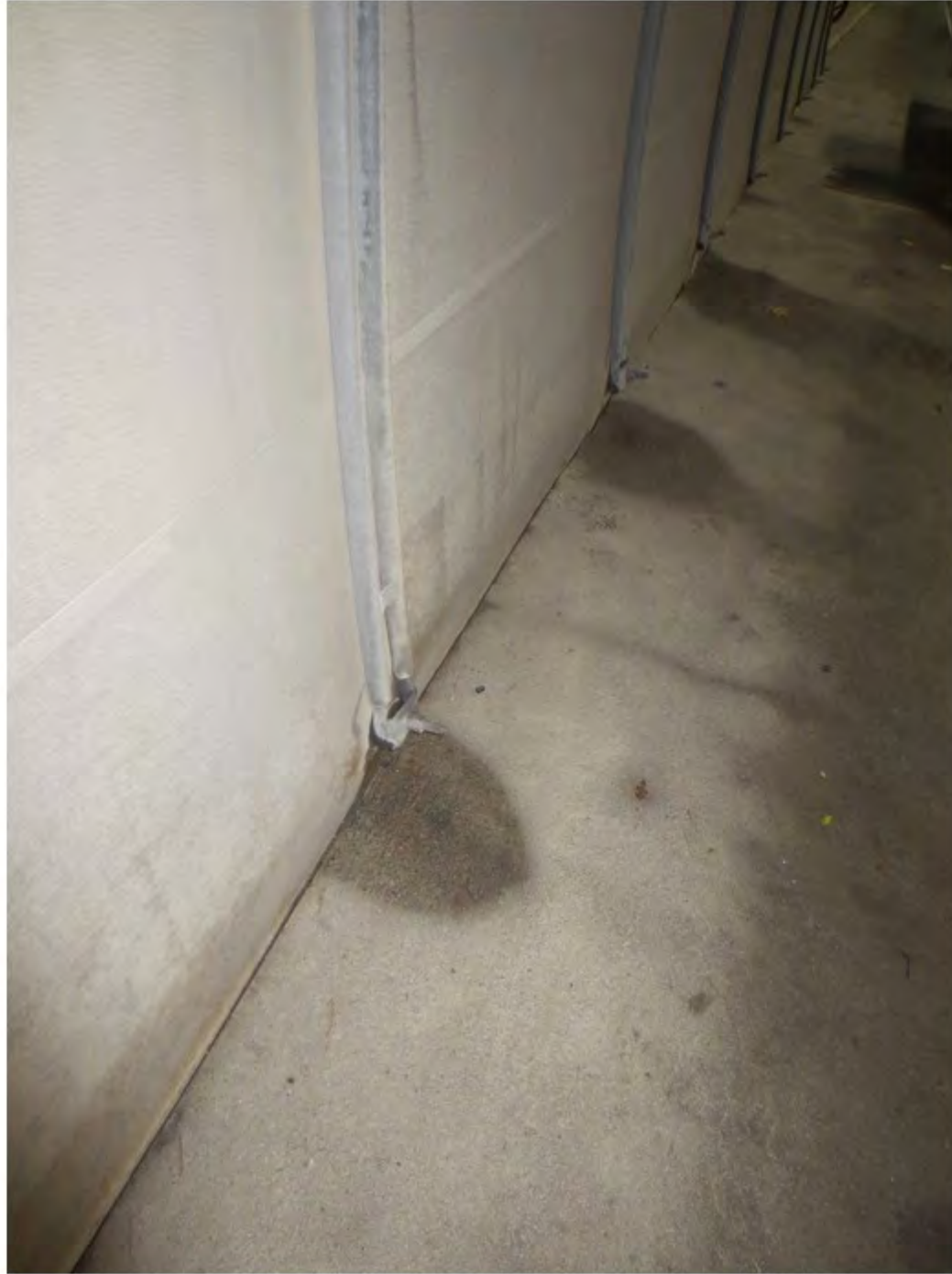


9 Punktvis misfarging av duk



10 Punktvis misfarging av duk

Vedlegg 2.5A Troidhaugtunnelen T100



11 Punktvis lekkasje ned mot bankett



12 Fuktskjolder på duk

Vedlegg 2.5A Troidhaugtunnelen T100



13 Fremrør løsnet



14 Fremrør løsnet

Vedlegg 2.5A Troidhaugtunnelen T100



15 Fremrør løsnet i lekkasjepunkt



16 Lekkasje pga brudd i duk

Vedlegg 2.5A Troidhaugtunnelen T100



17 Tykkelsesmåling på fremrør



18 Tunnelduk i tak ved havarinisje

Vedlegg 2.5A Troidhaugtunnelen T100

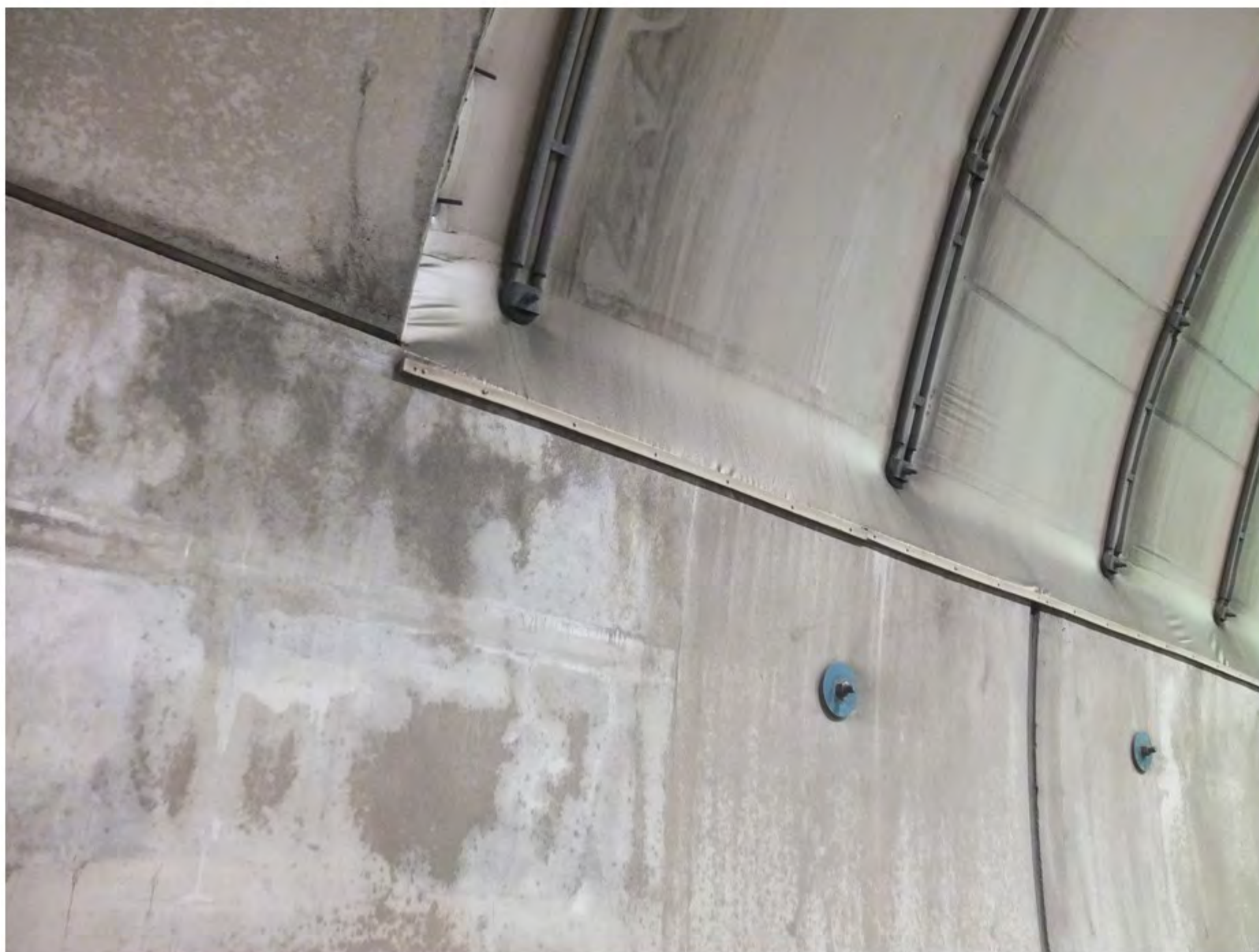


19 Tunnelduk i tak ved havrinisje



20 Oversikt i tak

Vedlegg 2.5A Troidhaugtunnelen T100

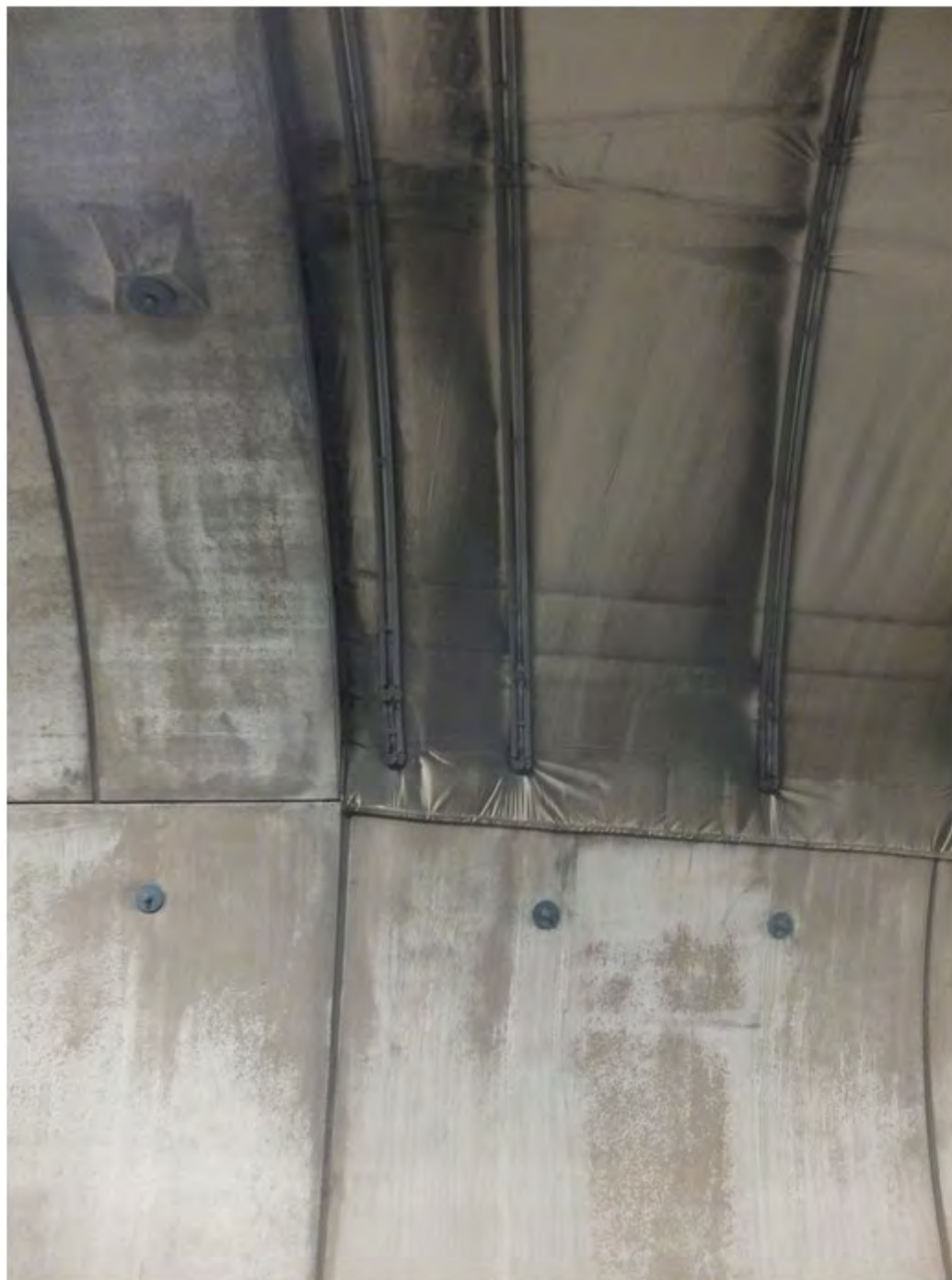


21 Innfesting til betongelementer



22 Overgangssone til berg

Vedlegg 2.5A Troidhaugtunnelen T100



23 Generell tilsmussing av tunnelduk

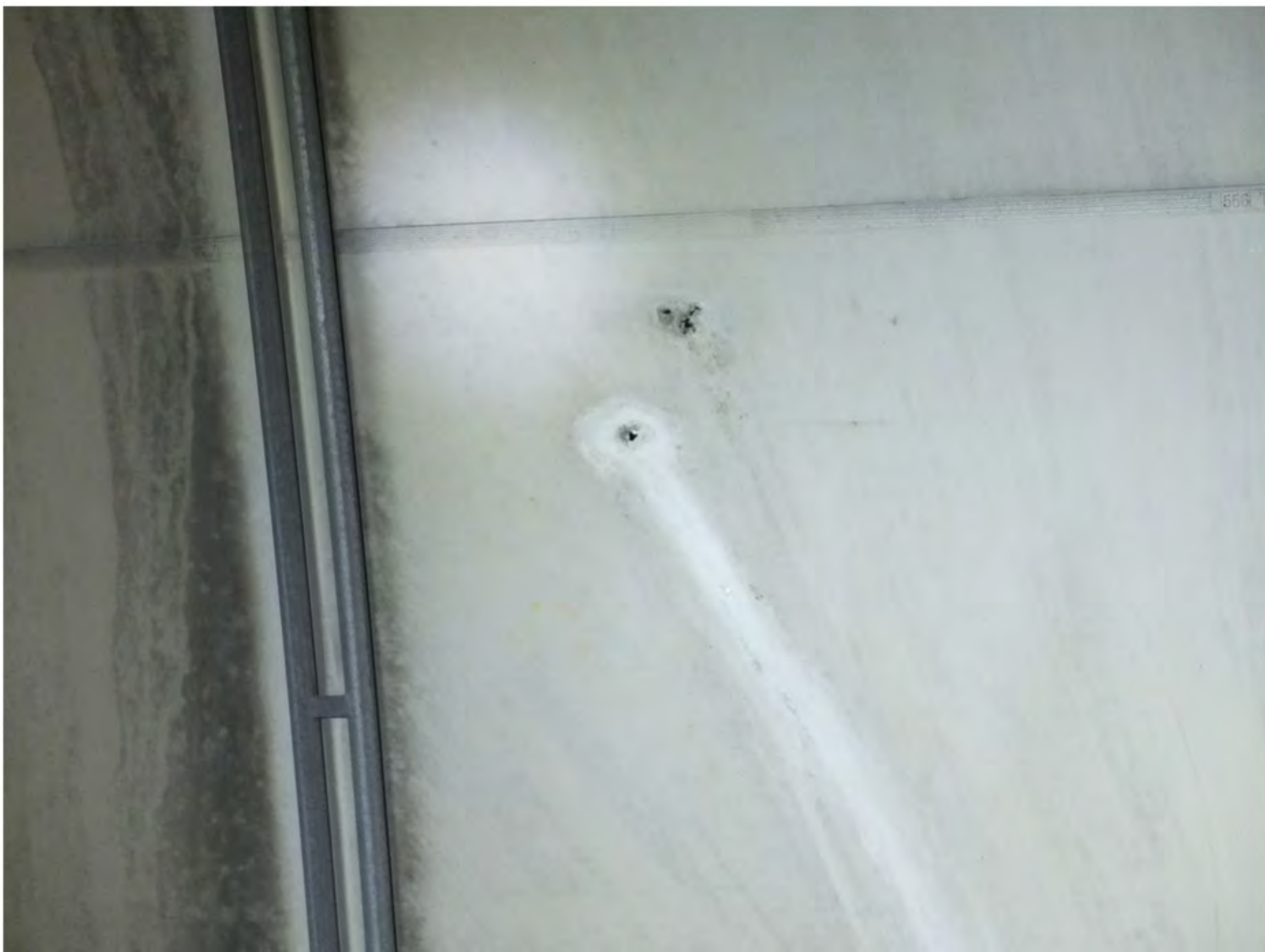


24 Generell tilsmussing av duk

Vedlegg 2.5A Troidhaugtunnelen T100



25 Lekkasje punkt

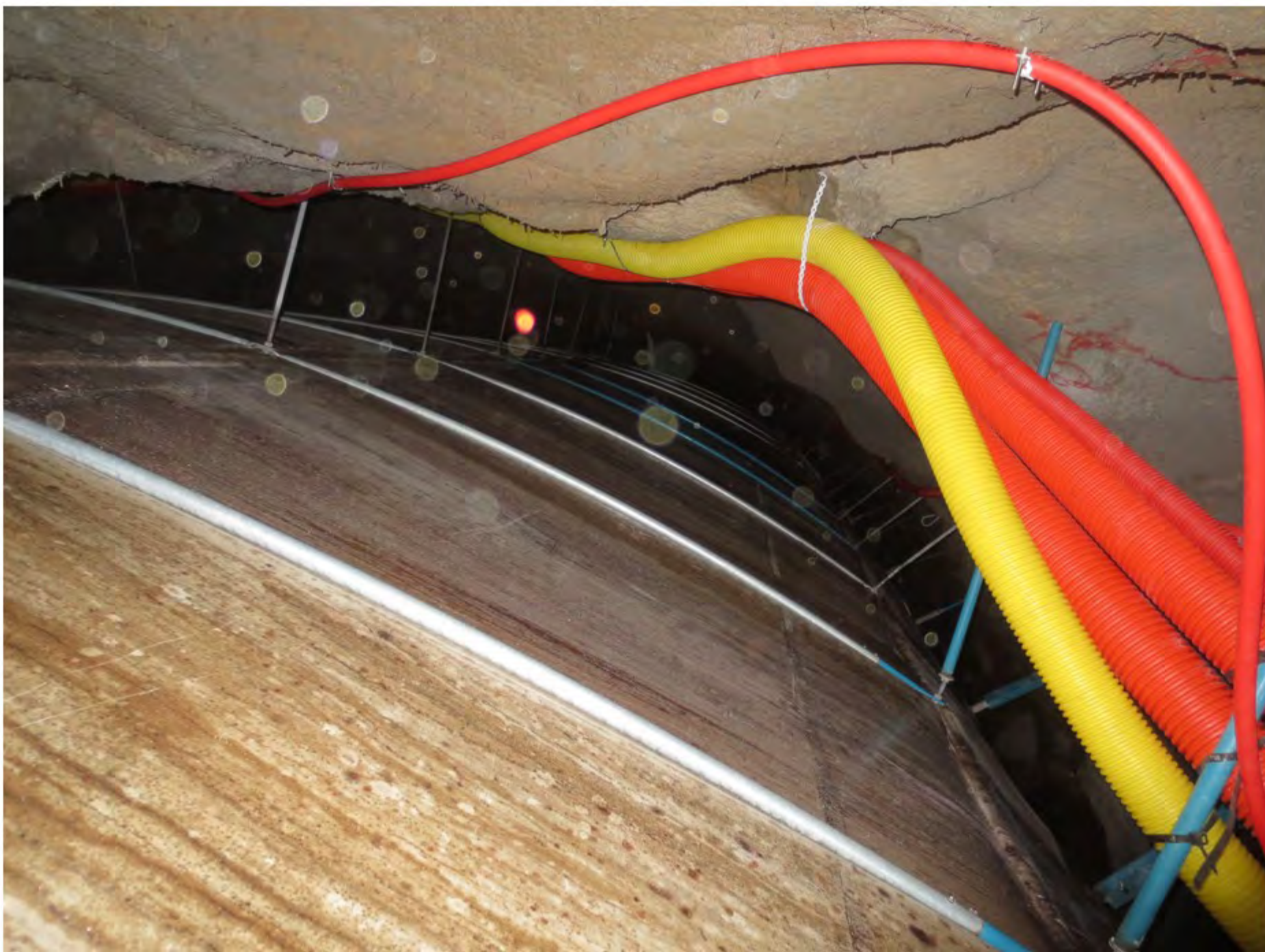


26 Hull pga punktkontakt med fjell

Vedlegg 2.5A Troidhaugtunnelen T100



27 Hull pga punktkontakt med fjell



28 Oversikt på baksiden av hvelv

Vedlegg 2.5A Troidhaugtunnelen T100



29 Oversikt på baksiden av hvelv



30 Bergtype

Vedlegg 2.5B Troidhaugtunnelen T200



1 Oversikt T200 i havarinisje



2 Overgang sprøytebetong - betongelement

Vedlegg 2.5B Troidhaugtunnelen T200



3 Lekkasje punkt i sprøytebetong



4 Tunnelduk type WG 556

Vedlegg 2.5B Troidhaugtunnelen T200



5 Baksiden av hvelv



6 Baksiden av hvelv

Vedlegg 2.5B Troidhaugtunnelen T200



7 Baksiden av hvelv

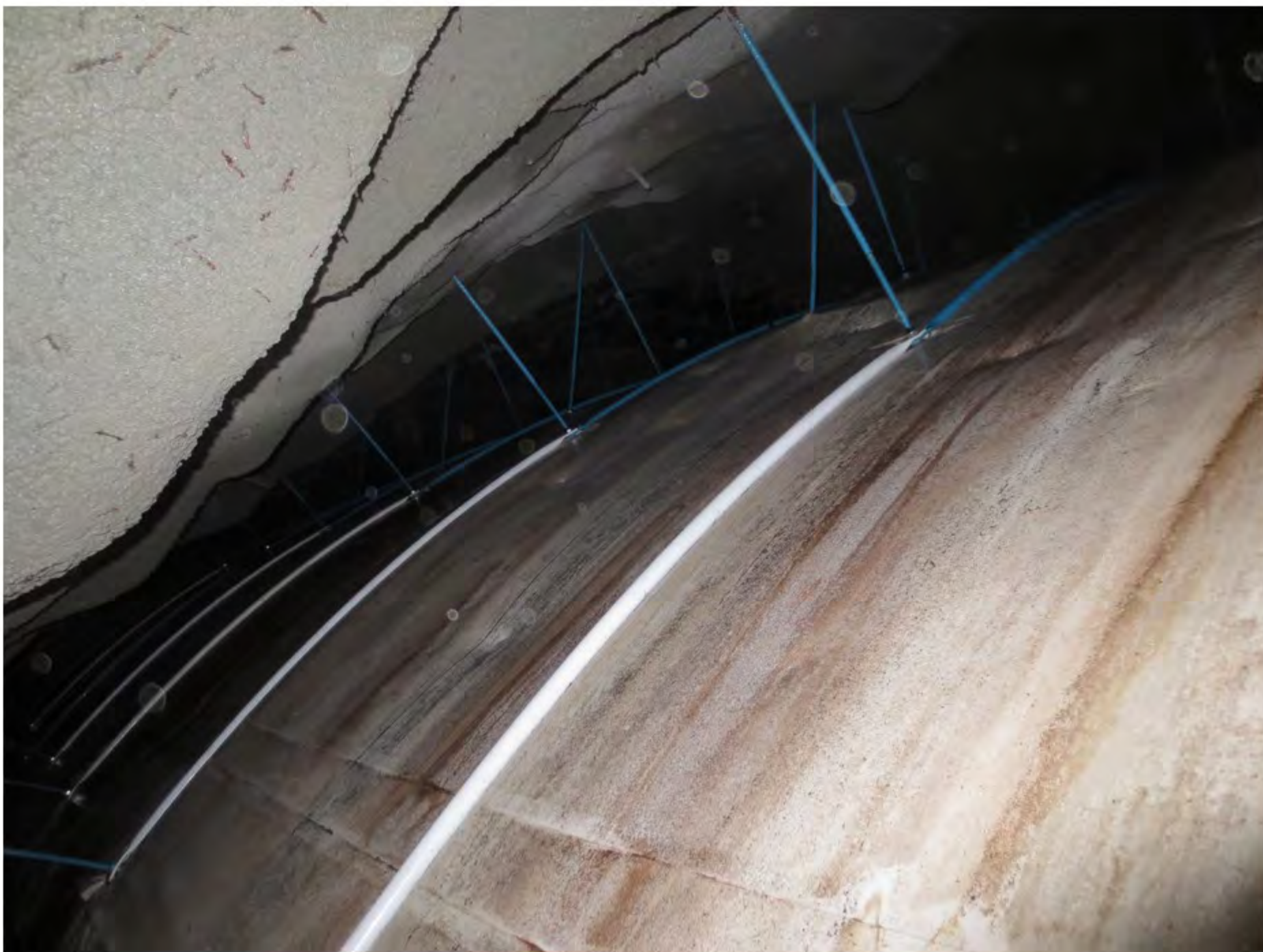


8 Baksiden av hvelv

Vedlegg 2.5B Troidhaugtunnelen T200



9 Baksiden av hvelv



10 Baksiden av hvelv

Vedlegg 2.5B Troidhaugtunnelen T200



11 Oversiden av hvelv



12 Detalj bakskinne og festebolt

Vedlegg 2.5B Troidhaugtunnelen T200



13 Detalj bakskinne og festebolt



14 Festebolt med pakning og skive

Vedlegg 2.5B Troidhaugtunnelen T200



15 Detalj festebolt

Vedlegg 2.6A Nattlandtunnelen



1 Portal mot nord



2 Portal mot syd

Vedlegg 2.6A Nattlandtunnelen



3 Oversikt tunnelkledning med bankett av betong



4 Oversikt tunnelkledning

Vedlegg 2.6A Nattlandtunnelen



5 Detaljer i tak



6 Tunnelduk type 554

Vedlegg 2.6A Nattlandtunnelen



7 Punktvis misfarginger på duk



8 Mange reparasjonspunkter pga hærverk

Vedlegg 2.6A Nattlandtunnelen



9 Detalj av fremrør i god stand



10 Innfesting av tunnelduk til betongbankett på trafikksiden

Vedlegg 2.6A Nattlandtunnelen

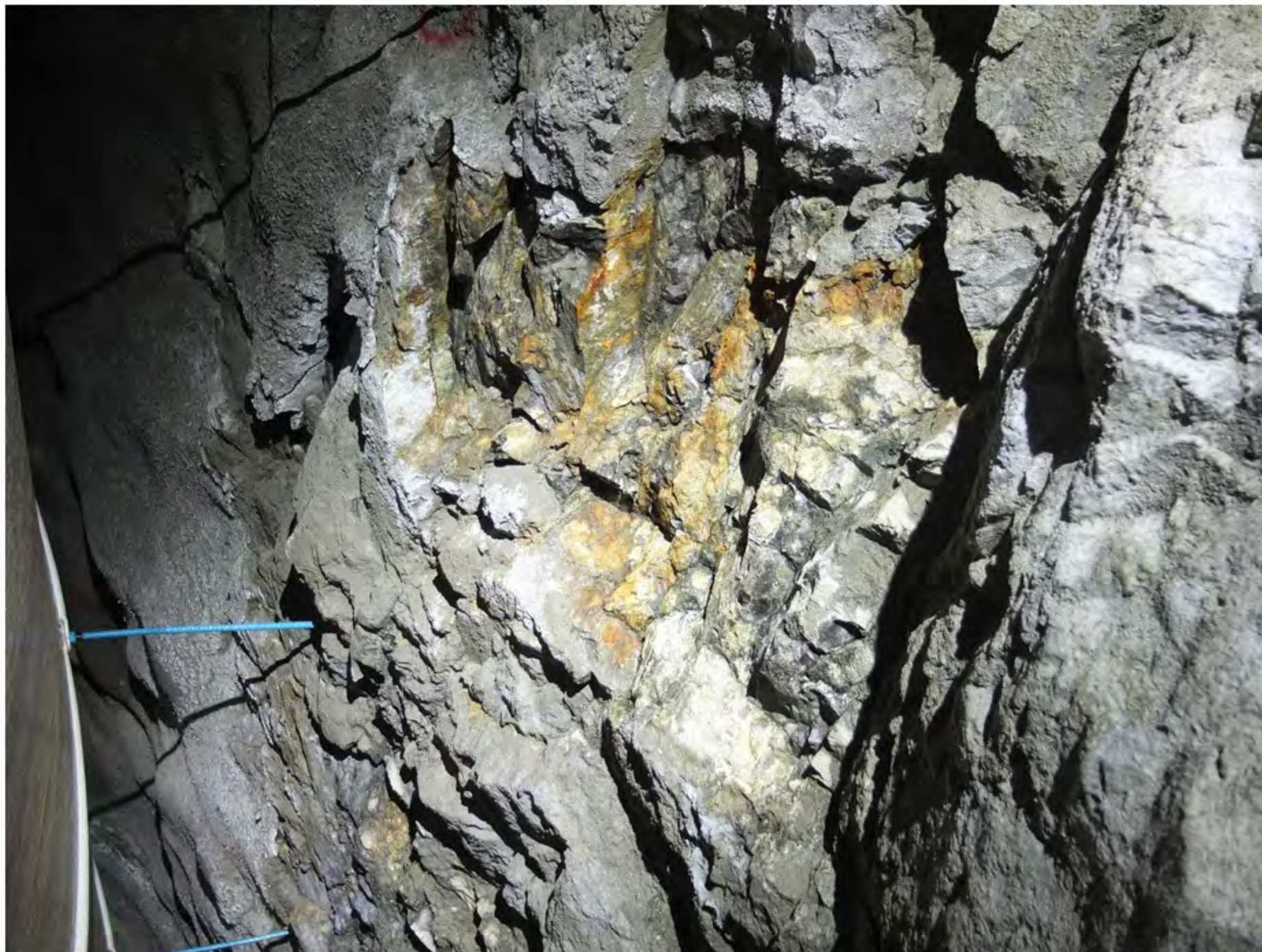


11 Malingstykkelse Combicoat



12 Oversikt bak hvelv

Vedlegg 2.6A Nattlandtunnelen



13 Bergtype



14 Avleiringer på tunnelduk

Vedlegg 2.6A Nattlandtunnelen



15 Detalj bakrør - God tilstand



16 Dreneringsdetalj over betongbankett på baksiden av hvelv

Vedlegg 2.6A Nattlandtunnelen

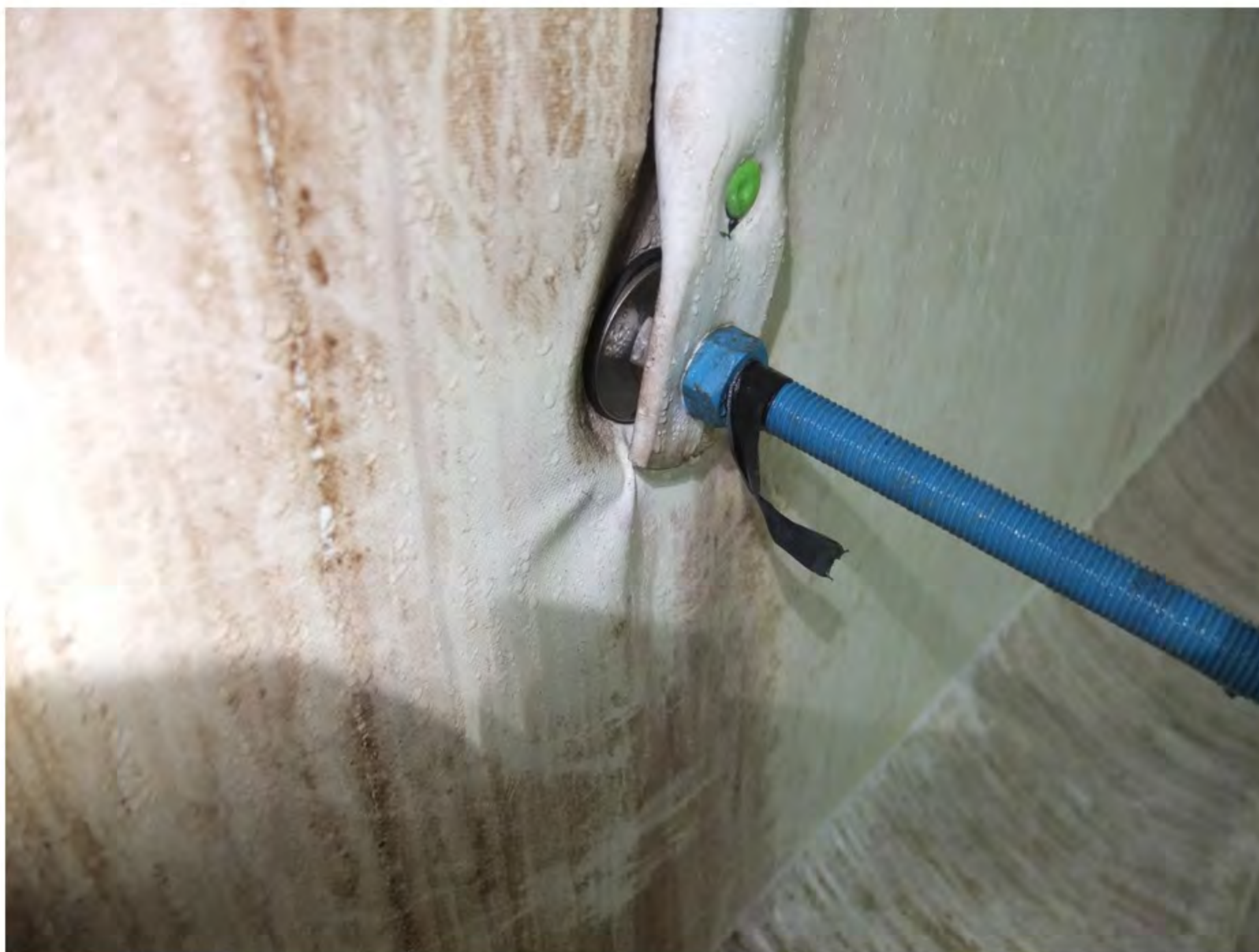


17 Detalj av innfesting av duk til betongbankett på baksiden av hvelv



18 Bolt og innfesting til berg

Vedlegg 2.6A Nattlandtunnelen



19 Detalj festebolt med syrefast skive



20 Støttestag for festebolter

Vedlegg 2.6A Nattlandtunnelen



21 Detalj av avslutning av støttestag

Vedlegg 2.6B Sædalstunnelen

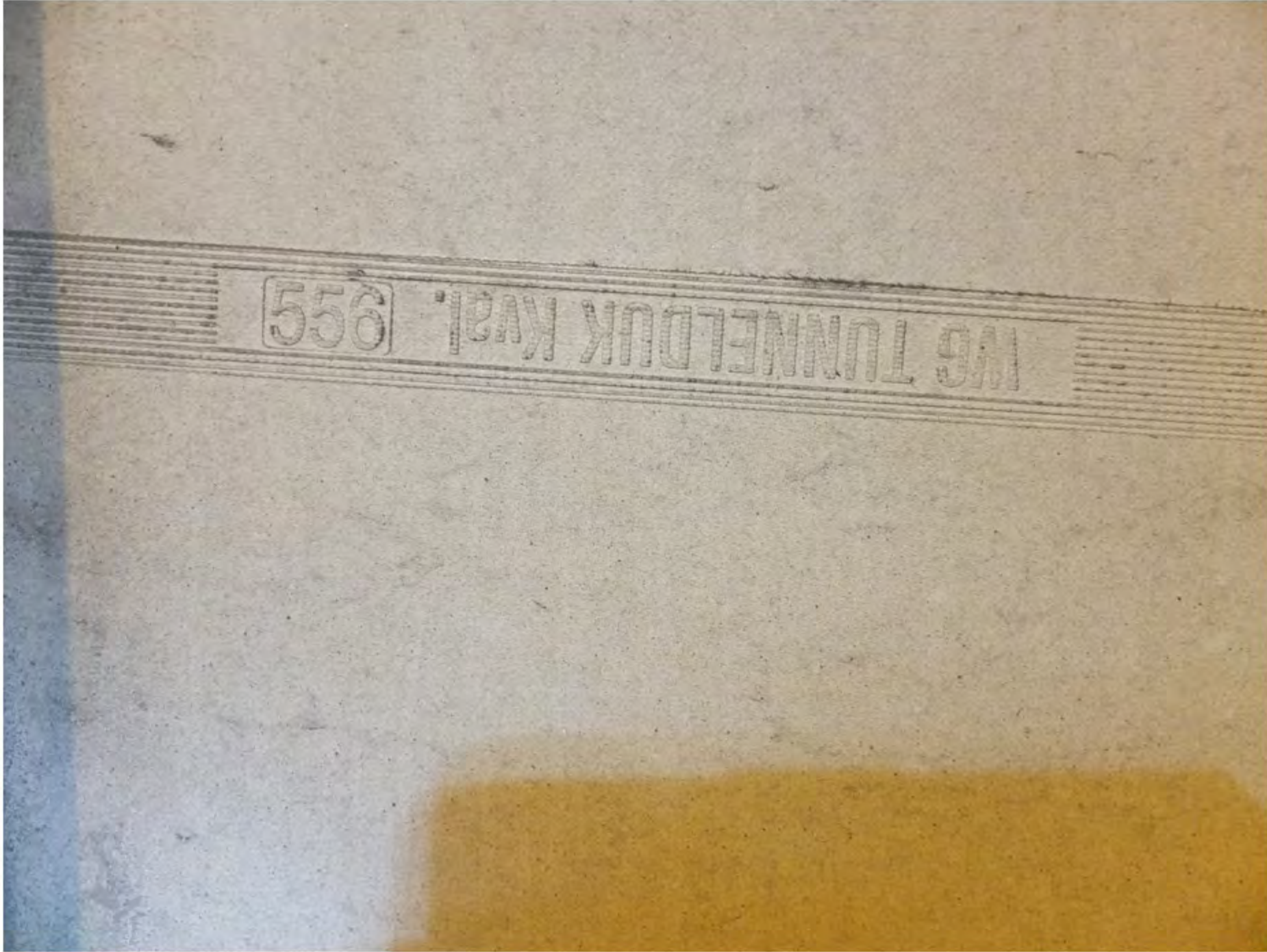


1 Oversikt portal syd

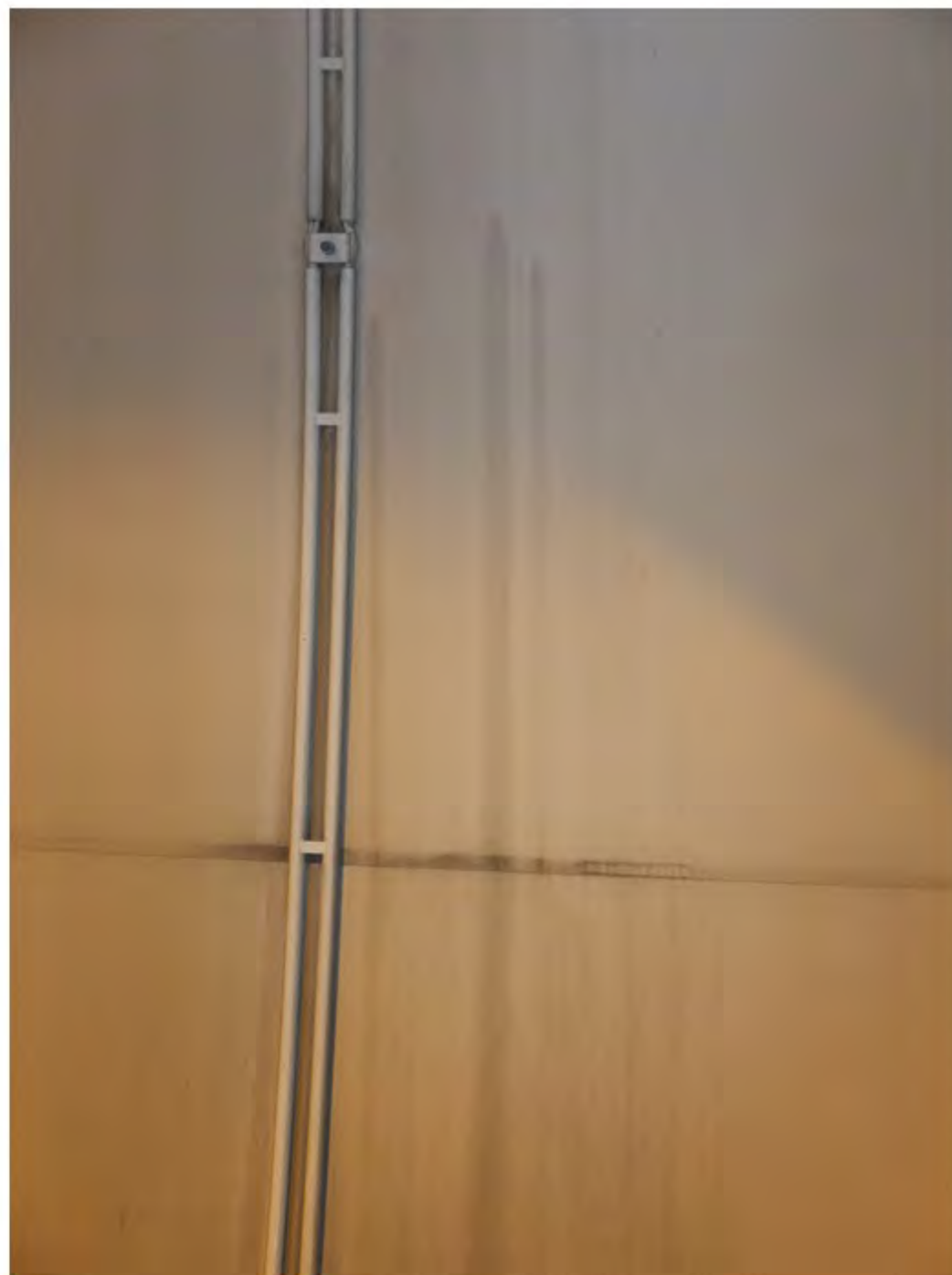


2 Oversikt tunnelkledning

Vedlegg 2.6B Sædalstunnelen



3 Tunnelduk type 556

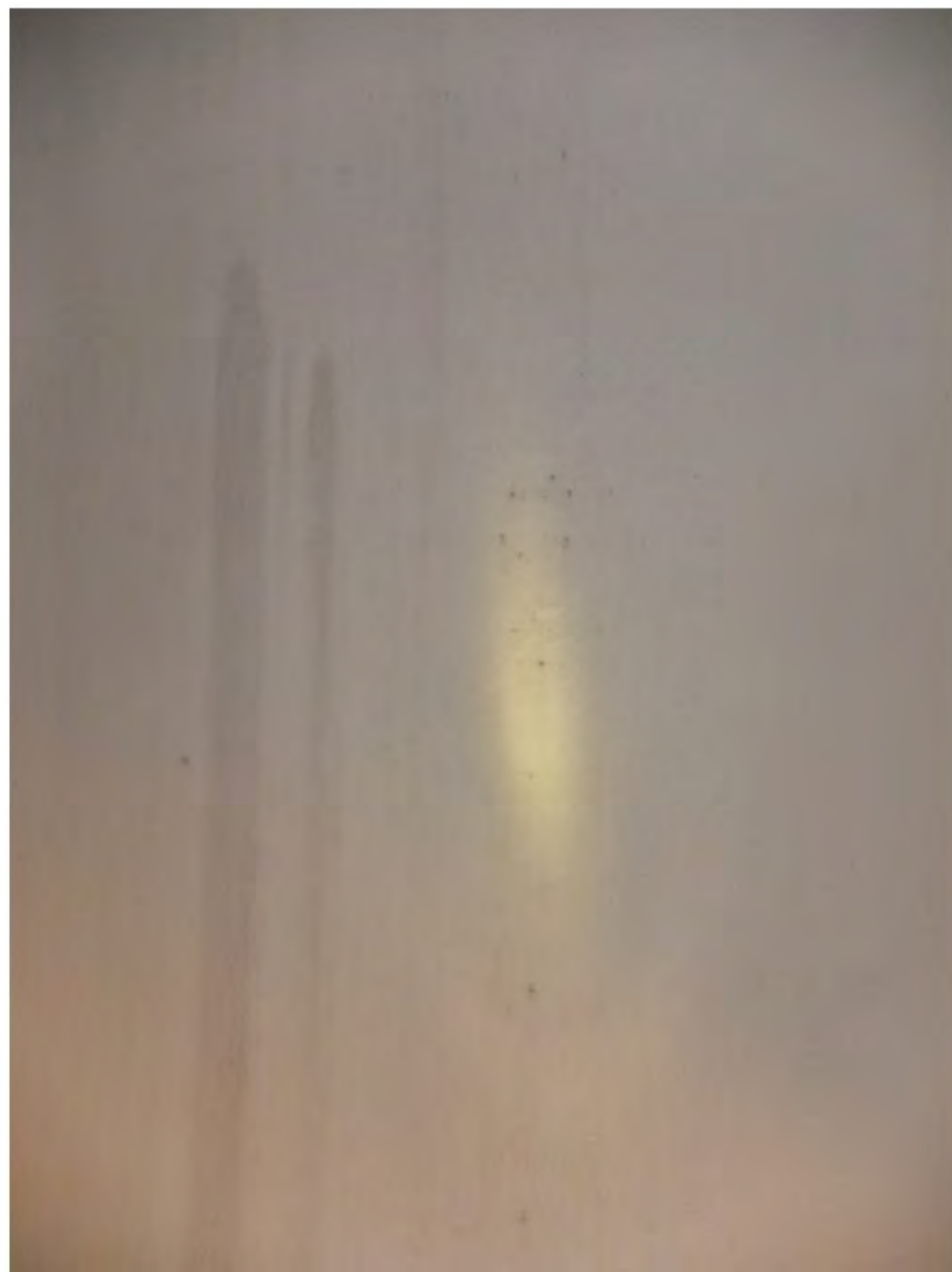


4 Misfarginger på duk

Vedlegg 2.6B Sædalstunnelen

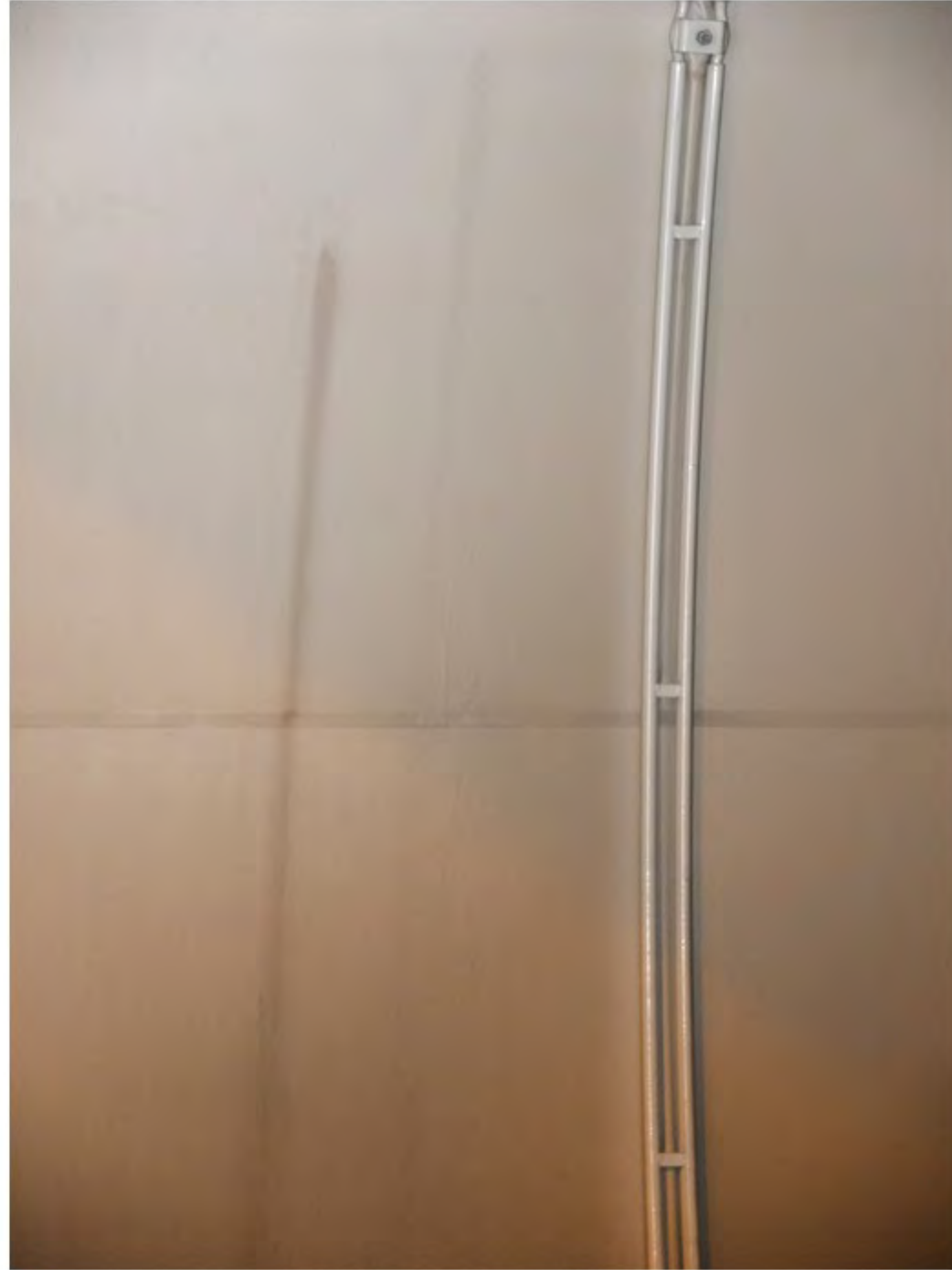


5 Misfarginger på duk



6 Misfarginger på duk

Vedlegg 2.6B Sædalstunnelen



7 Misfarginger på duk



8 Misfarginger på duk

Vedlegg 2.6B Sædalstunnelen



9 Bretter i duk



10 Misfarginger i bretter i duk

Vedlegg 2.6B Sædalstunnele



11 Misfargingar inni dukmaterialet i brett



12 Misfargingar inni dukmaterialet i brett

Vedlegg 2.6B Sædalstunnelen

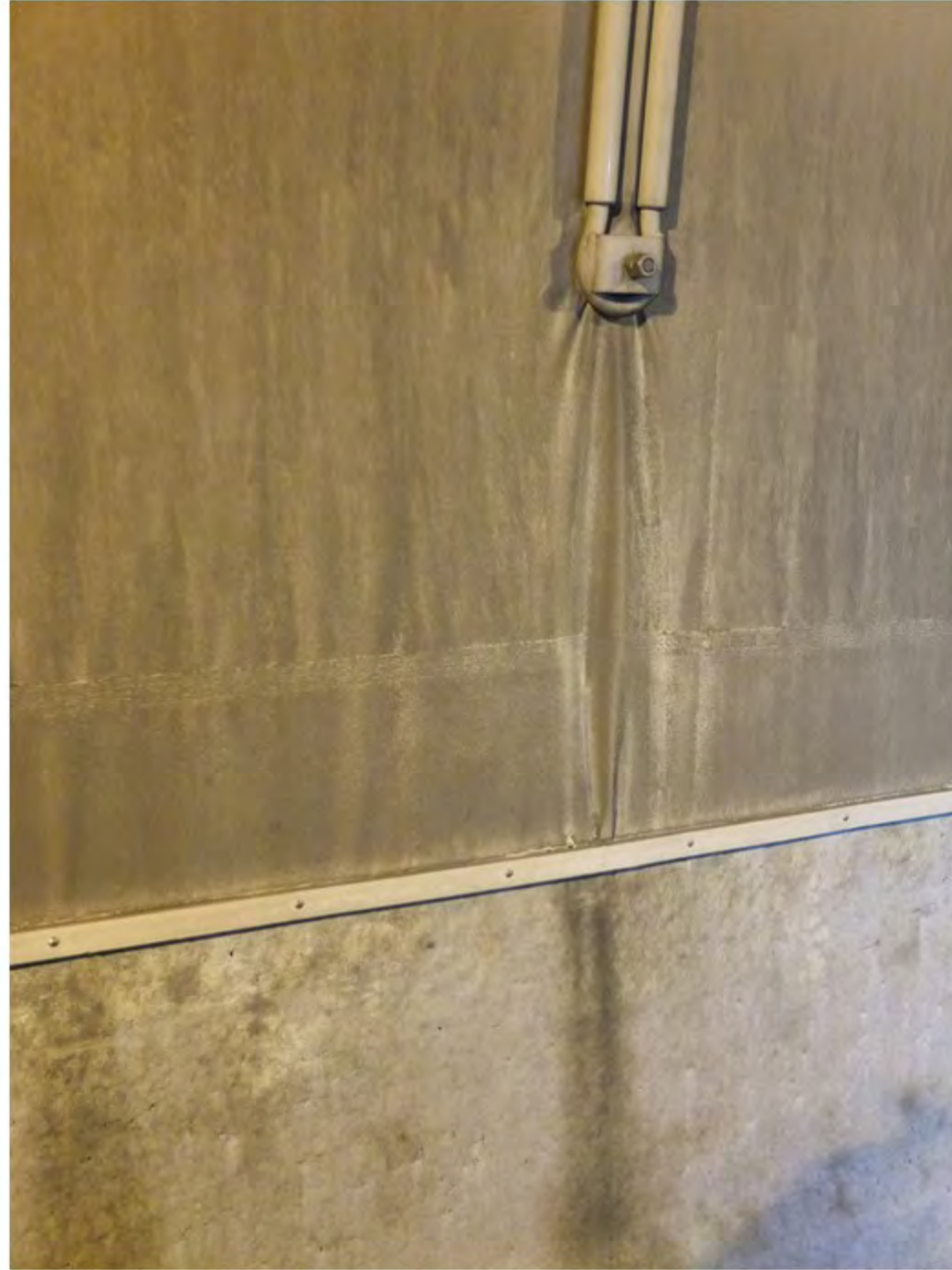


13 Misfargingar inni dukmaterialet i brett



14 Hvite prikker er hulrom i duk

Vedlegg 2.6B Sædalstunnelen



15 Mangelfull rengjøring av duk



16 Blæring i Combicoat på fremrør

Vedlegg 2.6B Sædalstunnelen



17 Lakkblærer fjernet



18 Tykkelsesmåling på Combicoat

Vedlegg 2.6B Sædalstunnelen



19 Vanndrypp fra berget gir misfarging



20 Vanndrypp fra berget gir misfarging

Vedlegg 2.6B Sædalstunnelen



21 Misfarginger på duk fra vanndrypp

Vedlegg 2.7 Stongfjelltunnelen



1 Nordre portal



2 Tunnelkledning innefor nordre portal

Vedlegg 2.7 Stongafjelltunnelen



3 Tunnelkledning innenfor nordre portal



4 Tunnelkledning innenfor søndre portal

Vedlegg 2.7 Stongafjelltunnelen



5 Tunnelkledning innenfor søndre portal



6 Dårlig stramming av duk

Vedlegg 2.7 Stongafjelltunnelen



7 Dårlig stramning av duk



8 Overgang mot berg - Duk er påsprøytet kalkbelegg

Vedlegg 2.7 Stongafjelltunnelen



9 Duk er påsprøytet kalkbelegg



10 Duk har løsnet i skjøt

Vedlegg 2.7 Stongafjelltunnelen



11 Brudd i duk ved fremrør



12 Brudd i duk - Isolasjon synelig

Vedlegg 2.7 Stongafjelltunnelen



13 Påkjørselskade



14 Korrosjon på fremrør

Vedlegg 2.7 Stongafjelltunnelen



15 Korrosjon på fremrør ned mot bankett



16 Fremrør er rustet helt av ned mot bankett

Vedlegg 2.7 Stongafjelltunnelen



17 Ujevnheter og tæring på sink et stykke over bankett



18 Detalj av skjøt av fremrør

Vedlegg 2.7 Stongafjelltunnelen



19 Detalj av skjøt av fremrør



20 Detalj ved tverrsnittsendring

Vedlegg 2.7 Stongafjelltunnelen



21 Baksiden av isolert hvelv



22 Baksiden av isolert hvelv

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



1 Oversikt nordre portal



2 Oversikt søndre portal

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



3 Oversikt tunnelkledning innenfor nordre portal



4 Profil 50 - Buklinger i duk pga dårlig stramming

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



5 Profil 50 - Stram duk ned mot nedfylt forankring i skulder



6 Profil 50 - Skade i duk rett over oppfylt skulder

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



7 Profil 50 - Hull i duk pga bakenforliggende stein



8 Profil 100 - Oversikt - Endeavslutning feltvis montasje

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



9 Profil 100 Framrør - Tykkelse varmforsinking 98 my



10 Profil 200 Framrør - Tykkelse varmforsinking 110 my

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



11 Profil 200 - Fukt lekkasje ved nedre boltefeste

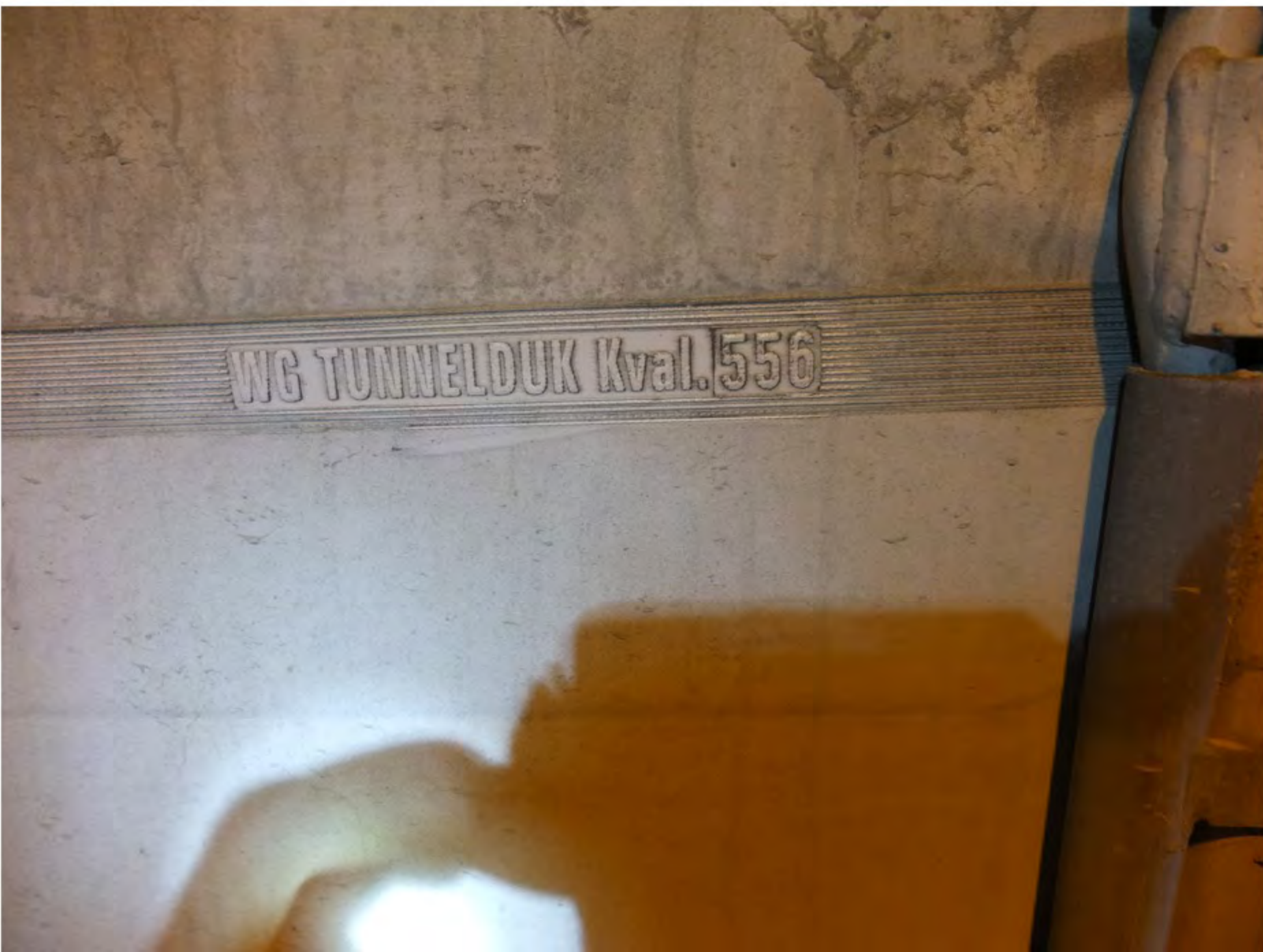


12 Profil 250 før søndre portal - Oversikt

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



13 Profil 200 før søndre portal - Reparasjonsfelt med WG tunnelduk type 556 ca 3 x 8 m



14 Reparasjonsfelt med WG tunnelduk type 556

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



15 Reparasjonsfelt med duk type 556 - Stort omfang av bretter i duk



16 Reparasjonsfelt med duk type 556 - Stort omfang av bretter i duk - Dårlig stramming

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



17 Reparasjonsfelt med duk type 556 - Brett i duk med brudd i plastmaterialet



18 Reparasjonsfelt med duk type 556 - Brett i duk med brudd i plastmaterialet

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



19 Framrør behandlet med Combicoat i reparasjonsfelt



20 Framrør i reparasjonsfelt med Combicoat - Tykkelse belegg 128 my

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



21 Detalj av endeavslutning av duk



22 Profil 50 - Misfarging og belegg på duk fra lekkasjevann

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



23 Profil 100 - Stram duk på bergside pga oppfylling av skulder

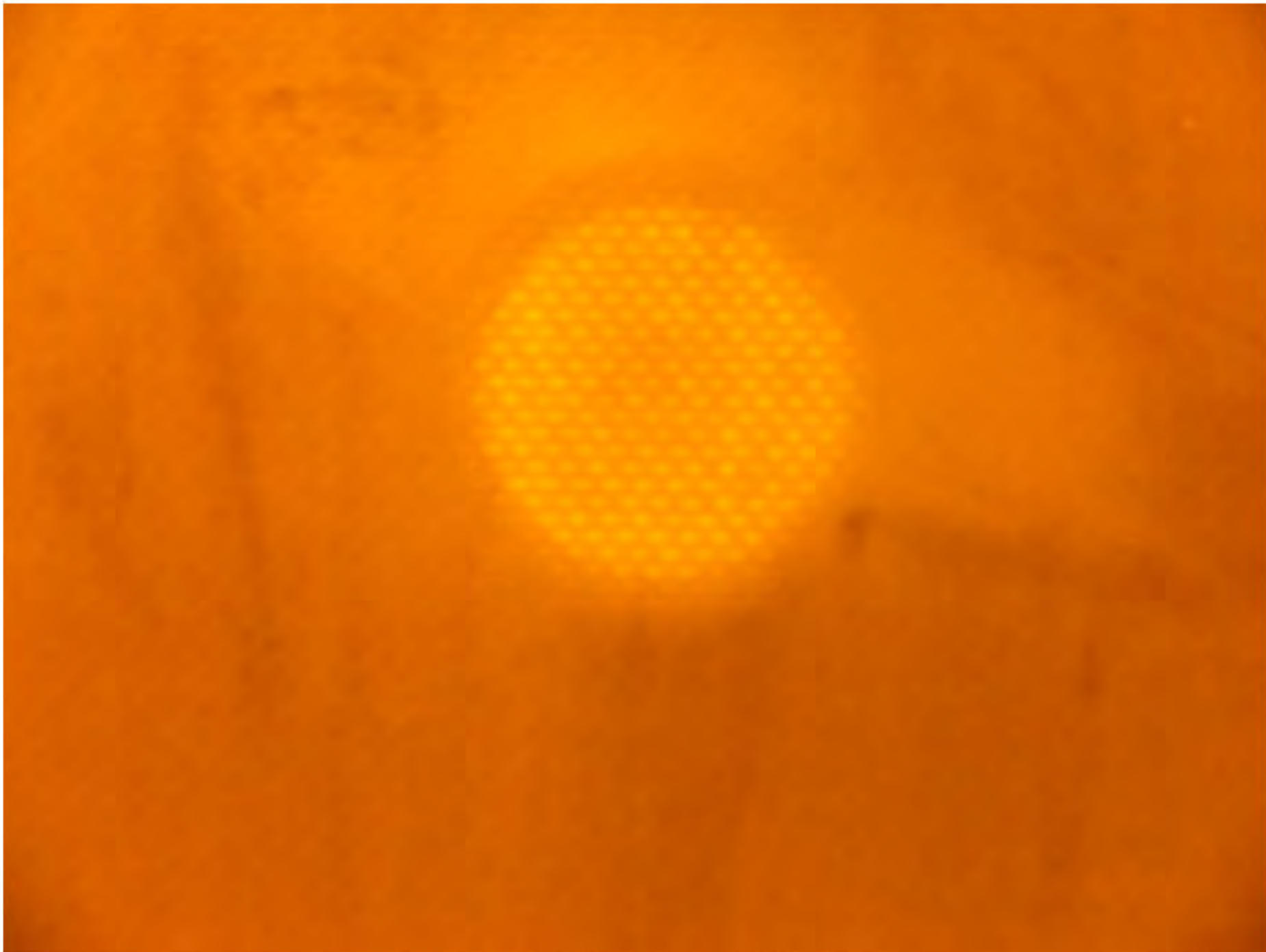


24 Profil 200 - Brudd i duk ved endeavslutning av bakrør

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen

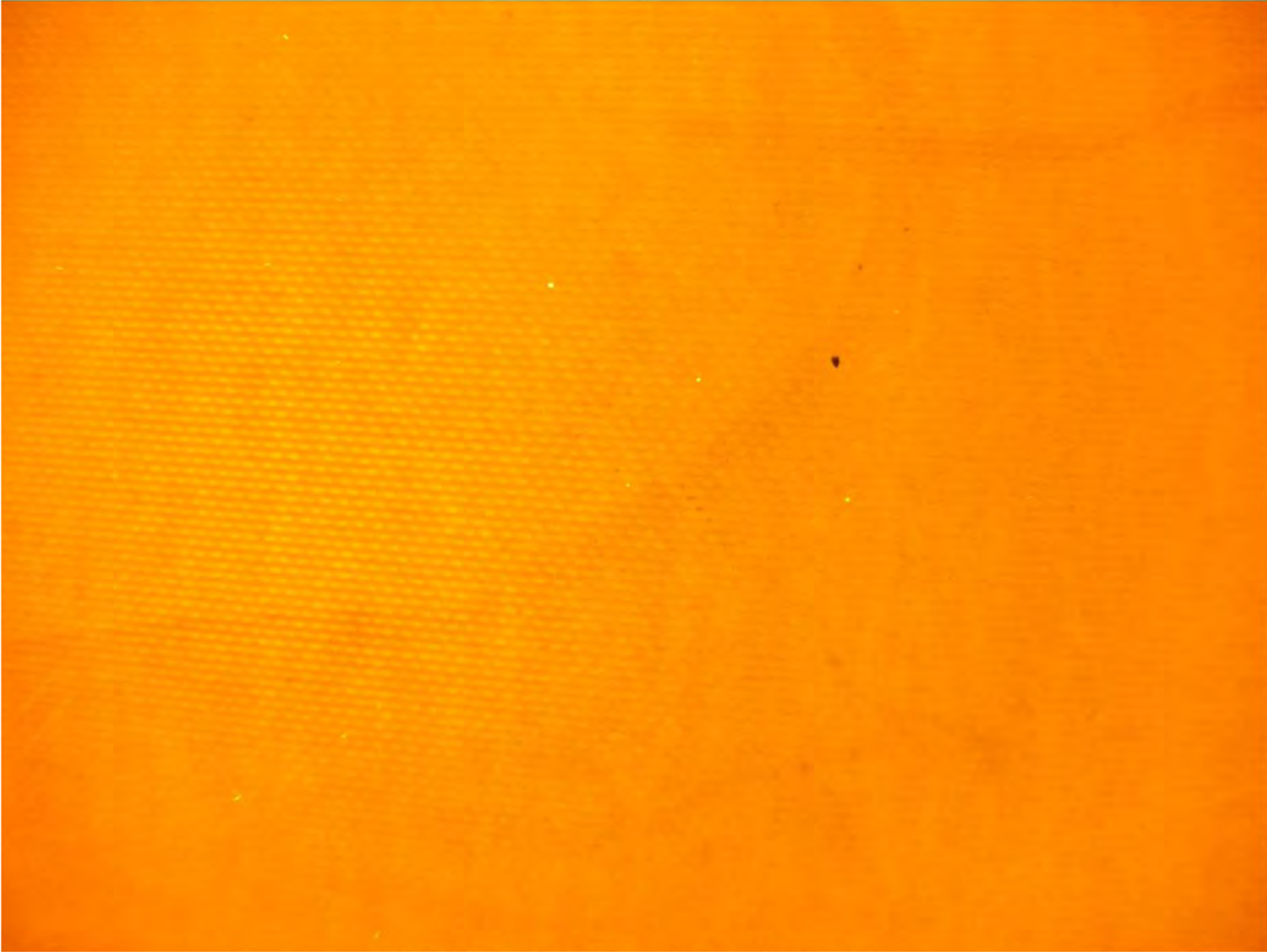


25 Profil 100 - Brudd i duk pga oppfylling for skulder



26 Gjennomlysning viser ingen hulrom i duk

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen

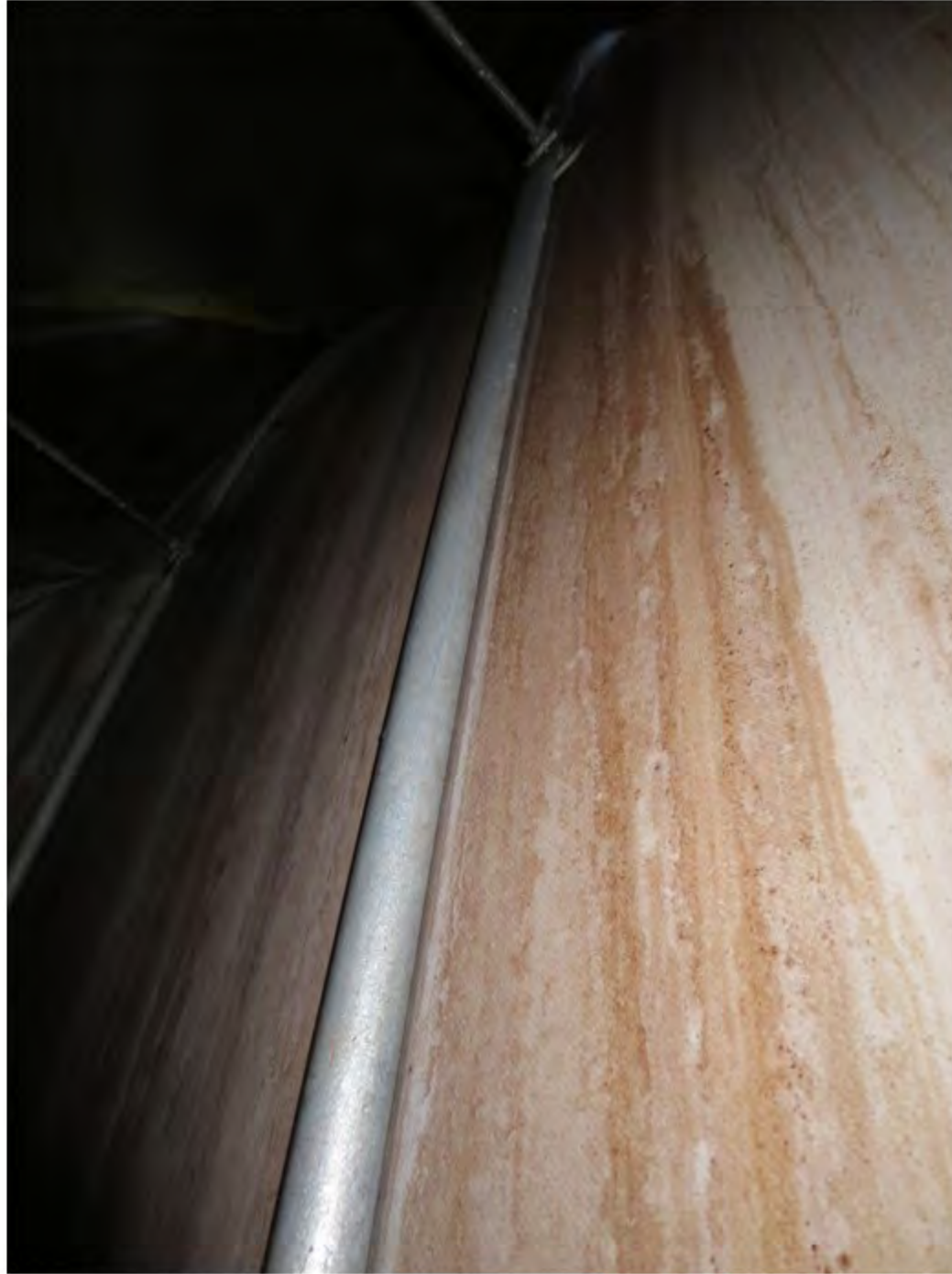


27 Gjennomlysning viser 3 små hull i duken lokalt



28 Profil 50 - Innside av luke

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



29 Profil 50 - Misfarging og belegg på duk - Bakrør i god stand

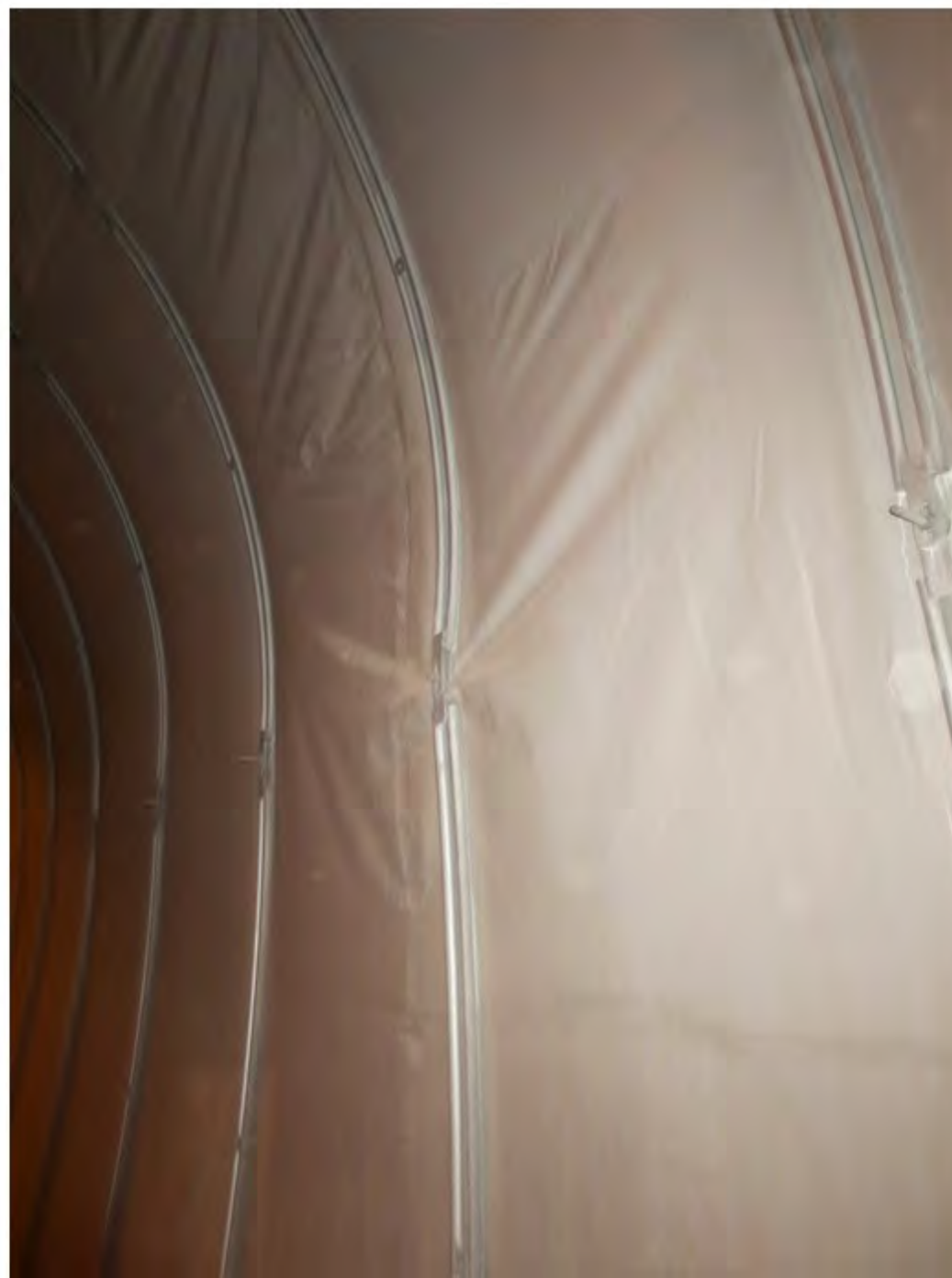


30 Bakrør i god stand

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



31 Profil 200 Bakrør - Tykkelse varmforsinking 84 my

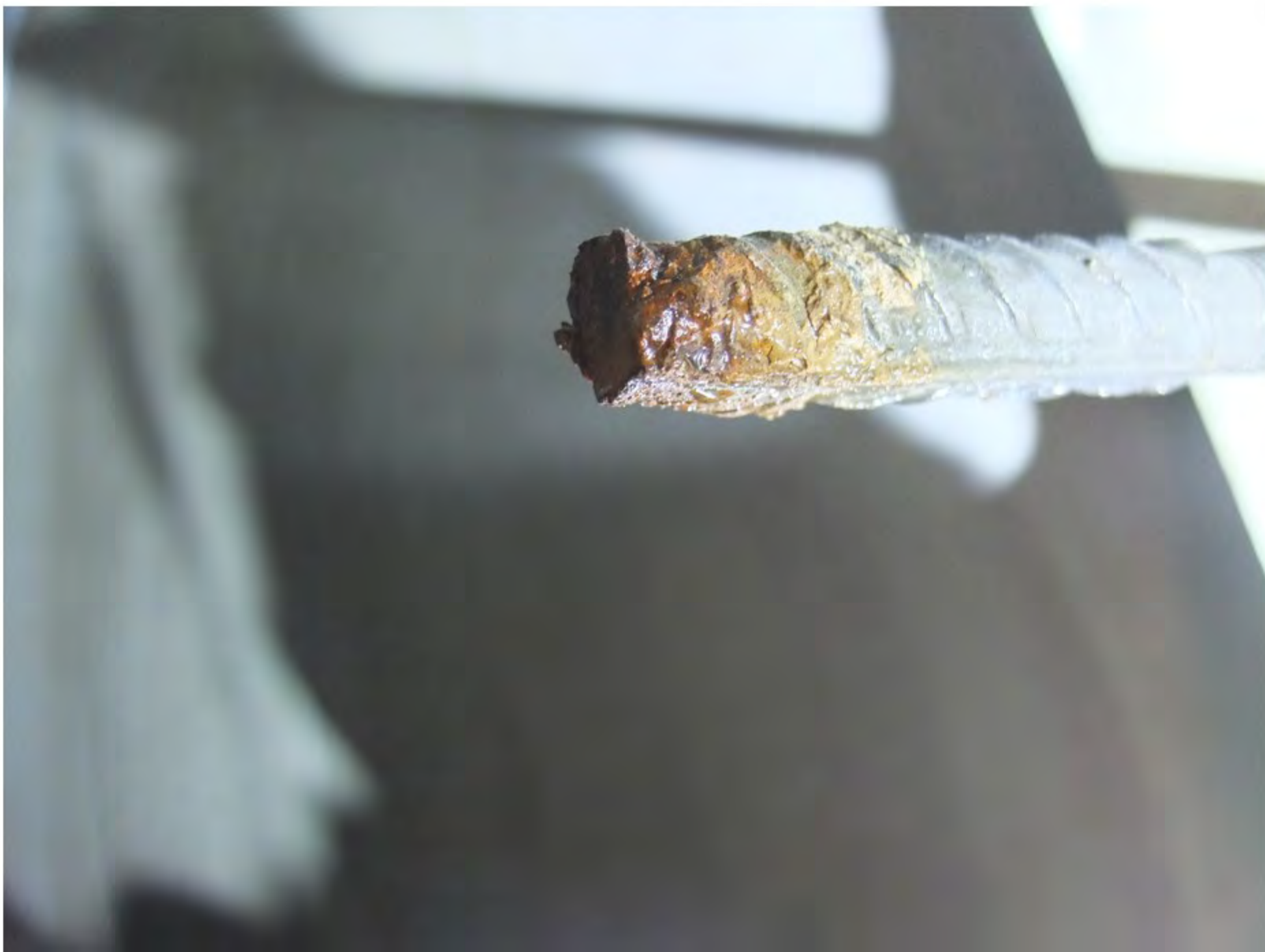


32 Profil 500 - Utbøyd framrør pga brudd i festebolt

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



33 Brudd i festebolt ved overgang til berg



34 Bruddflate i festebolt - Groptæring

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



35 Bruddflate i festebolt inne i berget



36 Festebolt - bakrør - muttere og skive i god stand

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



37 Profil 200 - God tilstand på festebolt



38 Ingen skader på bolt i berginnfesting

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



39 Profil 500 - Utfelling av jernoksid fra boltehull



40 Profil 500 - Utfelling av jernoksid fra boltehull

Vedlegg 2.8 Kjøpsviktunnelen



41 Profil 50 - Bergtype



42 Profil 100 - Bergtype

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



1 Vestre tunnelportal



2 Ved vestre portal - Oversikt tunnelkledning innkjøringszone med føringskant

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



3 Typisk tunnelprofil



4 Profil 900 - Buklinger av duk pga dårlig stramming i hengen

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



5 Typisk misfarging på duk



6 Profil 1300 - Misfarget duk

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



7 Profil 1560 - Misfarget duk



8 Profil 1800 - Tilsmussing fjernet - Duken er inntakt

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



9 Nedføring og nedfylt duk i skulderarealet



10 Profil 1100 - Nedfylt og forankret duk i underliggende masser

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



11 Profil 1560 - Fukt og mindre lekkasjer ved festebolter



12 Profil 1050 - Hull i duk med tilhørende oppfukning

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



13 Profil 1050 - Nærbilde av hull i duk



14 Profil 1560 - Løsner festebolter

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



15 Profil 1560 - Ingen lekkasje i pakning - Lekkasje er høyere opp på duken



16 Vestre portal - Tykkelse varmforsinking på framrør

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen

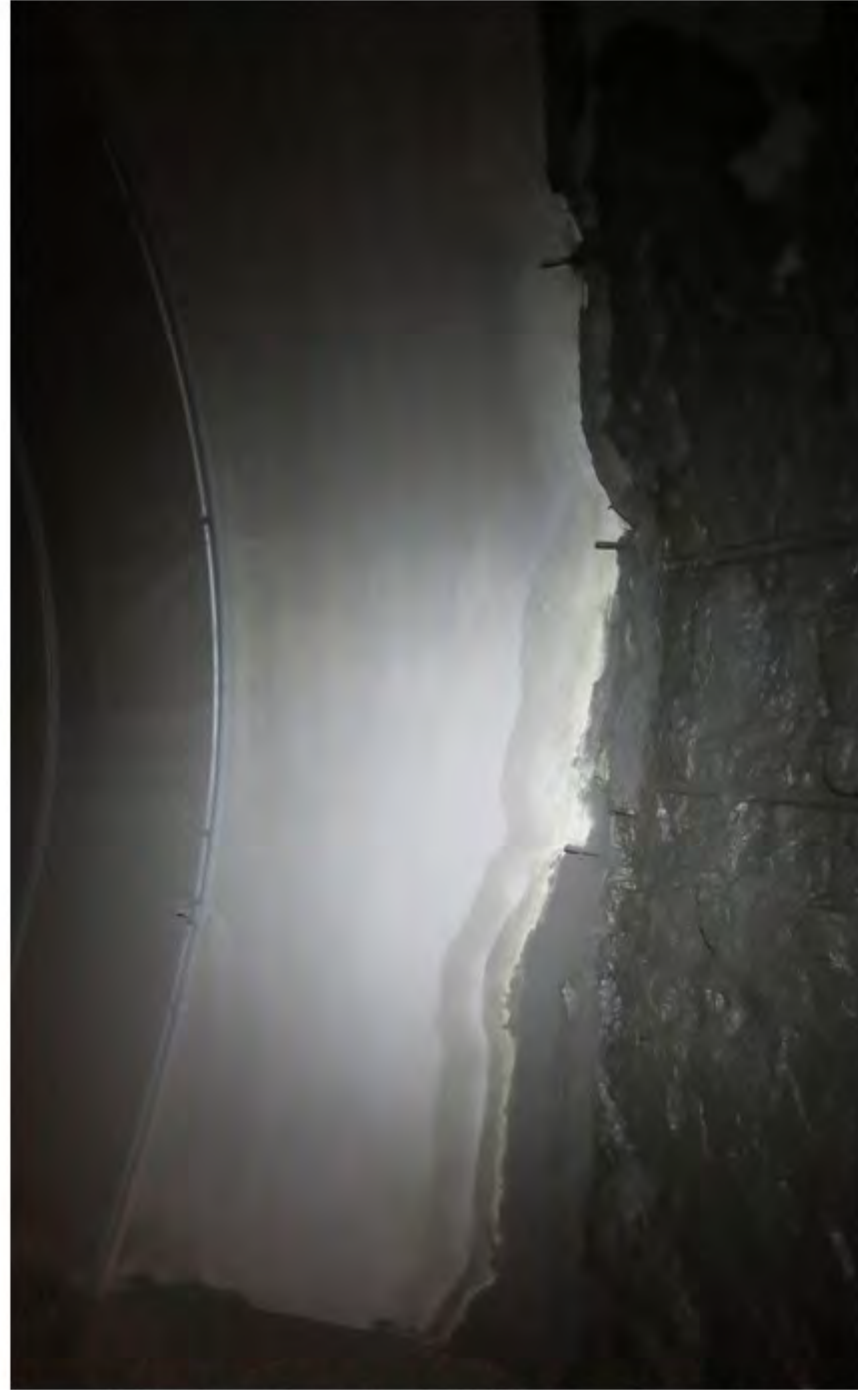


17 Profil 900 Framrør - Tykkelse varmforsinking 84 my ned mot bankett



18 Profil 900 Framrør - Tykkelse varmforsinking 98 my 1 meter over bankett

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



19 Profil 900 - Detalj av endeavslutning av duk



20 Profil 100 Bak hvelvet - Typisk belegg og avleiringer på tunnelduk

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



21 Profil 1100 - Avskjernet omfattende punktlekkasje



22 Profil 1100 - Avrenning av store vannmengder på baksiden av duk

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



23 Profil 1300 - Fjerning av avleiringer og belegg på duk

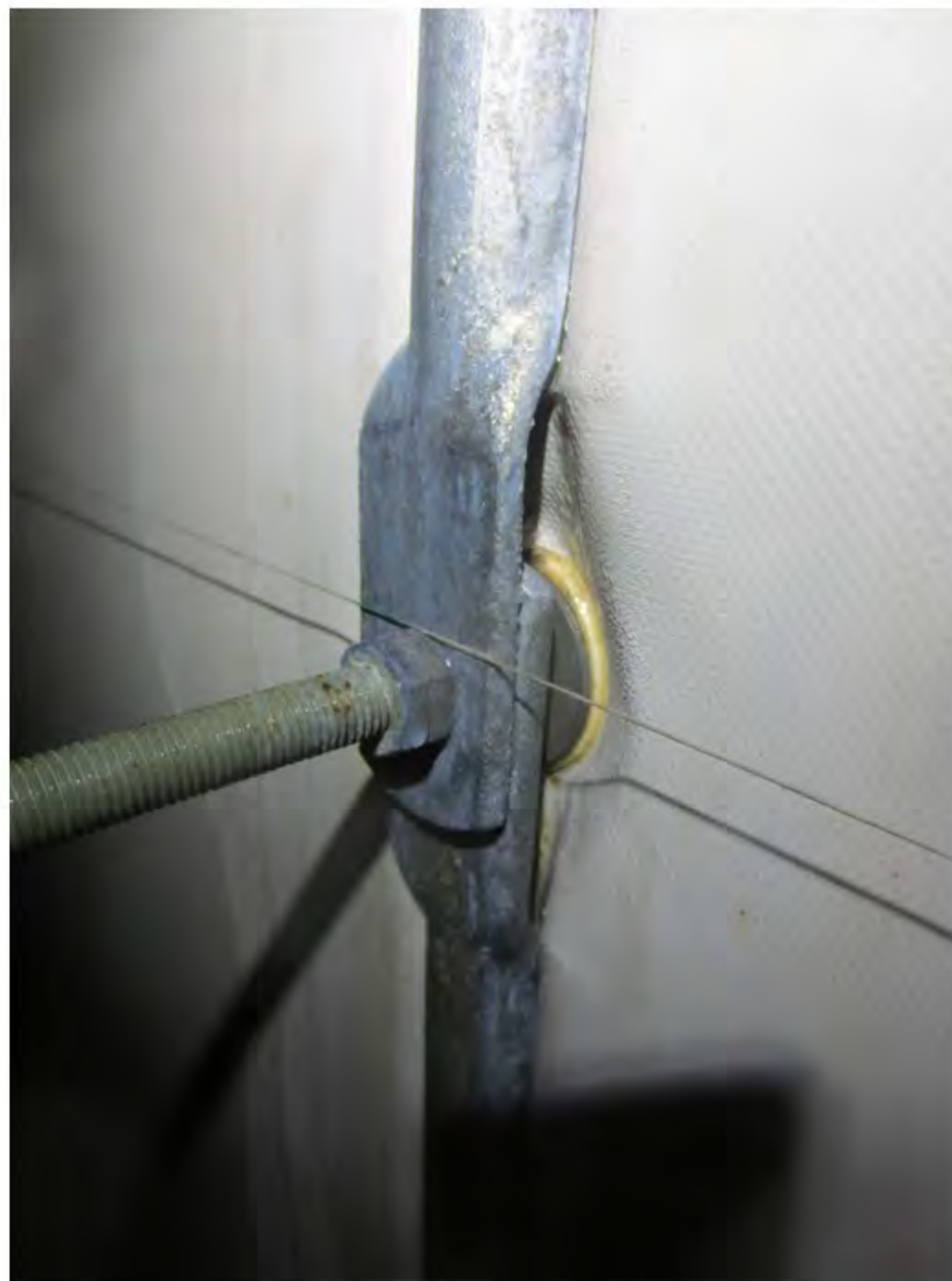


24 Profil 1300 - Belegg fjernet - Ingen synlig skade på duken

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



25 Gjennomlysning av duk - Homogent materiale uten hull



26 Bakrør med festebolt og bakskive

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



27 Profil 100 - Bakrør med noe utslag av sinkoksyd - hvitrust



28 Profil 100 - Tykkelse varmforsinking på bakrør - 90 my

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



29 Profil 1100 - Avleiringer fra innlekkasjevann på bakrør

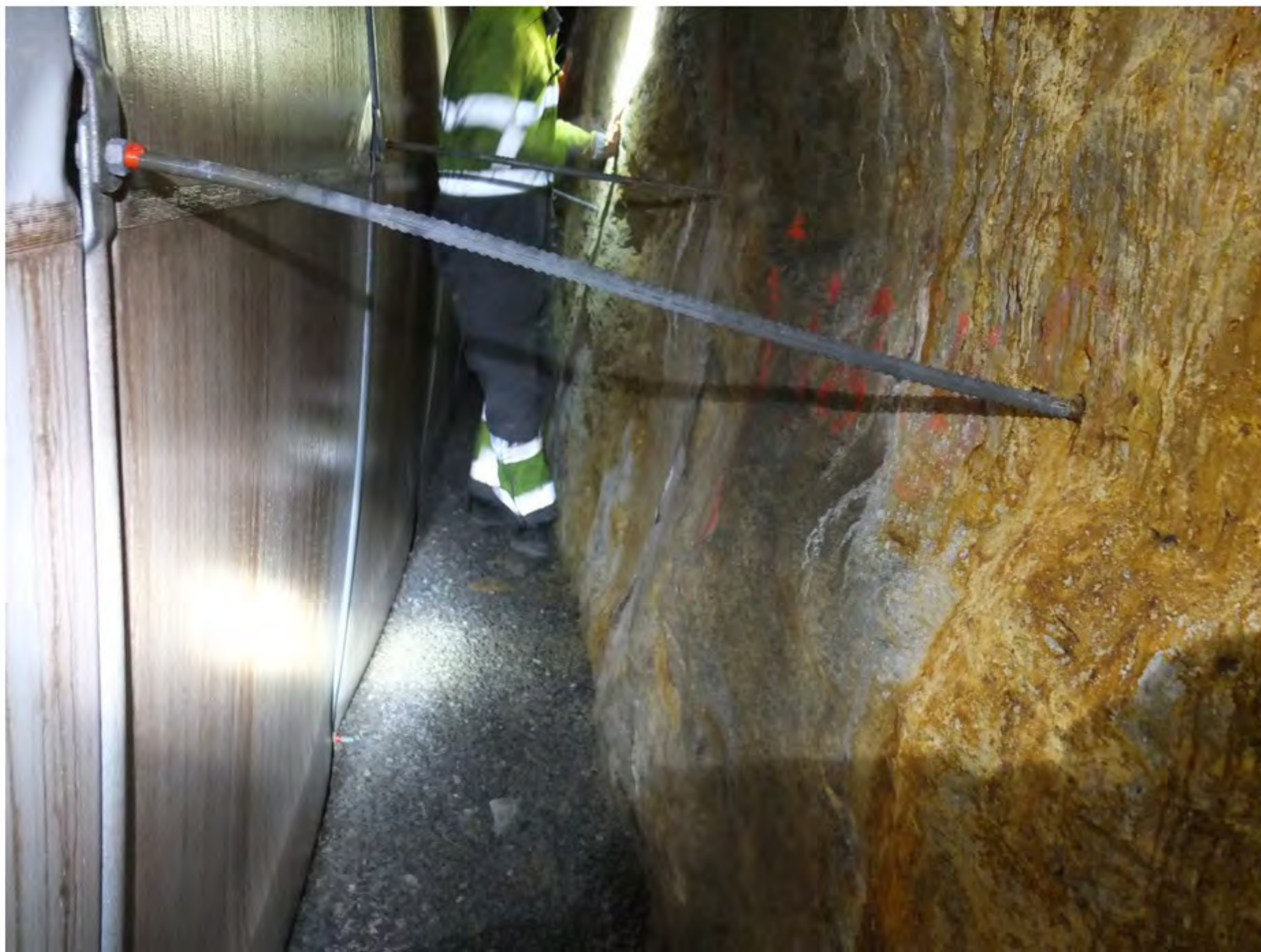


30 Profil 1100 - Tæring av sink under avleiringer av innlekkasjevann

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



31 Profil 1100 - Tykkelse av sink 24 my i område med tæring



32 Bøyningsdeformasjon i festebolt

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



33 Combicoated festebolt i meget aggressivt miljø - Tilstand OK



34 Profil 1300 - Avleiringer fra lekkasjevann på festebolt

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



35 Profil 1100 - Påbegynt korrosjon i gjengeparti på Combicoated bolt



36 Festebolt - Korrosjon ved punktskader i overflatebehandlingen samt avleiringer fra lekkasjevann

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



37 Festebolt ikke fult innstøpt



38 Festebolt tilfredsstillende innstøpt

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



39 Profil 200 - Bergtype



40 Profil 1100 - Bergtype

Vedlegg 2.9 Storvikskartunnelen



41 Profil 1300 - Bergtype

Vedlegg 2.10 Ellingsøy-tunnelen



1 Oversikt - Innkjøring fra Ålesundsiden



2 Sprøytebetong høyre side

Vedlegg 2.10 Ellingsøy-tunnelen



3 God sprøytebetongutførelse



4 Punktlekkasje ifbm rørføring

Vedlegg 2.10 Ellingsøytunnelen



5 Detalj punktlekkasje



6 Punktlekkasje ifbm trekkerør

Vedlegg 2.10 Ellingsøytunnelen



7 Dilatasjonsfuge - Løse biter



8 Dilatasjonsfuge - Rissanviser synlig

Vedlegg 2.10 Ellingsøytunnelen



9 Synlig brandduk i dilatasjonsfuge



10 Ramper mot-fra Flatholmen

Vedlegg 2.10 Ellingsøy-tunnelen



11 Adkomstluke Pr 9800 høyre side



12 Oversiktsbilde bak hvelv

Vedlegg 2.10 Ellingsøytunnelen



13 Bakskive - Noe blæring og lakkavskalling mot kant



14 Blæring og rustutslag på skive

Vedlegg 2.10 Ellingsøytunnelen



15 Kalkutfelling på duk - Bløring og lakkavskalling på skive



16 Dobbelsveis duk

Vedlegg 2.10 Ellingsøytunnelen



17 Detalj sveis



18 Bakskiver og festebolter

Vedlegg 2.10 Ellingsøytunnelen



19 Blæring - Flassing lakk



20 Lakkskade kammer - Lokal korrosjon

Vedlegg 2.10 Ellingsøytunnelen



21 Adkomstluke venstre side Pr 9335



22 Noe blæring - Lakkskader på kant

Vedlegg 2.10 Ellingsøytunnelen



23 Blæring bakskive



24 Blæring- Rustutslag

Vedlegg 2.10 Ellingsøytunnelen



25 Oversikt bak hvelv



26 Bakskive - Kondensvann - Kantskader på lakk

Vedlegg 2.10 Ellingsøytunnelen



27 Skade sinkbelegg kammer



28 Baksive - Noe blærer mot kant skive

Vedlegg 2.10 Ellingsøytunnelen



29 Bergart - Gneis

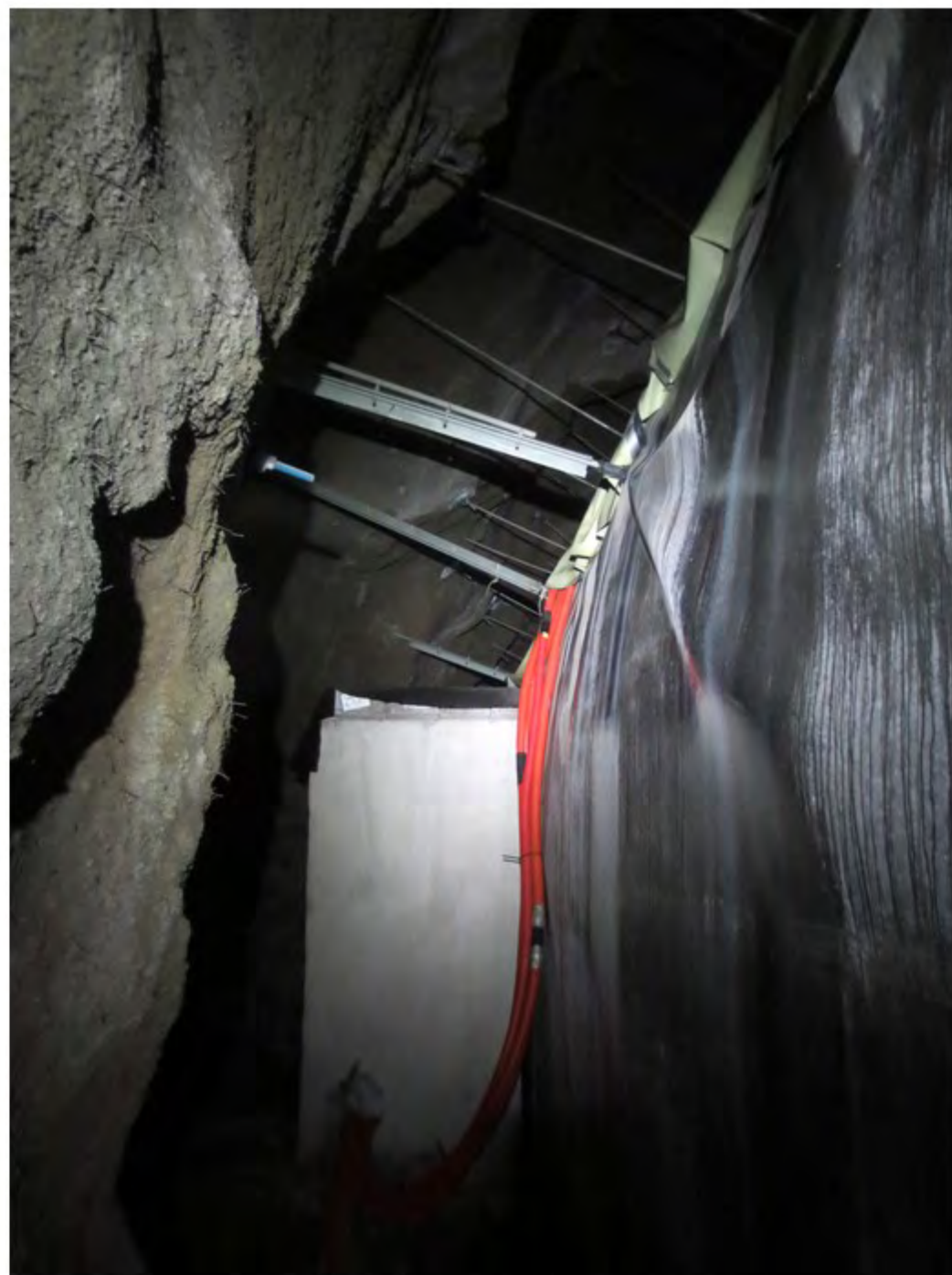


30 Bergart - Gneis

Vedlegg 2.11 Knappetunnelen

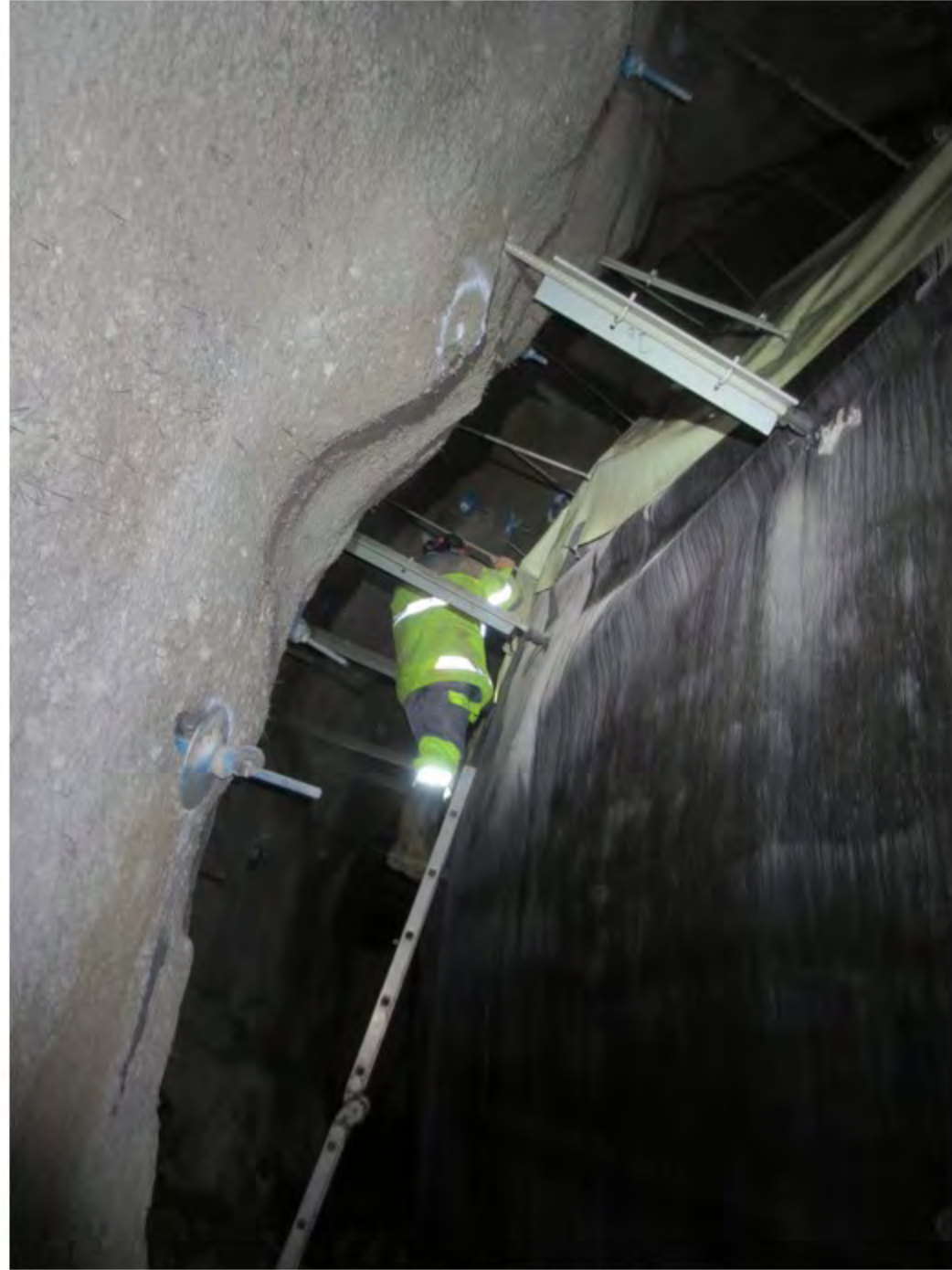


1 Oversikt nordgående løp



2 Baksiden av hvelv og teknisk rom

Vedlegg 2.11 Knappetunnelen



3 Tilkomst til Waproduk



4 Baksiden av hvelv

Vedlegg 2.11 Knappetunnelen



5 Overgang betongelementer og sprøytebetonghvelv



6 Overgang betongelementer og sprøytebetonghvelv

Vedlegg 2.11 Knappetunnelen



7 PP-duk bak betongelement



8 Ujevnheter på duk

Vedlegg 2.11 Knappetunnelen



9 Ujevnheter på duk



10 Ujevnheter på duk

Vedlegg 2.11 Knappetunnelen



11 Oversiden av takhvelv



12 Oversiden av takhvelv - Stående vanndam

Vedlegg 2.11 Knappetunnelen



13 Fiberduk under Wapromembran



14 Fiberduk

Vedlegg 2.11 Knappetunnelen



15 Wapromembran med Zip-Lock skjøt



16 Zip-Lock skjøt

Vedlegg 2.11 Knappetunnelen



17 Festebolter for oppheng av hvelv



18 Festebolter

Vedlegg 2.11 Knappetunnelen



19 Festebolt med skive og pakning

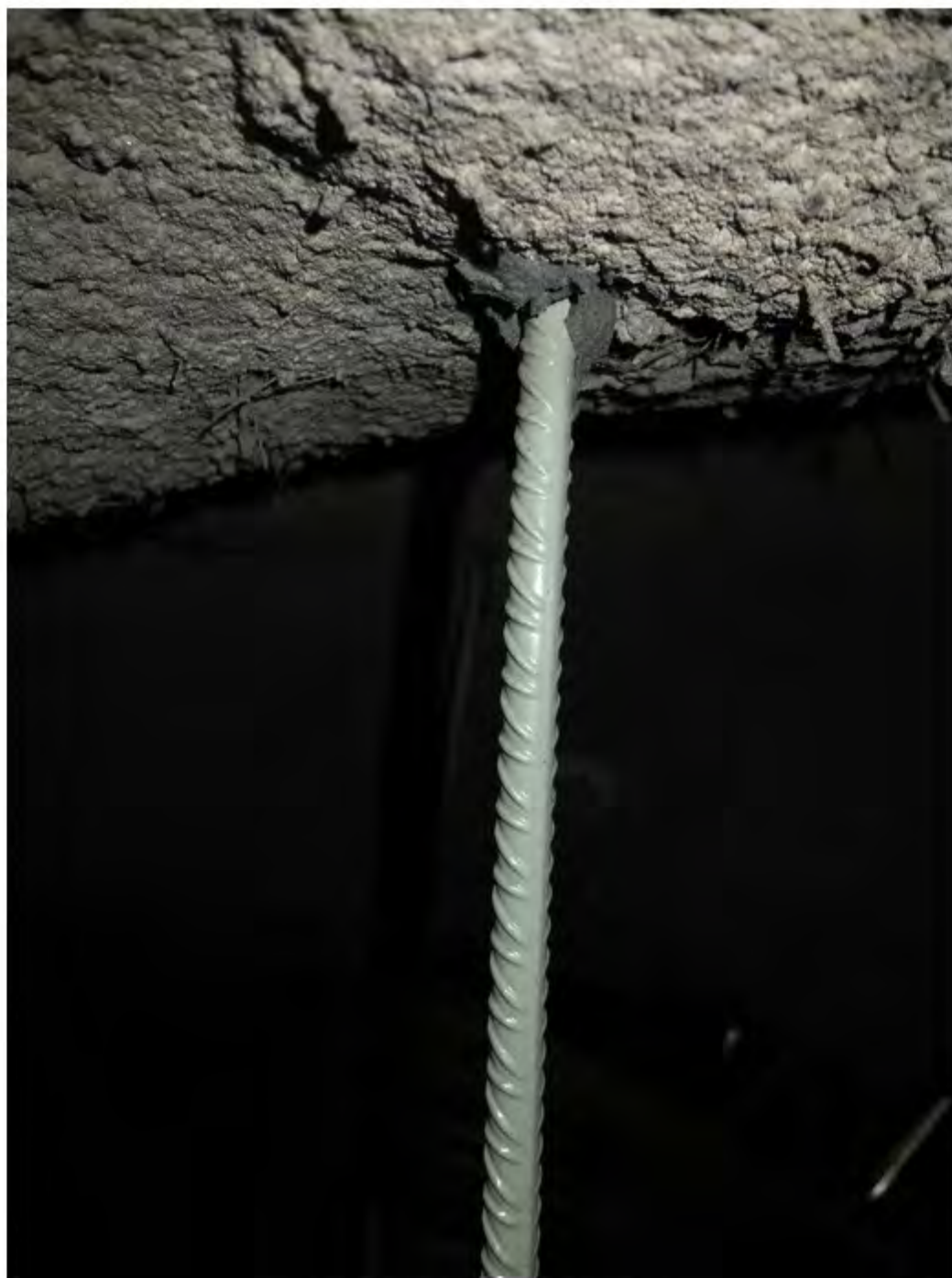


20 Festebolt med skive

Vedlegg 2.11 Knappetunnelen



21 Festebolt



22 Festebolt med innfesting

Vedlegg 2.11 Knappetunnelen



23 Innfesting bolt



24 Rømningsvei 5 nordgående løp

Vedlegg 2.11 Knappetunnelen

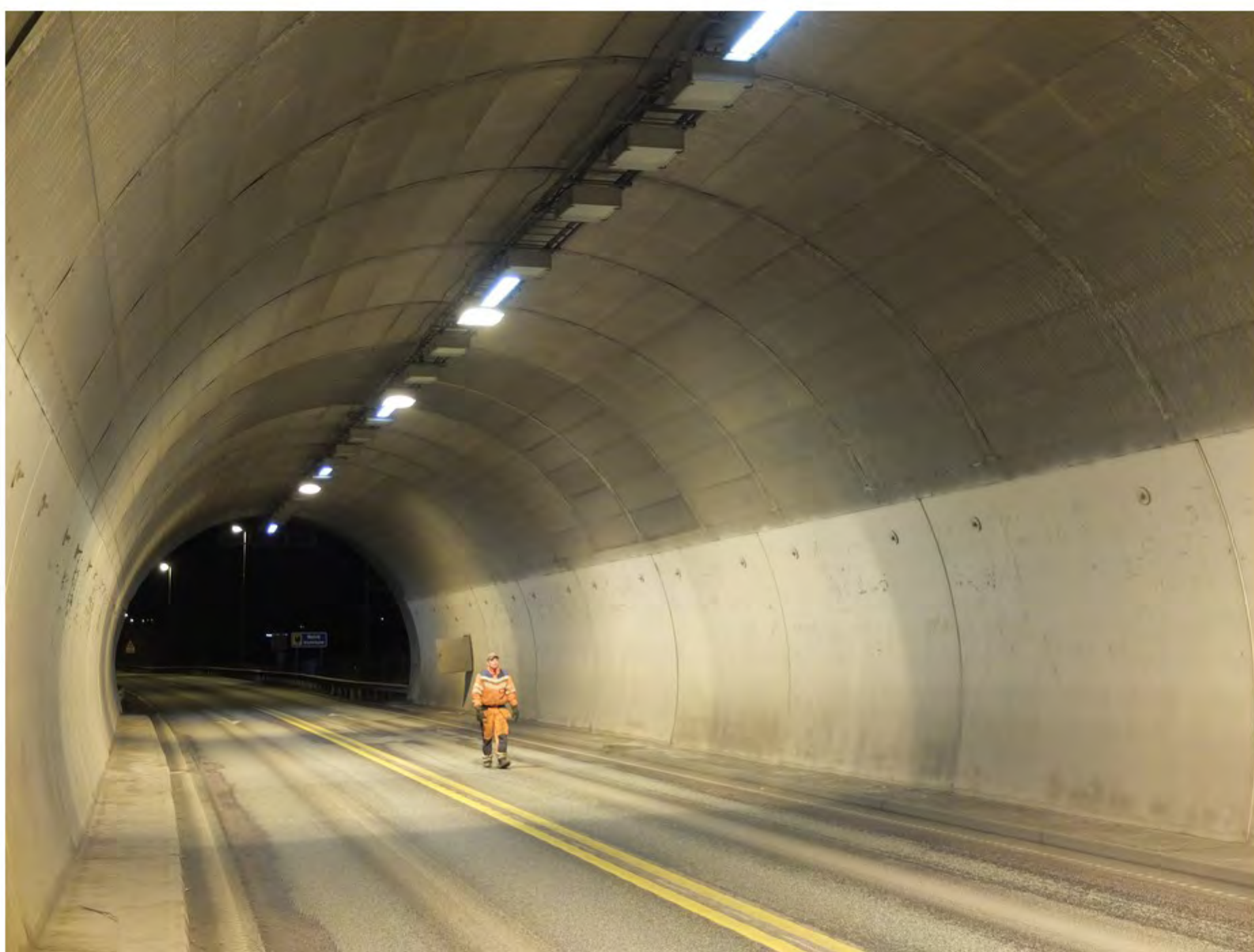


25 Rømningsluse

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



1 Oversikt østre portal



2 Oversikt tunnelprofil med prøvelfelt med Aluway isolert platehvelv

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



3 Oversikt felt med platekassetter



4 Mangelfull rengjøring av overflater

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



5 Prøvefelt plassert ned mot veggelement - Rengjøring av overflater



6 Prøvefelt

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



7 Prøvefelt hvor skitt er fjernet ved børsting og bruk av fille



8 Blæredannelser i lakken

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



9 Blæredannelser og avflassing av lakk



10 Tykkelse av overflatebehandling på prøvelfeltet - 146 my

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



11 Prøvefelt plassert 3 meter over veggelement - Lys flekk er detaljinspisert



12 Platefelt før rengjøring og inspeksjon

Vedlegg 2.12 Væretunnelen

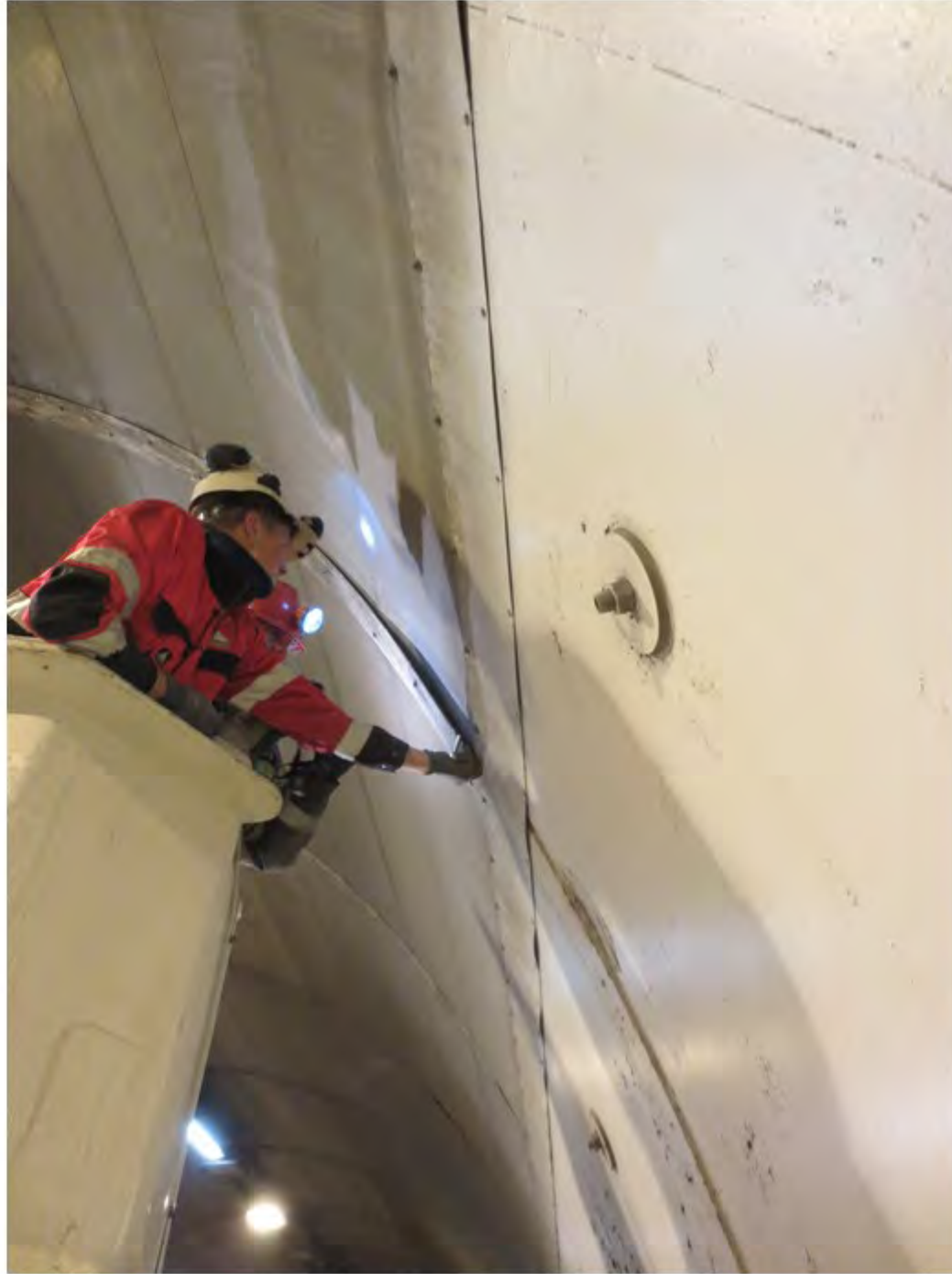


13 Rengjort prøvelfelt viser blæring og avflassing av lakk



14 Inspeksjon av platefelt med lift

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



15 Dekkbeslag løsnes for inspeksjon



16 Flassing av lakk på tverrgående dekkbeslag

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



17 Festebolter for kassetene under dekkbeslaget



18 Syrefast skrue for innfesting av dekkbeslag OK

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



19 Felt med syrefaste platekassetter



20 Felt med syrefaste platekassetter

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



21 Detaljilde overflate til syrefast platekassett



22 Overgang mellom syrefaste og overflatebehandlede platekassetter

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



23 Overgang platekassetter veggelement - Malingsavflassing på veggelement



24 Malingsavflassing på veggelementer

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



25 Overgang til portal - Omfattende malingsavflassing på platekassetter



26 Mekanisk skade på avslutningsbeslag for platekassetene

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



27 Oversikt PVC-membran i hengen



28 Tilslutning og innfesting av membran til T-profilet

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



29 Festebolt



30 Detalj festebolt med innfestingsplate og U-klammer

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



31 Mekanisk skade på overflatebehandlingen på festebolt



32 Generelt tørt miljø - Lite lekkasje gjennom bergsikring av sprøytebetong

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



33 Avslutning buet T-profil



34 Detalj avslutning T-profil og ekstra membranstripe i forlengelsen av profilet

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



35 Klips for feste av membran til T-profilen



36 Våt isolasjon i overgangen mellom veggelement og UK platekassett

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



37 Korrosjon på baksiden på dekkbeslag mellom veggelement og UK platekassett



38 Bakside kassettplate

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



39 Baksiden av veggelement



40 Korrosjonsskader på håndtak til luke

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



41 Festebolter for kabelbru ved hver kassettskjøt



42 Detalj festebolt

Vedlegg 2.12 Væretunnelen



43 Bergtype



44 Bergtype



Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO
Tlf: (+47 915) 02030
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen