

TREBROERS BESTANDIGHET

DURABILITY OF TIMBER BRIDGES

HEDDA IVARRUD BRISENDAL

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR MATEMATISKE REALFAG OG TEKNOLOGI
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2010



Forord

Dette arbeidet utgjør den avsluttende delen av et fem år langt studium ved Institutt for Matematiske realfag og Teknologi, Universitetet for Miljø- og Biovitenskap (UMB). Studiet fører frem mot en mastergrad innen retningen Byggeteknikk og Arkitektur.

Emnet for oppgaven er valgt på bakgrunn av egeninteresse, og det faktum at Statens Vegvesen hadde et ønske om å få sine eldste ”nye” trebroer inspisert med henblikk på bestandighet og detaljering. Feltarbeid og rapport fra felten ble skrevet høsten 2009, og da det fremdeles var mye å ta tak i, var det en selvfølge å fortsette å jobbe med samme emne da masteroppgaven skulle skrives. Oppgaven omhandler altså trebroer, og deres bestandighet. Spesielt stor vekt tillegges inspeksjonsrutiner, som naturlig nok er en stor del av trebroers liv.

Oppgaveteksten er basert på egne undersøkelser av 34 trebroer i Østfold, Akershus, Oslo, Hedmark, Oppland og Buskerud. Dette innebærer en god del reisetid, og jeg vil rette en stor takk til Hallvard Johnsen Aase – studiekamerat og reisefølge – for å ha vært med på arbeidet med å innhente data, og for å holde ut med meg på veien. Jeg vil også takke mamma og pappa, som har lest korrektur og rettet både grammatikk og humør.

I tillegg vil jeg takke veilederen min, Nils Ivar Bovim, ansatt ved UMB, og ikke minst Otto Kleppe og Tormod Dyken ved Vegdirektoratet som har gjort oppgaven mulig ved å utlyse et ønske om å få noe gjort.

Jeg vil også takke Knut Grefstad ved Vegdirektoratet, pluss alle de i Vegvesenet som hjalp meg i august. For ikke å glemme Mari Sivertsen og Olav Høibø ved Institutt for Naturforvaltning ved UMB som har svart på spørsmål som har dukket opp underveis, Erik Larnøy ved Skog og Landskap, pluss resterende folk og fe ved UMB som har svart på spørsmål og hjulpet til på laboratoriet, venner som har kommet med gode råd, min bror som har stått for det engelske – og sist men ikke minst, min såkalte bedre halvdel pluss mine kollektivsamboere for å holde ut med enkelte sure miner og stressede utbrudd.

Universitetet for Miljø- og Biovitenskap, Ås

den 15.mai 2010

Hedda Ivarrud Brisendal

Sammendrag

I denne masteroppgaven er det foretatt en vurdering av Statens Vegvesens inspeksjonsrutiner for trebroer. Formålet med dette er å kontrollere om rutinene eventuelt kan forbedres eller suppleres, noe som videre kan bidra til å øke trebroenes levetid.

I løpet av august 2009 ble 34 trebroer i Østfold, Akershus, Oslo, Hedmark, Oppland og Buskerud inspisert, og trefuktighet ble kartlagt med en fuktighetsmåler – type motstandsmåler - lånt av Universitetet for Miljø- og Biovitenskap. I tillegg ble visuell inspeksjon av konstruksjonene gjort, og eventuelle feil og mangler notert. Disse dataene ble siden brukt som grunnlag for videre arbeid med inspeksjonsrutinene, og alle registreringer fra inspeksjonene ligger som vedlegg til oppgaven (*vedlegg 1*).

For å kunne kontrollere om fuktighetsmålingene i august var korrekte, ble motstandsmåleren kalibrert for kreosotimpregnert tre. Dette ble gjort ved å legge uimpregnert tre – som motstandsmåleren allerede er kalibrert for – og kreosotimpregnert tre i samme klima i 3 uker. I teorien skal dette gi samme trefuktighet både i uimpregnert og impregnert tre. I tillegg opprettet vi tre ulike klima for å undersøke hvilken effekt dette kunne ha. De uimpregnerte prøvene ble først tørket helt ut i tørkeskap, slik at vi hadde tørrvekten fra starten. Dette ble også gjort på halvparten av de kreosotimpregnerte prøvene, men merk: kun halvparten, da dette egentlig ikke gir oss prøvenes tørrvekt siden en del av kreosoten vil fordampe i prosessen. Likevel valgte vi å gjøre det slik, fordi vi også hadde kreosotprøver som ikke var tørkede og som ga oss grunnlag til å observere forskjeller. Underveis i forsøket, mens prøvene lå i de ulike klimaene, målte vi vektendringer. Slik fikk vi trefuktigheten i prosent for de uimpregnerte prøvene, og kunne kontrollere/konstatere når de hadde stabilisert seg. Dette tok omtrent 530 timer, og ved dette sluttidspunktet målte vi alle prøvene med samme motstandsmåler som vi brukte i august. Resultatene viste at kreosotimpregnert tre gir høyere fuktighetsverdier med fuktighetsmåleren enn de uimpregnerte prøvene. For klimaet hvor vi hadde 20 °C og 65 % RH var forskjellen på 1,8 % mellom kreosotimpregnert tre og uimpregnert tre, mens for klimaet med 20 °C og 85 % RH var forskjellen enda større, på 3,5 %. Fuktighetsmåleren gir altså for høye verdier i kreosotimpregnert tre. På tross av dette velger vi å si at dersom man får målinger på over 20 % trefuktighet kreosotimpregnert tre er det likevel høyere fukt enn ønskelig, og det kan være en indikasjon på at noe er feil med konstruksjonen.

Resultatene fra inspeksjonene ble også evaluert. Her ble det funnet at ett av de vanligste problemene er dårlig rydding rundt broene. Dette medfører at busker og kratt får vokse fritt. Samtidig ser vi at dårlig opprydding på broen fører til at det blir liggende hauger med grus og jord som gjør områder fuktig over tid.

Denne masteroppgaven gir i tillegg et forslag til et supplement til dagens inspeksjonsrutine, hvor fuktighetsmåling blir en større del av inspeksjonene. Det er dessuten laget et skjema for fuktighetsmålingene, og det er forklart hvor i brokonstruksjonen målingene bør foretas.

Summary

In this thesis the main focus has been to assess the inspection routines of the Norwegian Public Roads Administration for wooden bridges. The purpose of this is to control if said routines can be improved or supplemented, which may contribute to the extended lifespan of the wooden bridges.

During August 2009 34 wooden bridges in the counties of Østfold, Akershus, Oslo, Hedmark, Oppland and Buskerud were inspected, and the humidity of the wood was measured using a humidity measurement kit – a resistance meter type – lent by the Norwegian University of Life Sciences. In addition to this a visual inspection of the constructions were performed, and defects and errors were noted. This data was then used as the basis for further work regarding improvements of the inspection routines. All the collected data can be found in appendix 1.

To validate the humidity measurements of August, the resistance meter was calibrated for use with creosote impregnated wood. This was performed by storing untreated wood for which the resistance meter is already calibrated and creosote impregnated wood in the same climate for a period of three weeks. Theoretically this should result in the humidity of the two specimens being identical. In addition to this, three different climates were developed to assess the effects of these. The untreated samples were dried using in a drying cabinet, to assess the dry weight at the start of the experiment. This was also done to half of the creosote impregnated samples. Please note that this was only done to half of the samples and not all of them as some of the creosote will evaporate during the drying process, corrupting the dry weight obtained at the end of the experiment. This was still the preferred method as samples that had not been through the drying process were also to hand, and the differences could be observed. The weight reduction was further on measured during the process to continuously assess the humidity of the samples, and to aid defining when the humidity of the samples had stabilised. The overall duration of this process took 530 hours, and at the end of the experiment the humidity was measured using the same measurement kit as was used in August. The results showed that overall the creosote impregnated samples gave higher values than the untreated ones. In the climate with 20°C and 65 % RH the difference between the two samples was 1.8%, while the results from the climate of 20 °C and 85 % RH displayed a greater difference of 3.5%. The conclusion of the calibration experiment is that the values of the readings of the creosote impregnated samples are too large. Despite this it has been

concluded that measurements of more than 20% humidity in creosote impregnated wood is too high, and may indicate a defect within the construction.

The results of the inspections were also evaluated. It was found that one of the more common problems is the maintenance of surrounding vegetation, resulting in large weeds and untrimmed grass and bushes. Similarly, the lack of maintenance of the road across the bridge results in piles of dirt and gravel collecting humidity over time.

This thesis makes a suggestion to an addition to the inspection routines of today, where the measurement of the humidity in the construction will become a larger part of the inspection. A procedure has been proposed for the measurements, highlighting amongst other aspects where on the construction the measurements should be taken.

Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	1
1.1 Broinspeksjoner.....	1
1.2 Problemstilling.....	2
2. Bakgrunnsstoff - teori.....	3
2.1 Tre som materiale.....	3
2.2 Trebroer.....	6
2.2.1 Historikk.....	6
2.2.2 Typebeskrivelser.....	7
2.2.3 Konstruksjonsdetaljer.....	10
2.2.3.1 Dekker.....	10
2.2.3.2 Slitelag.....	14
2.2.3.3 Membraner.....	17
2.3 Skader på trevirket.....	18
2.3.1 Sopper og insekter.....	18
2.3.2 Mekaniske skader.....	22
2.4 Impregnering/beskyttelse av trevirket.....	23
2.4.1 Konstruktiv beskyttelse.....	23
2.4.2 Kjemisk beskyttelse.....	24
2.4.2.1 Kreosot.....	25
2.4.2.2 Vannløste impregneringsmidler.....	25
2.4.2.3 Andre impregneringsmidler.....	26
2.5 Fuktighetsmåling – fuktighetsmålere.....	28
2.5.1 Tørke-veie-metoden.....	28
2.5.2 Dielektrisk fuktighetsmåler.....	28
2.5.3 Resistansmåler.....	29
3. Kalibrering av fuktighetsmåleren.....	30
3.1 Kalibreringsmetode og gjennomføring.....	30
3.2 Resultat.....	33
3.3 Konklusjon.....	39
3.4 Feilkilder.....	40
4. Resultater av inspeksjoner.....	44
4.1 Skadevurdering.....	44
4.2 Utstyr.....	46

4.3 Inspeksjonsresultater	47
4.3.1 Grunnen	47
4.3.2 Landkar/Lager	49
4.3.3 Bæresystem	53
4.3.4 Dekket.....	54
4.3.5 Slitelag.....	56
4.3.6 Rekkverk.....	59
4.3.7 Annet	64
4.4 Oppsummering.....	65
4.5 Oversikt over broene	66
4.5.1 ØSTFOLD.....	68
4.5.2 AKERSHUS.....	69
4.5.3 OSLO.....	70
4.5.5 OPPLAND	72
4.5.6 BUSKERUD.....	73
5. Diskusjon og resultater.....	74
5.1 Inspeksjonsrutiner – forslag til forbedringer.....	74
5.1.1 Forslag til inspeksjonsrutine	75
5.2 Forslag til mal for fuktighetskjema.....	86
6. Konklusjon	88
7. Referanseliste	90

Illustrasjoner

BILDER

<i>Bilde 1 - 4 – 1628 Neså – runde fordelingsplater.....</i>	13
<i>Bilde 2 – 4 - 1617 Grylla - frikantede fordelingsplater</i>	14
<i>Bilde 3 - 2 – 1462 Aurskog G/S-bro.....</i>	15
<i>Bilde 4 - 4 – 1628 Neså.....</i>	16
<i>Bilde 5 – 4 – 1499 Grønsvebakken</i>	17
<i>Bilde 6 – 5 – 1785 Ulnes – Sjalusier på limtrebuene.....</i>	24
<i>Bilde 7 - Leonardo da Vinci – broen i Ås kommune</i>	26
<i>Bilde 8 - Motstandsmåleren i bruk</i>	29
<i>Bilde 9 - Prøvene i klimaskapet</i>	31
<i>Bilde 10 - Veiting av uimpregnerte prøver.....</i>	32
<i>Bilde 11 – Erosjon på Sollihøgda</i>	48
<i>Bilde 12 – Erosjon på Fløtaker</i>	48
<i>Bilde 13 – Fuktige pilarer, Moumbekken.....</i>	49
<i>Bilde 14 – Gjengrodd ved pilarer, Skovbøl.....</i>	50
<i>Bilde 15 – Gjengrodd ved landkar, Skovbøl.....</i>	50
<i>Bilde 16 – Løse steiner, Skovbøl.....</i>	51
<i>Bilde 17 – Manglende stein, Skovbøl.....</i>	51
<i>Bilde 18 – Nye graffiti, Brubekken.....</i>	52
<i>Bilde 19 – Mye kreosotsøl, Evenstad</i>	52
<i>Bilde 20 – Vandrende dybler, Tynset.....</i>	53
<i>Bilde 21 – Ugunstig løsning, Asper</i>	54
<i>Bilde 22 – Mye smuss i glippen, Fløtaker</i>	55
<i>Bilde 23 – Våt endeved hos bærebjelken, Moumbekken</i>	55
<i>Bilde 24 – Overgang dekke-land samler grus, Sollihøgda.....</i>	57
<i>Bilde 25 – Skadet slitelag, Sagåsen</i>	58
<i>Bilde 26 – Utkjevling av asfalt, Grønsvebakken.....</i>	59
<i>Bilde 27 – Hull i rekkverk, Ulnes.....</i>	60
<i>Bilde 28 – Hull i rekkverk, Moumbekken</i>	60
<i>Bilde 29 - Sprekk i rekkverk, Evenstad.....</i>	61
<i>Bilde 30 – Skruer mangler i innfestingen, Høiendahl</i>	62
<i>Bilde 31 – Manglende panel, Moumbekken</i>	62

<i>Bilde 32 – Dårlig løøsning hos kantbjelken, Nesoddvengen</i>	63
<i>Bilde 33 – Skade i kantbjelke, Fønhus</i>	64
<i>Bilde 34 – Overgrodd lys, Nydalsdumpa</i>	65
<i>Bilde 35 - Hvor målinger bør gjøres på dekket</i>	77
<i>Bilde 36 - Hvor målinger bør gjøres på svill</i>	77
<i>Bilde 37 - Hvor måling bør gjøres dersom synlig skade i slitelag</i>	78
<i>Bilde 38 - Hvor måling bør gjøres på pilar</i>	79
<i>Bilde 39 - Hvor måling bør gjøres på tverrbærer – her på grunn av fukt og algevekst</i>	79
<i>Bilde 40 - Hvor man bør måle på fagverk</i>	80
<i>Bilde 41 - Hvor man bør måle for fukt, ved store ansamlinger av kreosot</i>	81
<i>Bilde 42 - Hvor man bør måle for fukt på sprengverksbroer</i>	81
<i>Bilde 43 - Hvor måling bør gjøres på bue</i>	82
<i>Bilde 44 - Hvor man bør måle dersom bjelkens endeved er fuktig</i>	83
<i>Bilde 45 - Hvor man bør måle ved mekanisk skade</i>	83
<i>Bilde 46 - Hvor man bør måle ved biologisk angrep</i>	84

FIGURER

<i>Figur 1 - Hentet fra Fokus på Tre nr.40 - Trevirkets oppbygging og egenskaper</i>	4
<i>Figur 2 - Hentet fra Fokus på Tre nr.40</i>	5
<i>Figur 3 - Bæresystemer for en del gamle norske trebroer, Trebruhåndboka</i>	6
<i>Figur 4 - Hentet fra Trebruhåndboka</i>	9
<i>Figur 5 - Hentet fra Fokus på Tre nr.12</i>	12
<i>Figur 6 – Eksempel på konstruktiv trebeskyttelse (Svenskt Limträ AB)</i>	23
<i>Figur 7- Viser fuktighet basert på klima 20 °C og 65 % RH</i>	36
<i>Figur 8 – Viser fuktighet basert på klima 20 °C og 85 % RH</i>	37
<i>Figur 9 – Viser fuktighet basert på uteklima</i>	38
<i>Figur 10 – Sammenligning av fuktighet for de ulike klimaer</i>	39
<i>Figur 11 – Oversikt målinger for klima som skal gi 12 % trefuktighet</i>	41
<i>Figur 12 - Oversikt målinger for klima som skal gi 18 % trefuktighet</i>	42
<i>Figur 13 - Oversikt målinger for uteklima</i>	43
<i>Figur 14 – Kart over Østfold</i>	68
<i>Figur 15 – Kart over Akershus</i>	69
<i>Figur 16 – Kart over Oslo</i>	70

<i>Figur 17 – Kart over Hedmark</i>	71
<i>Figur 18 – Kart over Oppland</i>	72
<i>Figur 19 – Kart over Buskerud</i>	73
<i>Figur 20 - Forslag til mal for fuktighets skjema for bjelkebroer</i>	86

TABELLER

<i>Tabell 1 – For 20 °C og 65 % RH</i>	33
<i>Tabell 2 – For 20 °C og 85 % RH</i>	34
<i>Tabell 3 – Uteklima, ukjent temperatur og RH</i>	34
<i>Tabell 4 – Brooversikt</i>	66

VEDLEGG

<i>Vedlegg 1</i>	93
------------------------	----

1. Innledning

1.1 Broinspeksjoner

I alle år har nordmenn måttet hoppe over bekken, kanskje for å hente vann, eller i håp om at gresset er grønnere på den andre siden. En dag kom en opplyst sjel på å bygge broer for å krysse bekker, elver og juv – og brått ble det også skapt et vedlikeholdsbehov.

Norge har i alle år hatt god tilgang på tre som byggemateriale, og trevirke var lenge et naturlig valg når broer skulle bygges. Dessverre er tre et forgjengelig materiale, og dersom nødvendige vedlikeholdstiltak ikke blir gjort vil de ikke leve i 100 år slik kravet er. På grunn av dette er det få gamle trebroer igjen i Norge. Da stål gjorde sitt inntog i Norge ble tre litt glemt som byggemateriale, før det igjen ble nødvendig å bygge billige broer etter andre verdenskrig. Dog var det dette evinnelige vedlikeholdet av trebroer som ikke ble gjort riktig, og broene råtnet – og dette ga trevirke et ufortjent dårlig rykte som byggemateriale.

På 90-tallet besluttet Statens Vegvesen å sette i gang å bygge trebroer igjen, og etter hvert ble det et større nordisk prosjekt på trebroenes vegne. I dag finnes det en rekke trebroer, de fleste som gang- og sykkelbroer, men etter hvert kommer det også flere trebroer for vanlig biltrafikk. Tre er på tross av sin forgjengelighet ikke noe dårligere materiale enn stål og betong, og vil i de fleste tilfeller kunne utkonkurrere disse på pris. Det blir også ansett som et estetisk pent materiale, og det er heller ingenting i veien for å bruke tre til mellomstore broer med tanke på spennlengde. Et eksempel er Nybergsund bro i Trysil som ble prosjektert i både stål og tre før den ble bygd, og alternativet i tre ble valgt fordi det viste seg å være betydelig billigere.

Flere broer i tre krever imidlertid nye rutiner for inspeksjon av disse, og nye rutiner for vedlikehold. Selv om trebroer er konkurransedyktige rent prismessig er det viktig at de kan brukes til sitt formål i 100 år, slik regelen er, og for å oppnå en slik levealder er det viktig med jevnlig broinspeksjoner, og vedlikehold etter behov. Formålet med inspeksjonene er å oppdage feil og mangler før de blir for så store at reparasjon ikke er mulig, og oppdage feil og mangler mens de er på et nivå hvor reparasjoner fremdeles er billige.

Inspeksjoner i seg selv er ikke nok for å holde en bro ved like. Inspeksjonene må gjøres på en jevnlig basis, og eventuelle oppdagelser må registreres og følges opp. Formålet med denne masteroppgaven er å se på hvordan inspeksjonene gjøres, og hvordan de blir fulgt opp.

1.2 Problemstilling

På bakgrunn av at antall trebroer har økt, og dermed kravene til inspeksjonsrutiner og vedlikehold, er som nevnt formålet med denne masteroppgaven å se på dagens inspeksjonsrutiner. August 2009 ble brukt til å inspisere 34 trebroer i Region Øst - som omfatter Østfold, Akershus, Oslo, Hedmark og Oppland – og Buskerud. Dataene som ble innhentet da er bakgrunn for oppgaven, og problemstillingen er deretter.

Oppgaven går først og fremst ut på trebroers bestandighet. Hvordan fungerer det å bruke tre som byggemateriale i broer? Og hvordan kan inspeksjonsrutinene forbedres, for å forbedre og forlenge trebroenes brukstid?

Videre ble det brukt en fuktighetsmåler, type motstandsmåler, i kartleggingsarbeidet. Denne skal kalibreres for kreosotimpregnert tre i løpet av oppgavetiden, for deretter å kunne trekke konklusjoner på hvordan fuktighet påvirker trebroenes liv etter målingene vi fikk under inspeksjonsarbeidet.

2. Bakgrunnsstoff - teori

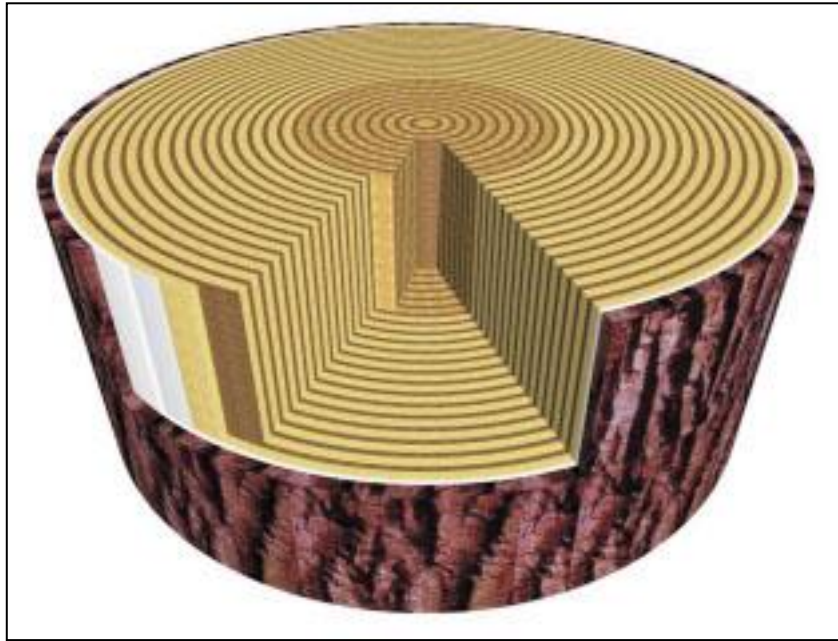
2.1 Tre som materiale

I denne teoridelen skal vi i hovedsak snakke om bartrær, fordi det stort sett er furu som blir brukt til brobygging i Norge.

Trevirke er til alle tider brukt som byggemateriale i Norge, mye på grunn av tilgjengelighet og pris. I visse sammenhenger blir tre ofte sett på som et uegnet materiale blant annet på grunn av fare for råte, men med riktig forbehandling og vedlikehold bør ikke dette være en grunn til å utelukke tre som byggemateriale.

Tre betegnes som et levende materiale, og egenskapene varierer med klimaforskjeller. Trevirke har forskjellige egenskaper i de tre forskjellige retningene (lengde-, tangentiell- og radiell retning) som det må tas hensyn til under bygging, i tillegg til at egenskapene i de forskjellige retningene varierer med variasjon av varme og fuktighet. Dette er blant annet viktig å huske på når man tørker trevirke, da tørkeprosessen kan bøye materialet.

Treet er oppbygd av hule fibre eller celler med varierende form. De fleste cellene er orientert i treet lengderetning, mens noen celler er orientert horisontalt. De horisontale cellene transporterer næringsstoffer fra innerst til ytterst i treet, mens cellene i lengderetningen transporterer fukt oppover i treet. Fukt-transport vil bli diskutert nærmere senere i oppgaven, da dette er et viktig punkt å ta hensyn til i forbindelse med trebroas utforming.



Figur 1 - Hentet fra Fokus på Tre nr.40 - Trevirkets oppbygging og egenskaper

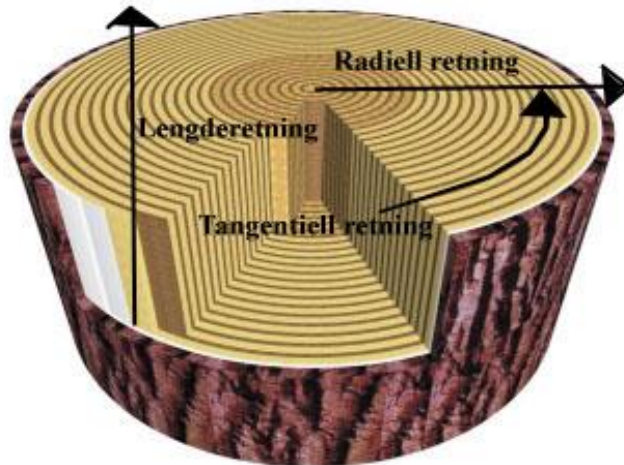
Trestammen består av forskjellige deler, hvor kjerneved og yteved er de to hovedbestanddelene. Kjerneved ligger, slik navnet sier, i kjernen av stammen, og består av døde celler. Kjernevedens funksjon er å holde treet oppe, men siden dette er døde celler, bidrar de lite til transport av næringsstoffer. I tillegg gjør kjernevedens lave permeabilitet den vanskelig å impregnere, da den ikke tar til seg noe særlig fukt, mens den av natur har stor motstandsdyktighet mot soppangrep.

Ytevedens funksjon er å transportere vann og næringsstoffer. Hos gran er det liten synlig forskjell mellom kjerneved og yteved. Hos furu er det større forskjell, og furuas yteved er relativt åpen og permeabel, noe som gjør den egnet for impregnering. I kjerneveden er porene som forbinder vedcellene tett igjen slik at veden er lite permeabel. Brukes kjerneved i limtre bør denne helst være inni bjelken, fordi den ikke er like bra impregnert som yteveden. Kjerneveden er tørrere, tyngre og hardere – og som nevnt mer varig – enn yteveden.

Når man bygger trebroer er det stort sett furu som brukes som konstruksjonsvirke. Furu blir sortert etter forskjellige fasthetsgrader, slik at man vet hvilket materiale man skal bruke til hva.

Væskebevegelse

Som nevnt har trevirket forskjellige egenskaper i de tre forskjellige retningene. Dette gjelder også væskebevegelsen.



Væskebevegelsen foregår i lengderetningen, i den radielle retningen, og i den tangentielle retningen som følger treets kurve. Alle fibre kan forklares som et rør med lukkede ender. I tillegg er alle fibre celler, og i hver vedcelle er det åpninger i veggene – porer – som går fra en celle til en tilstøtende celle, og som sørger for transport av væske og næringsstoffer. Disse porene spiller en viktig rolle både ved tørking og impregnering av materialene.

**Figur 2 - Hentet fra Fokus på Tre nr.40
- Trevirkets oppbygging og egenskaper**

Fuktighet

Trefuktighet beregnes som forholdet mellom vekten av vannet i trevirket og vekten av trevirket i absolutt tørr tilstand uttrykt i prosent.

$$U = \frac{(G_1 - G_0)}{G_0} \times 100 [\%]$$

Her er:

U – fuktigheten i prosent

G1 – råvekten

G0 – tørrvekten

Absolutt tørt trevirke får dermed 0 % fuktighet, mens fuktig virke kan ha over 100 % fuktighet. Fra ca. 28 % fuktighet, som tilsvarer fibermetningspunktet (FMP), og ned til 0 % fuktighet vil barte gjennomsnittlig krympe etter følgende verdier:

Tangentielt 8 %

Radielt 4 %

Lengde 0,3 %

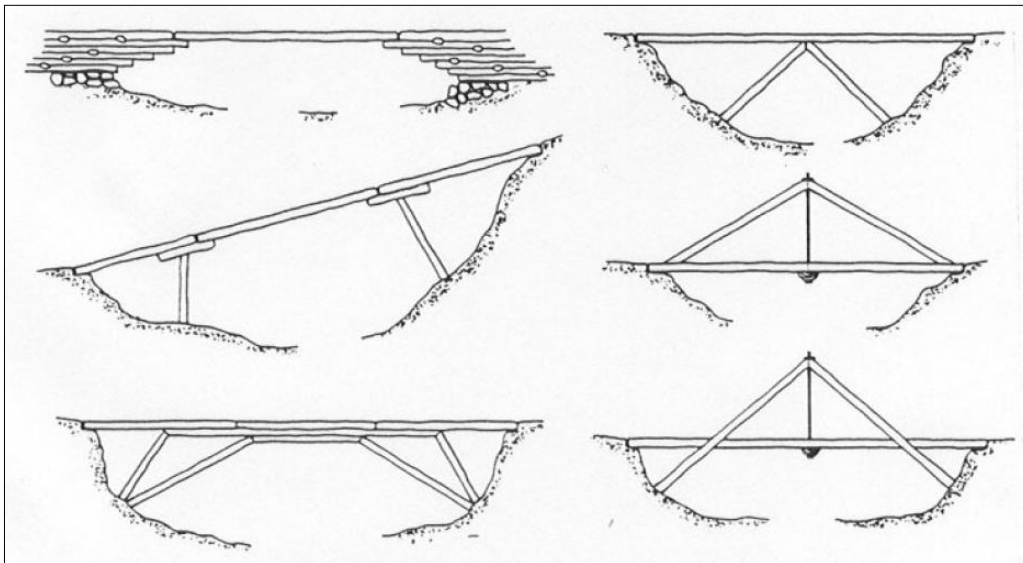
Volum 12 %

I praksis vil det være store individuelle forskjeller, avhengig av hvordan cellestrukturen er lagt opp, men virket med størst deformasjonsmuligheter vil gjerne være svakere virke, og blir/vil bli sortert ut på grunn av styrken.

2.2 Trebroer

2.2.1 Historikk

Historisk sett har trebroer blitt mye brukt, både i Norge og resten av verden. Dessverre lever trebroer relativt kort under visse forhold og ved dårlig vedlikehold, og det finns få av de tidlige norske broene igjen. Noen er blitt bygd opp igjen som kopier, slik at vi har mulighet til å se hvordan broer ble bygd før, mens de få som står stort sett er blitt fredet.



Figur 3 - Bæresystemer for en del gamle norske trebroer, Trebruhåndboka

Tre har ikke bare blitt benyttet til brobygging i de nordiske landene, men også i resten av Europa og i USA. Før middelalderen var det liten utvikling innen byggeteknikken, og fra renessansen av var det flere og flere arkitekter som utviklet nye løsninger. USAs brobyggingshistorie startet med de første immigrantene, og med billig tømmer ble det snart mange nye trebroer i USA. Opp til flere kjente teknikker er senere utviklet av amerikanske ingeniører, blant annet Howe og Pratts fagverkssystemer.

Norge har til alle tider hatt behov for broer på grunn av sine fjell, daler, elver og vassdrag, men etter år 1900 ble færre og færre av disse bygd i tre. Først etter 1. og 2. verdenskrig ble dette aktuelt igjen, da det var mangel på stål (*Trebruhåndboka* 1.1). På 60- og 70- tallet ble broene impregnert med CCA, og dette trodde man skulle være tilstrekkelig beskyttelse. Broene ble derfor offer for dårlig vedlikehold, noe som resulterte i et noe sjuskete utseende og som trolig har bidratt til trebroenes dårlige rykte.

På midten av 90-tallet ble det startet et stort nordisk prosjekt rettet mot bruk av trebroer. Etter OL på Lillehammer i 1994, hvor mange av de store hallene ble bygd med limtrebjelker, ble tre som byggingsmateriale litt ”i vinden” igjen, og 4-1505 Nydalsdumpa var en av de første broene som ble bygd. Etter prosjektoppstart har Statens Vegvesen fokusert på å bygge så mye som mulig i tre, og det har kommet frem at tre er et konkurransedyktig materiale, både når det kommer til pris og styrke. Hvor mye som går ut igjen på grunn av vedlikehold vites ikke, men trebroer er antageligvis billigere uansett – og mange vil si at de er estetisk penere enn betongbroer.

2.2.2 Typebeskrivelser

Vi skiller mellom to bruksområder for trebroene: vegbro og gang- og sykkelbro (G/S-bro). Konstruksjonsmessig er det liten forskjell, da G/S-broene som regel dimensjoneres for at brøytetraktorene skal kunne kjøre på dem. Den dimensjonerende punktlasten blir stort sett lik som på en vegbro, og limtre-tverrsnittet blir mye det samme som på en vegbro. Det som er hovedforskjellen er føringsbredden, siden en G/S-bro kun trenger én bane mens vegbroen trenger to vegbaner dersom trafikk skal kunne møtes.

Ellers skiller vi også mellom brotyper via utformingen, og de ulike brotypene vi har inspisert er *platebro*, *bjelkebro*, *sprengverksbro*, *buebro* og *fagverksbro*.

For mindre spennvidder – opp til 10 m – er *platebroer* en god løsning. Brodekket utføres i tverrspent limtre, og dekket blir slik både hovedbæresystem og brobane samtidig. Konstruksjonselementene er vanligvis i justert skurlast eller limtre.

Bjelkebroer er av de mer enkle konstruksjonstypene, hvor bjelker legges på høykant i broens lengderetning. Bjelkebroer kan brukes på lengre spenn enn platebroer – de lengste vi så på var rundt 20 m lange. Bjelkene må, på grunn av deres høyde, være av limtre, og danner ikke et

tett dekke. Det må derfor legges en brobane som spenner på tvers av bjelkene, som virker som et lastfordelende konstruksjonselement.

Sprengverksbroene vi så på er bygd med mellomliggende brobane, men de kan også bygges med underliggende eller overliggende brobane. Disse broene har et statisk sett optimalt bæresystem der hengestengene er samlet i toppunktet.

Buebroer består i hovedsak av to deler, buen og brodekket. Broen kan oppføres med brobanen både over og under den bærende konstruksjonen. Underliggende buer er den beste løsningen der det er plass, fordi dette gjør at hovedbæresystemet er mer beskyttet mot vær og vind. Disse broene er materialøkonomiske. Buene bør være 3ledds-buer, da de gir sikrere kraftoverføringer siden toppledet blir momentfritt.

Fagverksbroer er en fellesbetegnelse på broer hvor den hovedbærende konstruksjonen er utført som fagverk. Fagverksbroer er en naturlig løsning ved lengre spenn. Nyere teknikk gjør at knutepunkt kan overføre mer krefter enn før, og de enkelte konstruksjonsdelene kan utføres med mindre tverrsnittdimensjon enn ved massive bjelkekonstruksjoner. For fagverk i tre er det vanligvis knutepunktene som er den største kostnaden, og det er lønnsomt å gå for så lange staver som mulig. Da konstruksjonsdeler av tre har større tverrsnitt enn stål er ikke faren for knekning så stor som for stål, og stavene tåler å være lengre.

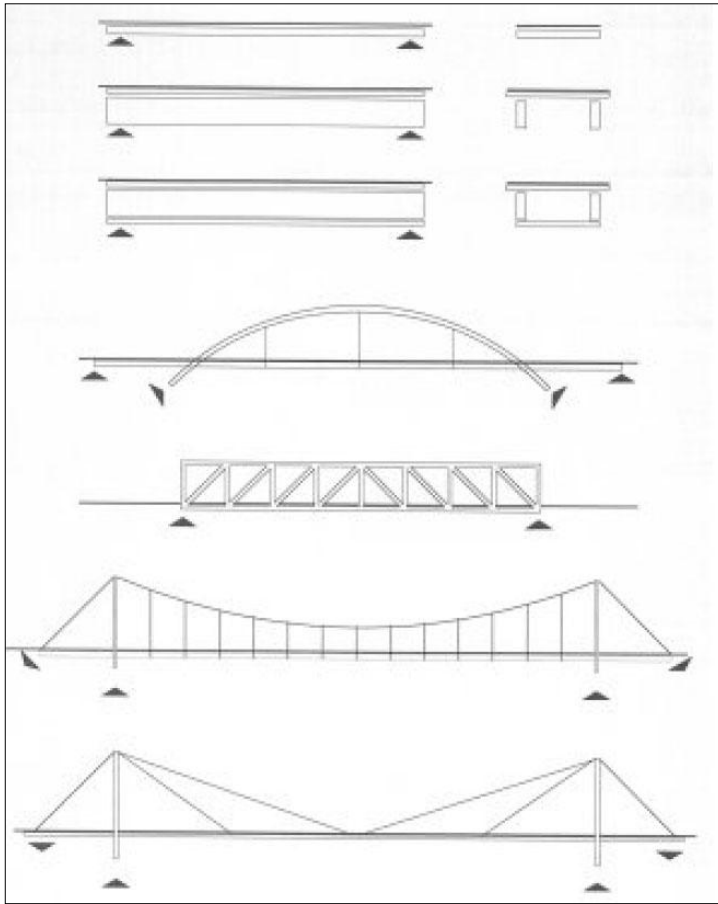
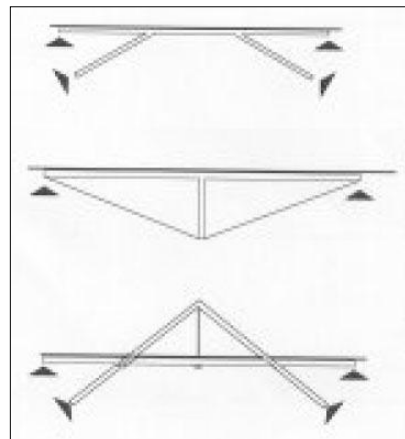


Fig til venstre, fra toppen:

- Platebro
- Bjelkebro
- Kassebro
- Buebro
- Fagverksbro
- Hengebro
- Skråstagbro

Under:

- Sprengverksbroer



Figur 4 - Hentet fra Trebruhåndboka

For at en bro skal bygges i Norge må det kunne forutsettes en levetid på 100 år. I *Trebruhåndboka* 2.1.13 står det at vedlikeholdskostnader og levetid for en riktig utført og behandlet trebro ikke vil variere mye for forskjellige steder i Norge, i motsetning til broer i stål og betong som har større variasjon pga forurensing, korrosjon, karbonatisering etc. Trebroer vil derfor ha en fordel der forurensing, salting og korrosjon er et problem for stål og betong. En vegbro i tre som er kreosotimpregnert og konstruktivt riktig utført, må man anta vil ha en vedlikeholdskostnad som er lavere enn for en tilsvarende vegbro i stål.

2.2.3 Konstruksjonsdetaljer

2.2.3.1 Dekker

Dekket er en sekundær konstruksjon, som spenner enten i broens lengderetning eller tverretning. De hviler enten på langbærerne, eller tverrbærerne, eller i noen tilfeller som plater som spenner i både lengde- og tverretningen.

Det finnes flere måter å bygge dekker på.

Plankedekker

En av de første måtene dekket ble bygget på var å belaste planker på flatsiden. Plankene legges på sekundære bjelker som understøttelse, hvor bjelkene enten går fra landkar til landkar, eller ligger på tverrbærere. Da det ikke er noen forbindelse plankene imellom har denne typen dekke ingen platevirkning. Ved punktlaster vil en planke måtte ta hele lasten alene, og med dagens punktlaster egner ikke plankedekkene seg noe særlig. Unntaket er broer som Os G/S-bro som er designet med overbygg slik at broen ikke trengs å brøytes om vinteren, og dermed kan konstruksjonen dimensjoneres mye slankere.

Spiker- og limtre laminerte dekker

En annen metode å bygge dekke på er å sette trebjelker på høykant i broens lengderetning, og videre forbinde dem med spiker. Slik får man et brodekke som får platevirkning, som overfører krefter både i lengderetning og på tvers av dekket. Dessverre vil spikrene over tid miste festekraften og slik vil dekket miste mulighetene til lastoverføring. Bæring i tverretningen er også mye mindre enn bæringen i lengderetningen.

En lignende måte å konstruere dekket på er å legge flere limtrebjelker ved siden av hverandre på flasken (bjelkens lengste side). Deretter forbinder man bjelkene ved fordybling, og slik oppnår man platevirkning. I likhet med de spikerlaminerte dekkene er bæreevnen i tverretningen liten.

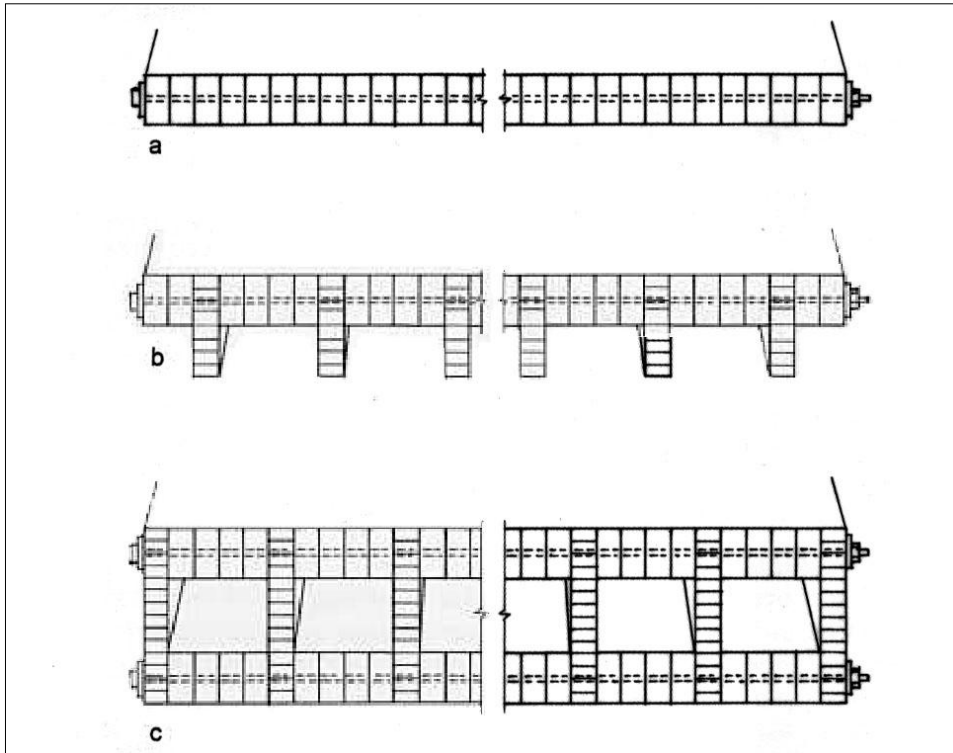
Det var i forbindelse med reparasjon av de delaminerte spikerdekkene at ideen om dagens tverrspente limtredekker oppstod. Dette systemet har gjort platevirkning med bæring både i dekkets lengde- og tverretning mye mer effektiv.

Tverrspente brodekker av tre

Et tverrspent brodekke kan sammenlignes med de tidligere nevnte spikerlaminerte dekkene, bare at de tverrspente dekkene er festet sammen med stag av høyfast stål. Dekket kan også sammenlignes med en stor, liggende limtrebjelke, der limet er erstattet med friksjonskrefter.

Dekket konstrueres ved at lameller legges ut i broens lengderetning, det bores hull gjennom lamellene, og så blir det tredd stag av høyfast stål gjennom hullene. Stagene blir spent opp via et forspenningssystem som gjør at friksjonen mellom lamellene blir stor nok til at konstruksjonen virker som en plate med stor stivhet både i broens lengderetning og tverretning. Slik blir det tverrspente dekket både bærende konstruksjon og brodekke. Et tverrspent dekke kan, avhengig av lengden på broens spenn, være den eneste bærende konstruksjonen, eller dekket kan legges opp på tverrbærere.

Lamellene som spennes opp kan være både trebjelker og limtrebjelker, avhengig av belastning og spenn på den aktuelle broen. Dekket kan også lages i forskjellige ”fasonger”, i forhold til laststørrelsen. Det kan lages med T-tverrsnitt slik som på Grylla bro i Hedmark, eller i kassetverrsnitt. Alt er illustrert i Figur 5.



Figur 5 - Hentet fra Fokus på Tre nr.12

- a) Profil av tverrspent dekke
- b) Profil av tverrspent dekke med T-tv.snitt
- c) Profil av tverrspent dekke med kassetv.snitt

Forspenningssystemet som brukes i Norge består av spennstag orientert på tvers av brodekket, fordelt med jevn avstand i lengeretningen. Stagene er som tidligere nevnt tredd gjennom forborrede hull gjennom lamellene, hvor hullene går hele veien gjennom dekket. Hvert stag har et forankringssystem på siden av den ytterste lamellen for å opprettholde strekkraften i staget og slik påføre lamellene i tredekket en trykkspenning. Spennstagene er gjenget slik at man kan benytte låsemuttere i ankersystemet. Forankringssystemet består også av en fordelingsplate av stål, som skal fordele trykket fra spennstagene slik at treet knuses. Tre har som kjent lav kapasitet for trykk på tvers av fiber, og det er fort gjort å knuse trevirket. I andre land er det vanlig å bruke firkantede fordelingsplater, men det brukes ikke like ofte i Norge. Dette er både fordi disse platene har skarpere kanter enn de runde platene, og dermed kan forårsake mer skader på grunn av ujevn trykkfordeling, og fordi platene kan bli skjeve ved oppspenningen, noe som gir et dårlig estetisk inntrykk.

Korrosjon er viktig å unngå, da hele dekkets bæreevne er avhengig av spennstagene. Ståltverrsnitt som står under konstant spenning er spesielt ømfintlige mot korrosjon, og det er vanlig å bruke galvaniserte spennstag for å unngå korrosjon.

Oppspenning av stagene gjøres ved bruk av en hydraulisk jekk. Jekken gir spennstaget strekkraft med mothold i dekket slik at det presses sammen og trykkspenning etableres i tverrsnittet. I Norge brukes det som regel kun én jekk ved montering, slik at kun ett stag kan spennes opp om gangen. Vanlig prosedyre er å spenne opp annethvert stag, og ikke til full kraft med en gang, slik at man får en mest mulig uniform spenningsfordeling. Det er vanlig å etteroppspenne stagene etter en uke, og deretter etter ett år. Dessverre ser vi ofte at stagene blir kappet for korte etter første oppspenning, slik at etteroppspenning blir veldig vanskelig, eller i verste fall umulig.



Bilde 1 - 4 – 1628 Neså – runde fordelingsplater.

¹

¹ Bilder uten referanse er tatt av undertegnede eller av Hallvard Johnsen Aase



Bilde 2 – 4 - 1617 Grylla - frikantede fordelingsplater

Her er alle stagenes spent opp så hardt at dekket går i bølger

2.2.3.2 Slitelag

For å beskytte dekket mot slitasje er det vanlig å legge et slitelag på toppen av dekket, et lag som er relativt lett utskiftbart. Dette er spesielt viktig på trebroer, da de tåler fukt dårlig. De vanligste materialvalgene til slitelag er tre og asfalt. Siden ingen av disse materialene er fullstendige vanntette, må det også legges en membran som fungerer som fuktsperre mellom slitelaget og dekket.

Treslitelag

Slitelag av tre er ofte brukt på trebroer, og da spesielt på gang- og sykkelbroene. Imidlertid har vi observert at det av og til brukes tre i slitelaget på vegbroer i forbindelse med skogsveier, eller andre veier med mindre trafikk.

Til et treslitelag brukes det vanlig plank, som legges i ett eller to lag over en membran, avhengig av underlaget. Det kan legges på tvers av broen, diagonalt eller på langs. Det finns innvendinger mot alle variantene; dersom plankene legges på tvers av broen er det lettere for

brøytetraktoren å henge seg fast i plankene og forårsake skade. Dersom plankene går på langs av sporene vil sparkmeiene kunne kjøre seg ned mellom plankene og lage bråstopp, mens man unngår rumlelyden som oppstår når man kjører over. For å unngå brøyteskader har det vært argumentert for å bruke diagonale planker, men da brøyteskuffa som regel går på skrå er det ikke blitt tatt noen endelig avgjørelse verken for eller i mot.

Et argument rettet mot treslitelag generelt, er at det kan bli glatt ved regnvær, men vanligvis vil plankene bli såpass rye av slitasje fra bruk at det ikke skulle by på noe problem. Da er det er større problem at brøytetraktoren fliser opp slitelaget, og det er eksperimentert med ulike løsninger for å unngå dette. På Skubbergsenga er det prøvd med enkle stålbånd i slitelaget, så brøyteskuffa kan gli over trelaget, og på Aurskog er det lagt store felter med metall – men det er også for å unngå at brøytetraktoren lager hjulspor.



Bilde 3 - 2 – 1462 Aurskog G/S-bro

Asfaltslitelag

På de fleste vegbroene, og et par gang- og sykkelbroer, er det lagt asfaltslitelag. Asfalt tåler tyngre trafikk mye bedre enn treslitelaget gjør, og blir ikke like fort slitt ut. Det er likevel relativt lett å bytte ut dersom behovet skulle melde seg.

Også asfaltslitelag kan bli skadet av brøyting, men vil tåle en del selv etter at skaden er påført. Asfalt er også et stivt materiale, og der et tredekke vil bøye seg, vil asfalt sprekke. Det er

derfor vanlig å se sprekker på broer med asfaltdekke over tverrbæreren. Både på Tynset bro og Evenstad bro kommer sprekke med jevne mellomrom, på grunn av at tredekket svinger og at asfalten ikke er like bøyelig.

Asfalt er i likhet med treslitelaget ikke vanntett, og også under denne typen slitelag må det legges en membran som fungerer som en fuktsperre. Av og til vil membranen dessverre reagere med kreosoten i dekket under, noe som har varierende effekter på asfalten. Noen steder vil det bli ”kreosot-roser” i asfalten, hvor du ser misfarging i asfalten. Andre steder kan det bli ”paddehatter” (blærer i asfalten), og noen steder vil det til og med sive opp kreosot/topeka-membran gjennom asfalten (Neså), eller asfalten blir myk og glir unna når bilene kjører over broen. Asfalten vil da få tydelige hjulspor (Grønsvebakken). Dette er spesielt farlig for MC-trafikanter.



Bilde 4 - 4 – 1628 Neså



Bilde 5 – 4 – 1499 Grønsvebakken

2.2.3.3 Membraner

Den vanligste membranen i bruk nå er Topeka4S. Den legges på i varm, flytende tilstand, noe som gjør at eventuell fuktighet i treet fordamper opp gjennom membranen før den størkner, så faren for paddehatter i asfalten minker. Det som er viktig å passe på er at dekket under er ferdig med å svette kreosot, og at overflødig kreosot på overflaten er fjernet. Ellers kan kreosoten virke som et løsemiddel både på Topekaen og asfalten, og asfalten kan bli myk og kjevles ut som en følge av trafikk, slik som på Grønsvebakken.

Topeka-membranen kan brukes både under treslitelag og asfaltslitelag. Treslitelaget blir festet i dekket med festemidler som spiker eller skruer, som vil måtte punktere Topeka-membranen. Punktering av membranen er i utgangspunktet ikke bra, men det antas at Topekaen selv er så seig at den tetter seg rundt festemidlene.

Andre membraner som er aktuelle er ”fet” asfaltapp, som blir nødvendig dersom hellingen på broen er for stor til at det er mulig å legge ut den flytende Topeka-membranen. Også asfaltappens blir gjennomhullet av festemidlene til treslitelaget, og i pappens tilfelle kan det være verre enn for Topeka-membranen. Asfaltappens vil ikke ligge like tett inntil dekket som

Topekaen vil, siden dekket ofte kan ha en ujevn overflate, og pappen vil dermed ikke ha noe mothold dersom man skrur gjennom pappen – noe som vil resultere i utett papp. Det er brukt asfaltpapp på Daleråsen bro i Buskerud, siden den heller en god del, og på Daleråsen er det konstant fuktovervåkning der man eventuelt kan følge med og se hva asfaltpapp kan ha å si for fuktigheten i dekket.

2.3 Skader på trevirket

Alle materialer er utsatt for skader og nedbrytning, og tre er ikke noe unntak. Hvert materiale har sine styrker og svakheter, og for tre er ofte fuktighet den største faren.

2.3.1 Sopper og insekter

Tre er et biologisk materiale, og er dermed utsatt for biologiske angrep. Under begrepet biologiske skadegjørere ligger alle levende organismer som kan gjøre skade på tre, og det er vanlig å skille mellom bakterier, sopper, treborende insekter og marine borere. Marine borere er ikke en aktuell skadegjører for de broene vi har inspisert, og vil derfor ikke bli gått nærmere inn på i denne oppgaven.

Bakterier

Bakterier er ikke sopp, men kan bryte ned enkelte bestanddeler i treet. Før trodde man ikke at bakterier var skadelig for trevirket, men på 1980-tallet ble det funnet ut at noen typer bakterier kan bore tunneler i treet og svekke treet styrke (*Fokus på tre* nr.51). Disse bakteriene er imidlertid ikke vanlige i Norge, unntatt i noen marine strøk.

Bakteriene kan ved å ødelegge celleveggene øke treet permeabilitet, og dermed øke risikoen for angrep fra råtesopper.

Sopp

Sopper er planter som ikke har klorofyll, og som ikke kan bruke fotosyntesen til å livnære seg slik de fleste plantene gjør. I stedet livnærer soppene seg på annet organisk materiale, som tre.

Sopper består av tynne rør som kalles hyfer. Når soppen er velutviklet har den dannet seg et teppe av hyfer, som kalles et mycel. Fra mycelet kan det igjen dannes et fruktlegete, som er den delen av soppen som er synlig. Mycelet er vanligvis skjult i veden.

Fruktlegemet kan produsere enorme mengder sporer, og det er sporer soppen bruker til å spre seg. Sporene kan spres til andre materialer enten ved at de er luftbårne, eller at de spres med insekter. Hver spore inneholder en liten energimengde, og dersom sporen kommer i kontakt med fritt vann vil den kunne spire. Er det også næringstilgang vil en ny sopp kunne utvikle seg.

I forbindelse med bærende konstruksjoner skilles det i følge *Trebruhåndboka* mellom mugg, fargesopp og råtesopp. Mugg og fargeskadesopp utgjør ingen trussel mot konstruksjonens bæreevne, da de lever av celleinnholdet i trevirket. Det vil imidlertid være estetisk skjemmende dersom treet er angrepet av mugg eller fargeskadesopp, i tillegg til at det er en pekepinn om at trevirket har for høy fuktighet. Det er også fare for at angrep av mugg og fargeskadesopp kan gjøre det lettere for råtesopp å etablere seg i trevirket (etter e-post fra Mari Sivertsen). Råtesopp angriper selve celleveggene, og ved å bryte ned trestrukturen utgjør råtesopp en fare for trekonstruksjonens bæreevne.

For at et soppangrep skal kunne oppstå er det tre faktorer som må være tilstede: Temperatur, fuktighet, oksygen og næring. I tillegg må alle samtidig ligge innenfor visse grenseverdier for at soppen skal kunne leve.

Næring forutsettes tilgjengelig i og med at soppene lever av sukkeret i trevirket. Det samme gjelder oksygen, da våre aktuelle konstruksjoner står utomhus.

Råtesoppen må generelt ha fritt vann for å kunne spire. Det forutsetter en trefuktighet på mer enn 20 %, som er tallet vi har forholdt oss til som en øvre grense for akseptabel trefuktighet. Dersom angrepet trevirke tørkes ut vil soppen gå i dvale, og dersom virket fuktes opp igjen vil soppen fortsette angrepet. I tillegg til fuktighet over 20 % trives råtesoppen best i temperaturer mellom 0 °C og 40 °C. Over 40 °C vil de fleste råtesoppene dø, men under 0 °C vil soppen gå inn i en dvale lik den ved uttørking av angrepet trevirke. Lys er ikke nødvendig for vekst, men for at soppen skal utvikle et fruktlegeme.

Dersom trevirket beskyttes mot direkte vannpåvirkning vil råtesopp sjelden være et problem.

Ulike typer sopper:

Brunråde

Brunråten angriper treets cellulose og cellulose-lignende stoffer i treet. Slike råteangrep gjør at treet blir mørkere i fargen på grunn av gjenværende lignin, derav navnet brunråde. Angrepet tre brytes opp i kubiske felter, og blir mykt dersom det er vått.

Hvitråde

Hvitråten angriper både treets lignin og cellulose. Trevirket brytes opp i lange løse cellulosefibre samtidig som det blekes i farge, hvilket har gitt råtesoppen navnet hvitråde.

Soft-rot

Det norske navnet på denne gruppen sopper er gråråde, men soft-rot er oftere brukt. Disse råtesoppene angriper treets cellulose, og gjør trevirket mykt, og grå eller brunaktig i fargen. De angriper helst i svært fuktige og ofte varme omgivelser. Trevirket kan sprekke opp i små klusser når det tørkes.

Mugg og fargeskadesopp

Disse soppartene angriper som nevnt ikke trestrukturen, men lever av frie sukkerarter i treets hulrom. De utgjør ingen umiddelbar fare for trekonstruksjonens bæreevne.

Treborende insekter

Noen treslag inneholder ekstraktivstoffer som er giftige for skadegjørerne, men de fleste treslag må impregneres for å unngå insektangrep. Trykkimpregnering hindrer utvikling av de fleste treborende insektene i Norge, unntatt stökkmaur, og er så langt den beste beskyttelsen vi har mot insekter.

De treborende insektene, eller larvene deres, gnager ganger i trevirket. Noen insekter lever på det virket de gnager ut, mens andre gnager hulrom for å skaffe bosted. Felles for dem alle er at de i større eller mindre grad reduserer trevirkets bæreevne. I tillegg vil gangene i trevirket gjøre materialet mer mottagelig for fuktighet, og dermed råte.

Det er kun tre av de norske insektene som kan forårsake alvorlige skader på trekonstruksjoner: Husbukk, stripet borebille og stökkmaur. Av disse vil husbukk og stripet

borebille bore ut treet og bruke det til både næring og bolig, mens storkmauren kun vil bruke treet som bolig.

Husbukk

Husbukken har en utviklingstid på 4-6 år. I denne tiden gnager larven ganger i trevirket, men den gnager seg sjelden gjennom yteveden. Dermed kaster den heller ikke ut noe boremel, og den kan derfor være vanskelig å oppdage. Husbukken angriper hovedsakelig bartrevirke, og da gran og yteved av furu. Den er knyttet til kyststrøkene fra Larviksområdet til Kristiansand og til midtre og indre fjordstrøk på Vestlandet fra Hardanger til Trøndelag.

Stripet borebille

Borebillen har en utviklingstid på 2-3 år eller mer. Larven dens gnager ganger i trevirket, men til forskjell fra husbukken kaster den ut boremel gjennom åpningene, noe som gjør den lettere å oppdage. Borebillen trives på steder med høy fuktighet og temperaturer mellom 20 – 25 °C, og angriper både løvtrær og bartrær. Den angriper imidlertid ikke furu kjerneved.

På grunn av borebillens preferanser vil den vanligvis dø ut i det tørre innklimaet Østlandet har på vinteren, men den kan derimot utvikle seg i kjelleren eller garasjen hvor trefuktigheten forblir høy.

Den stripete borebillen finnes over helen Norge, men de sterkeste angrepene finner sted i kyststrøkene på Vestlandet og i Nord-Norge.

Storkmaur

Storkmauren er vår største maurart, og er utbredt over hele landet. Den lever stort sett i barskogterreng og har sitt naturlige tilholdssted i stubber, og i stammer til svekkede trær.

Insektet benytter trevirket kun til bolig, da den ikke kan nyttiggjøre seg veden som næring. Dermed vil ikke trykkimpregnering med giftstoffer ha noen virkning. Kontaktgifter er effektive mot storkmaurangrep, men bruk av slike stoffer er veldig restriktive.

2.3.2 Mekaniske skader

Mekaniske skader og fysisk nedbrytning omfatter hovedsaklig slitasje, skader, hærverk og er for det meste en følge av bruken.

Bruksskader

Som nevnt er de fleste skader en følge av bruken. Vær og vind, snø og is, vil gjøre sitt til å slite ned overflaten, og siden kreosoten ligger i bjelkenes ytre er det viktig å følge med på hvor stor slitasje man får av overflaten.

Påkjørsler er også en skade som forekommer ved bruk, men dette er mer vanlig på vegbroer enn på G/S-broer. Frihøyden settes nå til 5,7 m på overgangsbroer (*Trebruhåndboka*), og selv om det reduserer antall påkjørsler, utelukker det ikke at de kan forekomme.

Brøyteskader er relativt vanlig å komme over, både i dekket og i rekkverk. For å beskytte dekket kan man legge inn felter av metall i brobanen, men dette reduserer kun risikoen for skader. For å beskytte rekkverket kan man sette opp en kantbjelke i brobanen som skal styre brøytetraktoren, men det er viktig at kantbjelken monteres langt nok unna rekkverket, og man må regne med å bytte ut denne kantbjelken relativt ofte da det er denne som vil ta i mot skadene i stedet for rekkverket.

Brodekket vil slites naturlig ved bruk av broen, og her vil også vegbroene få størst slitasje, da de har størst last. I tillegg vil bruk av kjetting om vinteren bidra til videre slitasje. For å minimere skader er det vanlig å bruke asfaltdekke på vegbroer som er mye trafikkert, mens broer som stort sett brukes til skogsdrift kan dekkes med treslitelag da det ikke er like mye trafikk her.

Andre skader

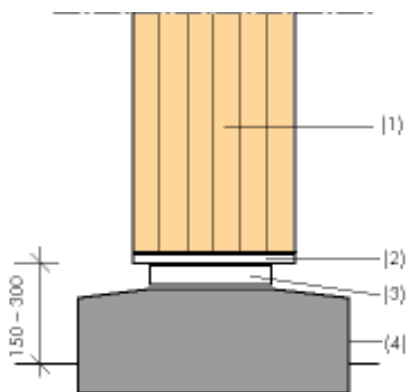
Enkelte skader er følger av feil under oppføringen, det være seg for stramme bolter eller for hardt oppspente spennstag. Dette fører til knusning av treet, noe som øker fare for fuktighet og de farene som følger med det. På Grylla i Hedmark er spennstagene så hardt oppspent at brodekket "bølger seg" mellom fordelingskivene. Dette øker faren for rust i spennstagene, og dersom et stag ryker, innebærer det stor risiko både for trafikanter og de som eventuelt er ute for å etteroppspenne stagene.

2.4 Impregnering/beskyttelse av trevirket

Tre som skal brukes i konstruksjoner ute bør på en eller annen måte beskyttes mot fukt, enten ved fysisk eller kjemisk beskyttelse. Uavhengig av typen beskyttelse vil den øke treets bestandighet.

2.4.1 Konstruktiv beskyttelse

Begrepet konstruktiv beskyttelse betyr at konstruksjonen skal bygges slik at trevirket beskyttes mot fukt, slik at en av forutsetningene for råteangrep ikke oppstår, både ved fornuftig utforming av byggdetaljer og ved direkte tiltak som tak over konstruksjonen. Fornuftig utforming kan både være å unngå at treets endevend er i kontakt med bakken, eller å sørge for at konstruksjonen har mulighet til å tørke ut igjen dersom fukt skulle forekomme.



Eksempel på konstruktiv trebeskyttelse.

- (1) Limtresøyle.
- (2) Fuktighetsbeskyttelse, f. eks. oljeherdet trefiberplate.
- (3) Mellomlegg av stål eller impregnert tre.
- (4) Betong eller annet fuktsugende underlag.

Figur 6 – Eksempel på konstruktiv trebeskyttelse
(Svenskt Limträ AB)

Tre er et hygroskopisk materiale, det betyr at treet vil tilpasse seg luftens relative fuktighet. Likevektsinnstillingen tar lang tid, og fuktinnholdet i tre vil dermed variere mellom 12 – 18 %. Treets fuktinnhold holder seg som regel under 20 % - som vi bruker som faregrensen for soppangrep – med mindre treet utsettes for direkte vann.

Som nevnt er en mulighet for å unngå direkte vann å legge konstruksjonen under tak, men ved store konstruksjoner kan det by på problemer. Andre muligheter er å legge beslag på toppen av limtrebjelkene på en bro, eller å montere sjalusier på limtrebjelkene.



Bilde 6 – 5 – 1785 Ulnes – Sjalusier på limtrebuene

Konstruktiv beskyttelse kan være nok til å unngå fukt, og slik unngå soppangrep, men for å kunne motstå insektangrep bør man også beskytte trekonstruksjonen kjemisk.

2.4.2 Kjemisk beskyttelse

Tre som skal brukes i konstruksjoner ute bør impregneres før montering. Den største vedlikeholdsfares for tre som er direkte utsatt for fukt, er råtesopper som angriper trevirke når det er fuktig, og en slik råteprosess kan stoppes/sinkes ved å impregnere materialet. Impregneringen virker på forskjellige måter, både ved måten det binder seg til treet, og hvordan det stopper råteangrepet. De mest vanlige impregneringsmetodene i Norge er kreosot og vannløste kopper-, krom-, og arsensalter (kalt CCA). Noe av innholdet i impregneringen er klassifisert som giftig, og det finnes derfor restriksjoner på hvem som kan benytte seg av impregneringsmiddelet, og hvor det kan brukes.

2.4.2.1 Kreosot

Kreosoten som benyttes i Norge er et destillasjonsprodukt av steinulltjære. Fargen er brunsvart, og impregnert materiale vil lukte tjære. Kreosot har tradisjonelt blitt brukt til impregnering av jernbanesviller og telefonstolper. Kreosoten som benyttes i Norge følger EUs krav til innhold av benzo(a)pyren og fenoler, og er kjent for å være et kreftfremkallende produkt. Det er ikke mange kjente tilfeller av kreosotframkalt kreft, men fordi kreosot består av mange stoffer med ukjent helsevirkning, er det viktig å ta forhåndsregler ved bruk av kreosot. Blant annet bør man unngå å få kreosot på huden, da det i kontakt med sollys kan gi eksem-lignende utslett.

Kreosotimpregnert trevirke vil kunne svette kreosot i flere år etter trykkimpregnering, spesielt ved høyere temperaturer. Rent miljømessig vil det ikke utgjøre noen fare, siden det er snakk om små mengder utslipp, men kreosoten vil kunne tilgrise landkar – og i verste fall trafikantene. En annen ulempe med kreosotimpregnering er at impregnert tre må behandles som farlig avfall etter bruk. Trevirket kan ikke brennes, men må leveres til godkjente mottak for farlig avfall. Det er også fordeler med kreosotimpregnering, da den vannavvisende effekten det gir vil sørge for mindre oppsprekking av treet, og økt holdbarhet.

Limtrebjelker blir impregnert etter liming, noe som begrenser størrelsen på bjelkene, fordi impregneringskjelene i Norge ikke er større enn 30 m * 1,5 m.

2.4.2.2 Vannløste impregneringsmidler

Vannløste salter, som CCA, var før i tiden det meste brukte impregneringsmiddelet i Norge. Krom og arsensalter som finnes i CCA ble forbudt brukt i Europa i 2006. Kopper er dermed i dag primærfungicidet i Norge. CCA-impregnering er i hovedsak fordelaktig for trevirke som kommer i kontakt med jord og vann, men det må tas forhåndsregler mot at det vil vaskes ut både metaller og salter fra trevirket.

CCA-impregnert virke blir også kun kalt saltimpregnering. Saltimpregnert virke har vanligvis de samme egenskapene som uimpregnert tre, noe som betyr at slikt virke ikke har de samme vannavstøtende egenskapene som kreosotimpregnert virke har. Saltimpregnert tre vil dermed swelle og krype ved oppfukning og uttørking. Treet kan imidlertid behandles med en olje,

Royalimpregnering, men oljen vil slites med været og må vedlikeholdes på lik linje med andre typer overflatebehandlinger.

En annen ulempe med CCA-impregnert virke er at det må behandles som farlig avfall. Imidlertid er en fordel med impregneringen at den ikke er farlig å arbeide med, så lenge man ikke bearbeider treet på en sånn måte at støv oppstår – da må det brukes maske. CCA-impregnert materiale har heller ingen størrelsesbegrensninger, slik kreosotimpregnert virke har, da impregneringen foregår før limingen.

2.4.2.3 Andre impregneringsmidler

Det arbeides med å utvikle nye impregneringsmidler, blant annet er Leonardo da Vinci-broen i Ås kommune impregnert med et nytt impregneringsmiddel som er mer miljøvennlig enn de vanlige impregneringsmidlene.



Bilde 7 - Leonardo da Vinci – broen i Ås kommune

Det er brukt flere typer midler i kombinasjon for å gi økt holdbarhet, men broen har likevel ikke fått garantert levetid lenger enn 40 år – og det vanlige i Norge er 100 år. Det er senere lagt beslag på limtrebuene, i tillegg til impregneringen.

Som sagt arbeides det med å utvikle nye impregneringsmidler, og det er flere ulike typer på markedet som er mer miljøvennlige enn de tradisjonelle impregneringsmidlene. Ulempen er at disse i hovedsak markedsføres for mindre produkter enn broer, men det er under arbeid. Et sammendrag av nye impregneringsmetoder, med fordeler og ulemper, finnes i *Miljøeffekter ved bruk av tre* (Alfredsen et al. 2008) i kapittel 4.2.4 *Impregnering*. Her står det kort om modifisert tre, hvor modifisering defineres som en prosess som endrer og bedrer egenskapene til tre uten bruk av gift.

En ny type kjemisk modifisering er acetylering, hvor prosessen blir kommersialisert av Titan Wood i Nederland under produktnavnet Accoya. På Titan Woods egne hjemmesider står det beskrevet nettopp et prosjekt hvor de har produsert en vegbro i modifisert tre, og skal produsere en til i løpet av 2010 (*Accoya*). Dette viser at nye impregneringsmidler er på fremmarsj, men de produserer visstnok ikke kommersielt ennå.

Andre typer kjemisk modifisering er furfurylering, og DMHDEU, hvor begge prosesser blir utført i to trinn beskrevet på produsentenes hjemmesider (*Belmadur* ; *Keconomy ASA*).

En annen type modifisering er termisk modifisering (varmebehandling) der bruk av varme på trematerialet skal skape en ønsket forbedring i materialenes ytelse (Alfredsen et al. 2008). Denne prosessen er under utvikling.

På Institutt for Skog og Landskap på Ås forskes det på miljøvennlig trebeskyttelse med lavenergi elektropuls. Teknikken går ut på å sette pulserende strøm på trevirke, som for eksempel kan drives av solceller, hvor strømmen starter å gå av seg selv når trevirket er fuktig nok. Forskningen har til nå vist positive resultater, hvor elektropulsteknologien forhindrer at sopp bryter ned treprøvene mens de ubehandlede kontrollprøvene blir nedbrutt (Larnøy & Treu 2010). Forskningen pågår fremdeles, men det er klart et spennende prosjekt dersom det skulle la seg gjennomføre for også større byggverk av tre.

2.5 Fuktighetsmåling – fuktighetsmålere

Trefuktighet beregnes som forholdet mellom vekten av vannet i trevirket og vekten av trevirket i absolutt tørr tilstand uttrykt i prosent. Treets tørrvekt defineres som vekten av tre tørket til konstant vekt ved $103 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Fuktighetsinnholdet kan måles på flere forskjellige måter. Den mest eksakte metoden er tørke-veie-metoden. Den utføres hovedsaklig i laboratorier hvor man har tilgang på varmeskap, nøyaktige vekter og stabile klima. Vanlige instrumenter brukt til feltmålinger av fuktighetsinnhold er resistansmålere og dielektriske målere. Måleren vi benyttet oss av under feltarbeidet var en motstandsmåler.

2.5.1 Tørke-veie-metoden

Et prøvestykke skjæres til og veies. Deretter tørkes stykket ut i et varmeskap ved $103 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Stykket veies igjen så vi finner tørrvekten. Fuktighetsinnholdet beregnes deretter som prøvestykkets vekttap, som tilsvarende vekten av det vannet som stykket inneholdt, i prosent av tørrvekten. Formel for utregning står under.

$$U = \frac{(G_1 - G_0)}{G_0} \times 100 [\%]$$

Her er:

U – fuktigheten i prosent

G1 – råvekten

G0 – tørrvekten

2.5.2 Dielektrisk fuktighetsmåler

Dielektriske målere viser fuktighetsinnholdet i treet, når man holder en elektrode mot overflaten. Elektroden kan være formet som en plate, bue eller kule.

Trefuktighetsinnholdet bestemmes av treets elektriske kapasitet i et felt under elektroden. Dielektriske målere kalles også fuktindikator, på grunn av at de ikke er så nøyaktige som motstandsmålerne. De er ikke bare avhengig av fukt, men reagerer også på densitet som det er umulig å korrigere for (<http://www.treteknisk.no/fullstory.aspx?m=703&amid=3069>). Fordelen med denne type målere er at de ikke skader treoverflaten med hull etter elektrodene, og at det er mulig å ”skanne” store treoverflater for å avsløre eventuelle fuktige områder (*Inspektion av träbroar*, 2002).

2.5.3 Resistansmåler

Ved resistansmåling stikkes eller hamres elektroder inn i treet. Deretter sendes elektrisk strøm gjennom treet fra den ene elektroden til den andre. Treets elektriske motstand er avhengig av treets fuktighetsinnhold og treslag. Motstandsmåleren er anvendbar for fuktighetsinnhold fra 7 % til ca 28 %. Under 7 % er motstanden så høy at målingene er usikre. Over 28 % er motstanden så lav at trefuktighetsinnholdet ikke kan måles. Får man derimot målinger over 28 %, kan man trygt anta at trevirket har en fuktighet som er høyere enn ønskelig.



Bilde 8 - Motstandsmåleren i bruk

Treets fuktighetsinnhold kan avleses direkte på et display. Den elektriske motstanden er, i tillegg til fuktighetsinnholdet, avhengig av treslag og temperatur. Typen vi benyttet oss av kunne stilles inn både for treslag og temperatur, og reelt fuktinnhold kunne leses av direkte.

Elektroden kan være korte og uisolerte, noe som kun gir treets fuktighetsinnhold i nærheten av treoverflaten. Typen vi brukte hadde lange nåler, som var isolerte unntatt på tuppen. Dette tillater målinger i ulike dybder i treet, slik at vi kan se hvordan fukten varierer med dybden i treet, da fuktighetsinnholdet kun måles mellom de uisolerte spissene. (*Inspektion av träbroar*, 2002).

3. Kalibrering av fuktighetsmåleren

Fuktighetsmåleren vi benyttet oss av i august 2009 var en motstandsmåler som korrigeres for temperatur og treslag. Vår måler stod hele tiden på ”Scots Pine”, som tilsvarer norsk furu. Temperaturen ble for hver bro innstilt etter målt temperatur i skyggen.

Fuktighetsmålere er i utgangspunktet kalibrert for uimpregnert materiale. Det er vist at CCA-impregnert materiale vil gi høyere fuktighetsmålinger enn hva sant er, da saltinnholdet i denne impregneringen leder strøm, og gir lavere motstand i trevirket – og vi får dermed feil målinger. CCA er imidlertid gjennomprøvd og dokumentert i følge Fred Evans ved Treteknisk, og det finnes korrigerings tall for hvilke avvik man kan regne med å få.

Tilsvarende dokumentasjon finnes dessverre ikke for kreosotimpregnert materiale. Treteknologer ved Institutt for Naturforvaltning ved UMB har fortalt at den ikke bør ha noe utslag på fuktighetsmåleren, da kreosot ikke leder strøm veldig godt. Likevel kan man anta at den har en viss innvirkning, da kreosot presses inn i trevirkets cellevegger i impregneringsprosessen, og slik tar noe av den plassen fuktigheten kunne tatt.

Det finnes ingen sikker metode for å bestemme det reelle fuktinnholdet i kreosotimpregnert trevirke. For uimpregnert tre kan man måle fuktigheten med en motstandsmåler, og så sjekke om det stemmer med tørke-veie-metoden (beskrevet i kapittel 5.5.1), som gir det nøyaktige fuktinnholdet i treet. Det går imidlertid ikke an å tørke ned kreosotimpregnert virke på denne måten, da en del av stoffene i impregneringen også vil fordampe i tørkeprosessen, noe som vil gi et større vekttap enn det som kommer av at fuktigheten fordampes. Forsøket på å kalibrere fuktighetsmåleren vi brukte vil derfor ikke kunne gi et eksakt svar på hvordan kreosot påvirker fuktighetsmålingene, men den vil kunne gi en indikasjon på hvordan man kan tolke målingene som ble gjort i august.

3.1 Kalibreringsmetode og gjennomføring

Deler av en kreosotimpregnert telefonstolpe ble levert av Scanpole på Ilseng, i tre lengder fra tre forskjellige høyder i telefonstolpen. Fra hver lengde ble det skåret to skiver, en fra hver ende av lengden, som så ble delt i prøvestykker med kakestykkeform. Størrelsen varierer, men siden det er vektforskjeller vi måler, spiller det liten rolle. Skivene ble imidlertid skåret nokså tynne, mellom 2-3 cm siden fukttransporten går raskest i lengderetningen, for å oppnå likevektsfuktighet så raskt som mulig. Dette medførte at måling av fuktigheten i

fiberretningen med motstandsmåleren ikke ble mulig, selv om teorien sier at det er slik det skal gjøres. Etter samtale med Høibø (UMB, INA) ble vi likevel enige om at forskjellene i fuktighet mellom retningene i en liten prøve er relativt små, så det viktigste var å ha tynne skiver som stabiliserte seg raskt. Som referanse ble det skåret ut prøvebiter av uimpregneret furuplank.

Halvparten av de kreosotimpregnerte prøvene ble lagt i tørkeskap med temperatur $103\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Her ble også alle de uimpregnerte prøvene lagt, for å bestemme tørrvekten. Da en del av kreosoten vil fordampe i løpet av denne prosessen, ble kun halvparten av de kreosotimpregnerte prøvestykkene lagt i tørkeskapet. Dermed tallfestes forskjellene mellom prøvestykker som ble kjørt i tørkeskap og de som ikke ble det.

Etter 24 timer ble prøvene tatt ut av tørkeskapet og veid for å finne tørrvekten. Deretter ble prøvestykkene fordelt på tre forskjellige klimaer – 12 % trefukt, 18 % trefukt og ute. I laboratoriet styres inneklimate slik at det alltid er 20 °C og 65 % RH (relativ luftfuktighet), noe som gir en trefuktighet på 12 %. I tillegg har laboratoriet et klimaskap som kan stilles inn på forskjellige fuktigheter. Dette skapet ble stilt inn på 20 °C og 85 % RH, noe som skal gi ca 18 % trefuktighet. Det var ønskelig å skaffe et tredje klimaalternativ, men da det ikke lot seg gjøre ble det som et tredje klima benyttet det naturlige uteklimaet, hvilket betyr at vi ikke visste på forhånd hvilken trefuktighet vi ville ende opp med her.



Bilde 9 - Prøvene i klimaskapet

Tanken bak denne framgangsmåten var å finne differansen i vekt, først og fremst for å finne fuktigheten i det uimpregnerte treet, siden det kun er på disse prøvene man kan finne en sikker fuktighet. Deretter kan differansen i vekt brukes til å undersøke om man kan bruke tørke-veie-metoden på tørket kreosotimpregnert tre, eller om for mye kreosot har fordampet i tørkeprosessen til at resultatet blir riktig. Vi vil også se på vektdifferansen i kreosotimpregnert tre, men da målt fuktighet før forsøket startet var på over 30 %, vil det mest sannsynlig bli et vekttap, noe som ikke kan gi et resultat som kan sammenlignes med tørke-veie-metoden. Dette er fuktigheten trevirket hadde da det kom fra produsenten, og hvorfor den var så høy da vites ikke.

Selv om ikke tørke-veie-metoden kan brukes for å gi fuktigheten i kreosotimpregnert tre, er antagelsen at uimpregnert tre og impregnert tre som blir behandlet på samme måte – her lagt i et bestemt klima i 2-3 uker – burde få omtrent samme trefuktighet til slutt. Målingene som ble gjort underveis skulle vise om denne antagelsen medfører riktighet.

Prøvene ble fordelt på de tre ulike klimaene, med 18 impregnerte og 15 uimpregnerte på 12 % -klimaet og 18 % -klimaet, og 9 impregnerte og 6 uimpregnerte på uteklimaet. Grunnen til at



Bilde 10 - Veieing av uimpregnerte prøver

det ble ulik fordeling av prøver på de forskjellige klimaene, var at det ikke var nok prøvemateriale til å ha like mange prøver ute som i de styrte klimaene. Uteklimaet var uansett et klima med ukjent RH, og derfor ble det valgt å nedprioritere det i forhold til antall prøver. Målingene ble ikke foretatt med jevne mellomrom, men da det er sluttvekten som skulle brukes, bestemte man at det ikke var nødvendig.

Forsøkets forløp var 3 uker, hvor vektendringer ble registrert. Målinger med motstandsmåleren ble ikke gjort før ved siste måling, av frykt for at prøvene ville sprekke, siden mange var nokså

små. Frykten var for så vidt berettiget, da mange av de uimpregnerte prøvene sprakk da motstandsmåleren ble trukket ut igjen, og noen sprakk da måleren ble banket inn og er dermed ugyldige. Alle målingene ligger som vedlegg i teksten.

3.2 Resultat

Som nevnt er dette forsøket meget lite, med kort utførelsestid og få prøver, og man får kun en indikasjon på hvordan man kan tolke fuktighetsresultatene fra i sommer.

Under kommer navneforklaring for de ulike prøvene. I tillegg vil begrepet "uimpregnert" bli brukt om de uimpregnerte prøvene, "tørket kreosot" vil bli brukt om prøvene av kreosotimpregnert tre som har ligget i tørkeskap før forsøket ble startet, og "utørket kreosot" vil bli brukt om de kreosotimpregnerte prøvene som ikke ble tørket før forsøket begynte.

Forklaring:

ST – tørket kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med minst diameter

S – kreosotimpregnert materiale, henter fra prøvestokk med minst diameter

MT - tørket kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med medium diameter

M - kreosotimpregnert materiale, henter fra prøvestokk med medium diameter

LT – tørket kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med størst diameter

L – kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med størst diameter

U – uimpregnert materiale

Tabell 1 – For 20 °C og 65 % RH-klimaet

FOR 12 %	Tørke-veie-metoden	Motstandsmåleren
ST	10,50	10,17
S		13,27
MT	10,82	10,53
M		12,77
LT	10,70	10,13
L		12,93
U	11,04	11,18
Snitt tørket	10,68	10,28
Snitt utørket		12,99

Tabell 2 – For 20 °C og 85 % RH-klimaet

FOR 18 %	Tørke-veie-metoden	Motstandsmåler
ST	15,30	14,87
S		18,63
MT	15,15	15,20
M		19,50
LT	15,23	14,80
L		18,73
U	15,52	15,51
Snitt tørket	15,23	14,96
Snitt utørket		18,96

Tabell 3 – Uteklima, ukjent temperatur og RH

UTEKLIMA	Tørke-veie-metoden	Motstandsmåler
ST	5,43	8,20
S		8,10
MT	5,68	7,40
M		7,80
LT	5,66	7,15
L		7,70
U	6,43	9,22
Snitt tørket	5,59	7,58
Snitt utørket		7,87

I tabellene over ser vi gjennomsnittet av målt fuktighet i de ulike prøvetypene. I de to nederste radene er det også lagd et gjennomsnitt for de tørkede prøvene og de utørkede målingene, uavhengig av hvor prøvene kom fra i stolpen.

Prøvene i tabell 1 har ligget inne på trelaboratoriet på fløy 5, som skal gi en trefuktighet på 12 % når prøvene når sin likevektsfuktighet. Disse stoppet imidlertid på 11 %, men da de hadde

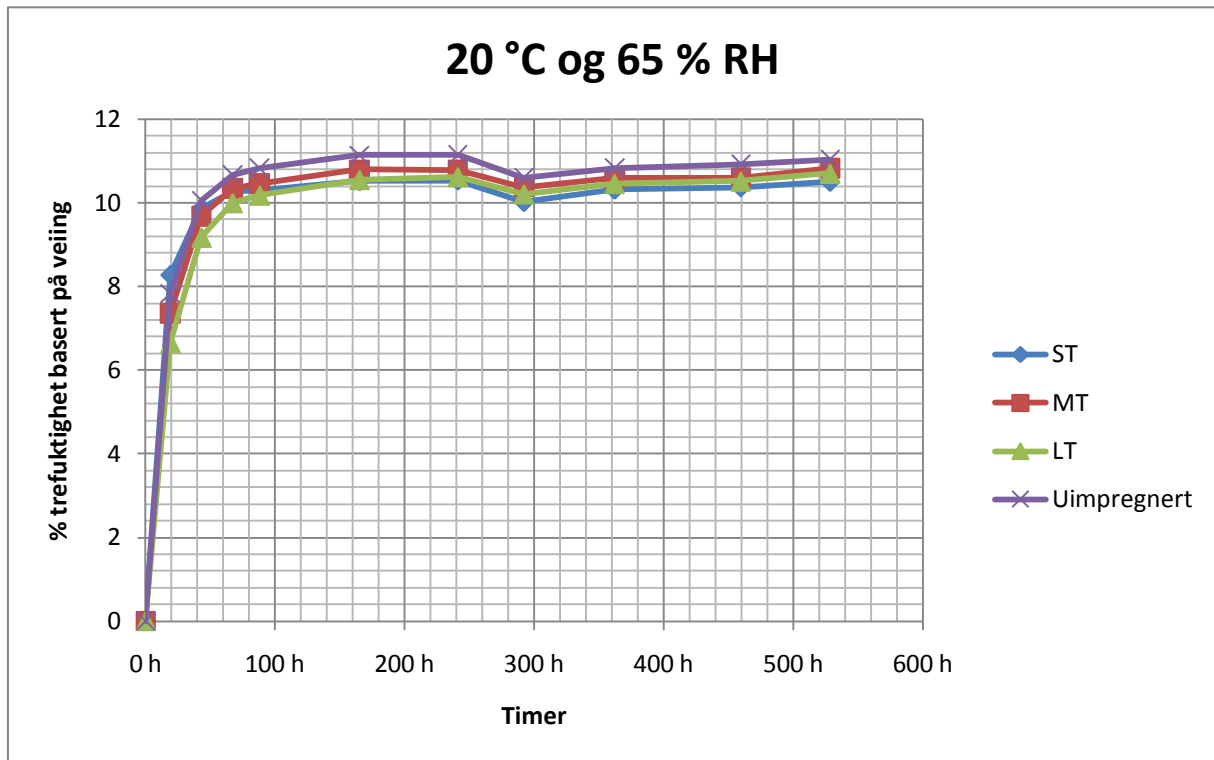
liten eller ingen vektøkning i løpet av de siste målingene, besluttet man å stoppe forsøket. Grunnen til at prøvene stoppet på 11 % trefuktighet selv om de skulle vært 12 % kan være at klimaet i rommet varierer fra sted til sted, eller at det er feil ved innstillingene på klimaanlegget. Dette har uansett liten innvirkning på sluttresultatet, da det er forskjellene mellom impregnert og uimpregnert virke vi er ute etter.

Som man ser i tabell 1, for uimpregnert virke, er resultatet ved bruk av fuktighetsmåleren 0,14 % høyere enn ved bruk av tørke-veie-metoden. Dette er en meget liten forskjell, og kan også komme av at målingene med motstandsmåleren ikke ble gjort i fiberretningen. I tabell 2, for uimpregnert virke, er forskjellen mellom resultatet fra motstandsmåleren og tørke-veie-metoden enda mindre. Ser man på begge disse forskjellene, kan man anta at fuktighetsmåleren er korrekt kalibrert for uimpregnert furu.

Ser man derimot på resultatene i tabell 3 er det relativt stor forskjell mellom motstandsmålerens resultat og resultatet fra tørke-veie-metoden. Dette kan imidlertid antas å komme av at fuktigheten er såpass lav, og at det er vist at ved fuktigheter under 7 % vil en motstandsmåler ikke kunne gi et nøyaktig resultat (*Pousette et al. 2002*). Resultatene fra uteklimaet må derfor sees bort fra, da alle målinger med tørke-veie-metoden har gitt trefuktigheter under 7 %, som ikke kan måles med motstandsmåler.

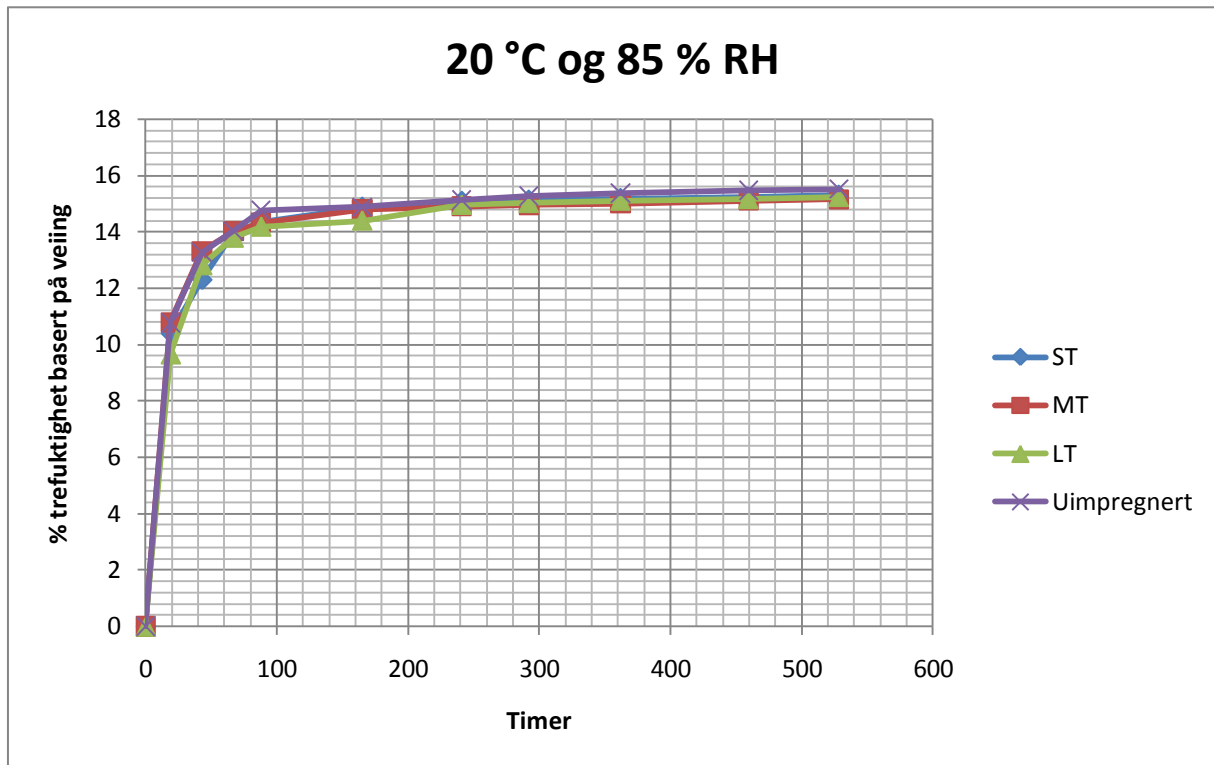
De forskjellige bokstavene S, M, og L betegner som nevnt hvilken høyde i stolpen prøvene kommer fra. I Tabell 1 og Tabell 2 ser man tendensen til at den stokken med medium diameter er den med høyest fuktighet, men siden Tabell 3 ikke viser samme tendens, velger vi å se bort fra en eventuell høydeforskjell i dette forsøket. Videre uttalelser og antagelser er derfor basert på snittverdier av fuktighetsmålingene fra alle de tre høydene.

Under vises vektøkning i prosent for 12 % -klimaet, 18 % -klimaet og uteklimaet for gjennomsnittet av fuktningene for de uimpregnerte prøvene og de tørkede kreosotprøvene. De utørkede prøvene er ikke med, da man ikke kan beregne en prosentvis vektøkning/vekttap siden det ikke går an å finne prøvenes tørrvekt.



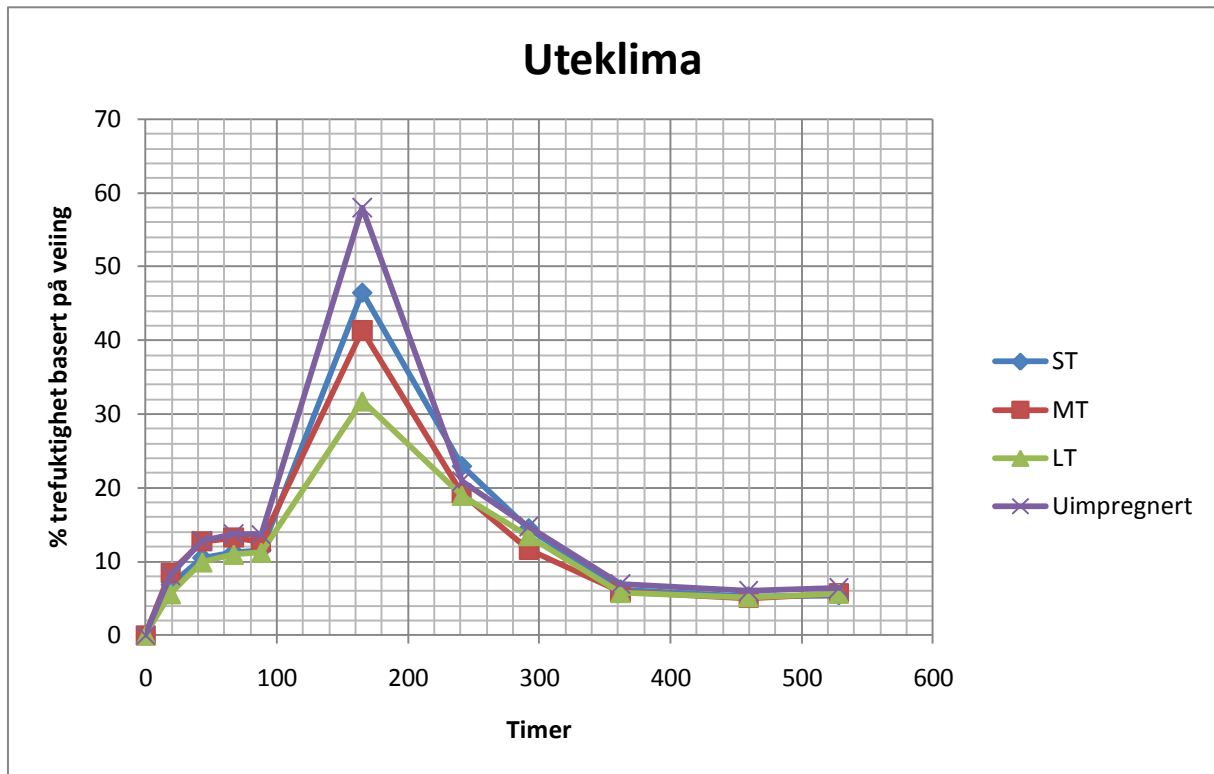
Figur 7- Viser fuktighet basert på klima 20 °C og 65 % RH

Som man kan se på grafen har det vært et fuktighetstap like før 300 timer. Dette kommer antageligvis av at klimaanlegget på laboratoriet er blitt slått av, enten ved en feiltagelse eller at noen har glemt å slå det på igjen. Dette skal i teorien imidlertid ikke påvirke de endelige resultatene våre, siden alle prøvene har vært utsatt for samme klima, og vi ventet med å avslutte forsøket til prøvene hadde stabilisert seg igjen. Alle prøvene har rimelig like vektøkningsskurver, men de uimpregnerte prøvene har størst vektøkning hele veien. Dette kommer tydelig frem i sluttresultatet som er i tabell 1. Ellers ser man også at LT hadde en svakere vektøkning på starten enn de andre prøvene, men de endte likevel opp på samme nivå som ST og MT. Det kan komme av ulik tykkelse på prøvene, men da prøvene likevel endte på samme nivå har dette blitt sett bort fra.



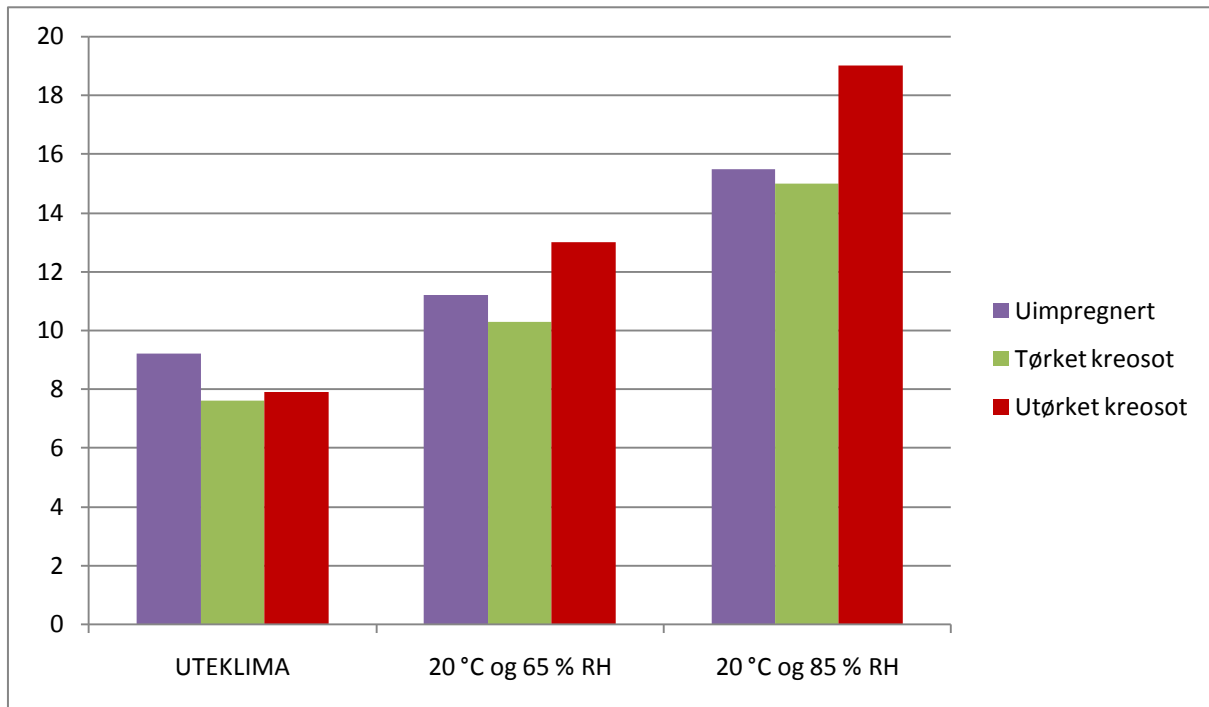
Figur 8 – Viser fuktighet basert på klima 20 °C og 85 % RH

Grafen for 18 % klimaet viser samme tendenser som grafen for 12 % klimaet. Alle prøver har relativt lik vektøkning, men de uimpregnerte prøvene har likevel høyest vektøkning. Årsaken til dette har antageligvis med tørkingen av de kreosotimpregnerte prøvene å gjøre, og at de i det hele tatt er impregnert. Impregneringen trykkes i utgangspunktet inn i cellevegger og celledumen, mens forhåndstørkingen har bidratt til reduksjon av impregneringen. Nøyaktig hvordan dette påvirker treets evne til å ta til seg fuktighet skal ikke bli diskutert her, da det ikke er relevant for oppgaven.



Figur 9 – Viser fuktighet basert på uteklima

Grafen for uteklima varierer mye. Prøvene har ligget under tak, men ved ca 160 timers måling var det et kraftig regnvær som likevel tilførte prøvene fukt. De har også vært eksponert for sol; dette forklarer hvorfor fuktigheten på slutten er lavere enn den var i løpet av de første 100 timene av forsøket. Klimaet ble imidlertid så tørt på slutten at prøvene endte på under 7 % fuktighet, noe som ikke kan dobbeltsjekkes mot motstandsmåleren, da den ikke kan gi sikre målinger under 7 % fuktighet.



Figur 10 – Sammenligning av fuktighet for de ulike klimaer

I figuren over vises en sammenligning mellom fuktighetene målt med motstandsmåleren, mellom de ulike prøvetypene og de ulike klimaene. Som nevnt er uteklimaet for tørt til at motstandsmåleren kan gi riktige måleverdier. For 12 % og 18 % likevektsfuktighet er det en tendens til at de utørkede kreosotprøvene gir høyere fuktmålinger enn det uimpregnerte materialet. Forskjellen er høyere for 18 % likevektsfuktighet, og kan tolkes som at avviket blir større jo høyere den reelle fuktigheten er. Dette undergraver den tidligere teorien om at kreosot ikke påvirker fuktighetsmålingene.

3.3 Konklusjon

Kreosotimpregnert tre vil gi høyere fuktighetsverdier ved bruk av en motstandsmåler, enn det uimpregnert tre vil. Derfor er konklusjonen med at man får høyere fuktighetsverdier når man måler kreosotimpregnert tre med motstandsmåler, enn hva den reelle fuktigheten i treet er, og at man derfor ikke kan stole hundre prosent på målingene som ble gjort i august 2009. Man kan derimot med sikkerhet si at måler man over 20 % fuktighet i kreosotimpregnert tre, finnes det fremdeles mer fukt enn ønskelig, og at man bør observere dette over tid, i tilfelle i råteangrep. Høye fuktighetsverdier er også en indikasjon på konstruksjonsfeil.

3.4 Feilkilder

Laboratoriet, hvor det til en hver tid skal være 20 °C og 65 % RF, er hyppig i bruk, noe som kan føre til at klimaanlegget av og til blir skrudd av, og ikke slått på igjen når man forlater lokalene. For prøvene som skulle nå 12 % fuktighet, har denne feilkilden blitt observert som et tap av fuktighet i stedet for økt fuktighet. Dette skal ikke ha altfor mye å si, da det er sammenligningen mellom uimpregnert virke og kreosotimpregnert virke som er hovedsaken. Likevel er man ikke helt sikre på om kreosot påvirker trevirkets tørkehastighet og oppfuktingshastighet, så feilen kan ha vært en medvirkende kilde til forskjell i fuktmålingene.

Fuktighetsmålinger med motstandsmåler skal i teorien gjøres i treets fiberretning. Vi valgte å se bort fra dette, da prøver som er korte i fiberretningen stabiliserer seg raskere. Derfor ble målingene med motstandsmåleren gjort i tangentiell retning på treet i de kreosotimpregnerte prøvene, og dette kan ha gitt noe avvik på målingene. Som nevnt kom vi frem til at dette ville utgjøre en liten forskjell, som vi derfor valgte å se bort fra.

FOR 12 %		0 h	19 h	43 h	67 h	88 h	165 h	241 h	292 h	362 h	459,5 h	528,5 h	MÅLT
ST	3	0	8,27	9,87	10,27	10,29	10,52	10,54	10,02	10,32	10,37	10,50	10,17
S	3												13,27
MT	3	0	7,36	9,68	10,34	10,46	10,80	10,79	10,38	10,59	10,60	20,05	10,53
M	3												12,77
LT	3	0	6,65	9,17	10,00	10,18	10,56	10,62	10,21	10,46	10,52	7,49	10,13
L	3												12,93
U	15	0	7,83	10,06	10,67	10,83	11,14	11,15	10,61	10,83	10,93	11,04	11,18

- ST** – tørket kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med minst diameter
- S** – kreosotimpregnert materiale, henter fra prøvestokk med minst diameter
- MT** - tørket kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med medium diameter
- M** - kreosotimpregnert materiale, henter fra prøvestokk med medium diameter
- LT** – tørket kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med størst diameter
- L** – kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med størst diameter
- U** – uimpregnert materiale

For S, M, og L finnes det ikke tall for prosentvis vektøkning, da vi ikke har tørrvekten for disse.

Figur 11 – Oversikt målinger for klima som skal gi 12 % trefuktighet

FOR 18 %		0 h	19 h	43 h	67 h	88 h	165 h	241 h	292 h	362 h	459,5 h	528,5 h	MÅLT
Serie	Ant prøver	0,00	10,39	12,29	13,98	14,34	14,88	15,08	15,13	15,18	15,24	15,30	10,17
S	3	0,00	10,79	13,31	14,02	14,33	14,79	14,91	14,95	15,01	15,11	15,15	13,27
MT	3	0,00	9,65	12,81	13,79	14,18	14,40	14,95	15,02	15,10	15,16	15,23	10,53
M	3	0,00	10,77	13,27	14,03	14,77	14,88	15,13	15,27	15,37	15,48	15,52	12,77
LT	3	0,00	10,77	13,27	14,03	14,77	14,88	15,13	15,27	15,37	15,48	15,52	10,13
L	3	0,00	10,77	13,27	14,03	14,77	14,88	15,13	15,27	15,37	15,48	15,52	12,93
U	15	0,00	10,77	13,27	14,03	14,77	14,88	15,13	15,27	15,37	15,48	15,52	11,18

- ST** – tørket kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med minst diameter
 - S** – kreosotimpregnert materiale, henter fra prøvestokk med minst diameter
 - MT** – tørket kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med medium diameter
 - M** – kreosotimpregnert materiale, henter fra prøvestokk med medium diameter
 - LT** – tørket kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med størst diameter
 - L** – kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med størst diameter
 - U** – uimpregnert materiale
- For S, M, og L finnes det ikke tall for prosentvis vektøkning, da vi ikke har tørrvekten for disse.

Figur 12 - Oversikt målinger for klima som skal gi 18 % trefuktighet

FOR UTEKLIMA													
Serie	Ant prøver	0 h	19 h	43 h	67 h	88 h	165 h	241 h	292 h	362 h	459,5 h	528,5 h	MÅLT
ST	1	0,00	6,84	10,51	11,28	11,57	46,49	22,94	14,50	6,20	5,27	5,43	8,20
S	1												12,90
MT	1	0,00	8,48	12,73	13,26	12,66	41,34	19,23	11,61	5,86	5,04	5,68	7,40
M	2												7,80
LT	2	0,00	5,58	9,91	10,95	11,23	31,78	18,96	13,49	5,75	5,17	5,66	7,15
L	2												7,70
U	6	0,00	8,14	12,81	13,75	13,66	58,01	20,86	14,78	6,97	6,01	6,43	9,22

- ST** – tørket kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med minst diameter
- S** – kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med minst diameter
- MT** - tørket kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med medium diameter
- M** - kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med medium diameter
- LT** – tørket kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med størst diameter
- L** – kreosotimpregnert materiale, hentet fra prøvestokk med størst diameter
- U** – uimpregnert materiale

For S, M, og L finnes det ikke tall for prosentvis vektøkning, da vi ikke har tørrvekten for disse.

Figur 13 - Oversikt målinger for uteklima

4. Resultater av inspeksjoner

I august 2009 inspiserte Hallvard Johnsen Aase og undertegnede litt over 30 trebroer for Statens Vegvesen (SVV). Disse var i hovedsak bygd mellom 1995 og 2005, med et par broer som var eldre. Inspeksjonen hadde som formål å se hvordan tre fungerer som byggemateriale for broer, både vegbroer og gang- og sykkelbroer. På grunn av lite tid i oppstartsfasen rakk vi ikke å få alle kurs som må til for å kunne klatre fritt rundt på broene, og vår inspeksjon ble derfor klassifisert som ”spesialinspeksjon”, etter Statens Vegvesen sine standarder. En enkel inspeksjon defineres som enklere enn hva vi gjorde, og en hovedinspeksjon krever at en kommer inn på hvert enkelt konstruksjonselement. Definisjonen *spesialinspeksjon* gjorde at vi kunne inspisere det som lot seg gjøre, med de hjelpemidlene vi hadde.

Før inspeksjonene tok til fikk vi en rask innføring i SVVs dataprogram *BRUTUS*, hvor det i utgangspunktet skal ligge inne brotegninger og bilder av alle broer, pluss rapporter fra tidligere inspeksjoner. *BRUTUS* genererer skjema for hver bro man skal inspisere, etter hva slags type inspeksjon man skal foreta. Nøyaktig hvordan *BRUTUS* er programmert vet vi ikke, men vi la merke til at tilsynelatende like broer ikke nødvendigvis fikk like skjema. Vi brukte derfor skjemaene fra *BRUTUS* som en pekepinn på hva vi burde undersøke i løpet av inspeksjonen, i tillegg til ting vi selv mente vi burde undersøke.

Etter endt inspeksjon ble alt lagt inn i *BRUTUS*, hvor vi også la inn bilder dersom vi mente det var skader som tilsa det. Det ble også lagt inn kort beskrivelse av hva vi hadde observert, i tillegg til en skadevurdering i henhold til *Håndbok 136 – Inspeksjonshåndbok for bruer*.

4.1 Skadevurdering

Skadevurderingene ble gjort i henhold til SVVs *Håndbok 136*, kapittel 5. Denne finnes også i en felthåndbokutgave.

Skadegraden, i følge *Håndbok 136*, benyttes for å angi hvor alvorlig en skade er og eventuelt hvor raskt den må repareres. Koden for skadegrad er:

- 1 Liten skade/mangel, ingen tiltak nødvendig
- 2 Middels skade/mangel, tiltak i løpet av 4-10 år
- 3 Stor skade/mangel, tiltak i løpet av 1-3 år

- 4 Kritisk skade/mangel, tiltak straks eller senest innen ½ år
- 9 Ikke inspisert

Vi benyttet oss av denne formen for gradering, og prøvde å gi et riktig estimat av skaden. Vi følte imidlertid at vi hadde lite erfaring med skadevurdering, og har kanskje overvurdert noen skader, da vi følte at det var bedre med for hyppige inspeksjoner enn for få.

I tillegg skal skadegraden sees i sammenheng med skadekonsekvens, som benyttes for å angi hvilken konsekvens en skade har for broen eller omgivelsene (*Håndbok 136*). Følgende skadekonsekvenser benyttes:

- B** Skade/mangel som truer bæreevnen
- T** Skade/mangel som truer trafiksikkerheten
- V** Skade/mangel som kan øke vedlikeholdskostnadene
- M** Skade/mangel som kan påvirke miljø/estetikk

Kombinert kan vi for eksempel få:

- 1B = Liten skade/mangel som ikke regnes for å representere noen fare for broens bæreevne. Skaden repareres ikke.
- 3V = Stor skade/mangel som kan utvikle seg slik at reparasjonen blir mer omfattende, komplisert og kostbar om den får stå i mer enn 1-3 år. Skaden repareres i løpet av 1-3 år.

En skade kan ha flere konsekvenser. I tillegg ble skadetyperne definert nærmere når vi la rapportene inn i *BRUTUS*, som for eksempel setningsskader, sporslitasje, manglende rengjøring etc.

4.2 Utstyr

Utstyret vi hadde med oss var:

- Refleksvester (riktig synlighetsklasse for bruk i veikant)
- Hansker
- Syl
- Fuktighetsmåler, type motstandsmåler (mer forklart i kalibreringskapittelet)
- Tommestokk (man kan også benytte seg av målebånd)
- Kniv (gjerne en med langt smalt blad)
- Fotoapparat
- Stige (vi hadde lånt en sammenleggbar, til bruk til høyder under 4 m, i henhold til forskrift i *Håndbok 136* for stiger som ikke er festet i toppen)
- Skrivesaker med underlag
- Inspeksjonsutskrift fra BRUTUS
- Brotegning
- Inspeksjonshåndbok
- Felthåndbok
- Mobiltelefon
- Lommelykt
- Lift (på noen broer)
- Kart/lister med kilometrering (gjerne GPS, da det gjør det lettere å finne broene)
- Kompass
- Vater
-

I *Håndboka* står det mye utstyr det anbefales å ha med, men siden vi kun skulle gjøre enkle inspeksjoner fant vi det ikke nødvendig å ta med mer utstyr enn det som er listet opp ovenfor. I tillegg savnet vi noen typer utstyr som ikke er nevnt i *Håndbok 136* – men derimot i en rapport fra svenske Träteck (Pousette et al. 2002).

Utstyr vi savnet, men som ikke er nevnt i håndboka:

- Speil til å se under og bak steder vi ikke kom til selv

4.3 Inspeksjonsresultater

Etter å ha brukt august 2009 på å inspisere trebroer i Region Øst hadde vi et utvalg på 34 broer å basere utsagnene våre på. Vi fikk også sett hva som var de vanlige skadetyperne, og hvorfor disse hadde oppstått. Resultatene er her delt inn i kategorier etter hvor vi fant skader/avvik. Disse kategoriene er

- Grunnen
- Landkar/Lager
- Bæresystem
- Dekket
- Slitelag
- Rekkverk
- Annet

Resultatene fra inspeksjonene er også lagt ved oppgaven som vedlegg, *Vedlegg 1*, hvor det står alle fuktighetsmålinger per bro, og en rapport for broens tilstand.

4.3.1 Grunnen

Vanlige skader i grunnen er erosjon. Erosjon er en følge av rennende vann, som fører med seg masser. Dette kan føre til skader på slitelag av asfalt, som på Sollihaugen og Fløtaker. Dersom skadene ikke blir fulgt opp vil mer og mer av slitelagets underlag eroderes bort, og asfalten kan resultere i trafikkuhell. På Aurskog er selve landkaret undergravd – hva slags skader det kan gi vites ikke nøyaktig, men det gir ikke stabile forhold i grunnen.



Bilde 11 – Erosjon på Sollihøgda



Bilde 12 – Erosjon på Fløtaker

Også på Moumbekken finnes erosjonsskader. Her er i tillegg bakken under broen i myk jord, som har tydelige spor etter rennende vann. Vannet har ledet jord og gjørme ned mot bropilarene, hvor det har samlet seg hauger av jord. Disse ligger opp til 5 cm opp etter pilarene, og med tanke på at endeveden står rett på pilarenes fundament, gjør dette at pilarene har kritisk høye fuktighetsverdier i bunnen og et stykke oppover i veden.



Bilde 13 – Fuktige pilarer, Moumbekken

Løsning på erosjonsproblem må være å fylle etter med masse når det graves ut, og dersom asfalten også har gått med i erosjonsprosessen, må også dette repareres. For Moumbekken bør man grave frem pilarene slik at jorden som beveger seg nedover ikke legger seg opp etter pilarene, og man må passe på at endeveden har utluftingsmuligheter.

4.3.2 Landkar/Lager

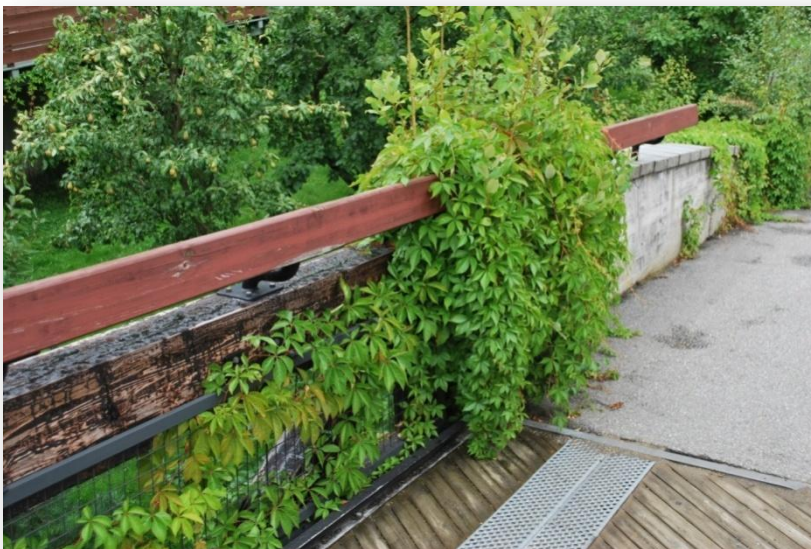
Noen steder ble det observert at det dannes dammer med vann på lageravsatsene. Dette skyldes at lageravsatsene ikke skråner utover, slik de skal. Det resulterer i at vann blir liggende på avsatsen, hvilket gjør svillen våt over lengre tid. En slik ansamlingsplass vil også samle smuss som holder på vannet og gjør at eventuell fordampning tar lengre tid. De nyere broene har landkar som skråner både på tvers og langs av broens lengderetning, slik at det ikke er mulig med vannansamlinger.

På flere steder ble krakelering av betongen observert. Antageligvis var dette kun en slags misfarging av overflaten, da vi ble fortalt at krakelering som gir fare for at betongen skal gå i stykker gir større ”ruter” i krakeleringen. Dette bør det imidlertid følges med på.

Mange broer bærer preg av dårlig vedlikehold ved landkarene, og en fellesnevner er at busker og kratt har fått gro fritt. Dette gjør at fukt som har kommet seg inn til broene ikke kommer seg like fort ut igjen, da ugresset skjerner for sol og vind som kan tørke ut fuktigheten.



Bilde 14 – Gjengrodd ved pilarer, Skovbøl



Bilde 15 – Gjengrodd ved landkar, Skovbøl

En del landkar er ”pyntet” med stein, som på Skovbøle, Leie, Beston, etc. Her er det observert at en del steiner er løse. Dette er ofte rapportert inn før, men ikke fulgt opp. Bildene viser steiner på Skovbøle, og siden det er en G/S-bro, er det sannsynlig at dette er hærverk.



Bilde 16 – Løse steiner, Skovbøl



Bilde 17 – Manglende stein, Skovbøl

Landkarene er ofte nedtagget. Dette er stort sett et estetisk problem, men når graffitien fjernes kan det slite på landkaret.



Bilde 18 – Nye graffiti, Brubekken

Andre steder er landkaret nedsølt med kreosot. Dette er også stort sett et estetisk problem.



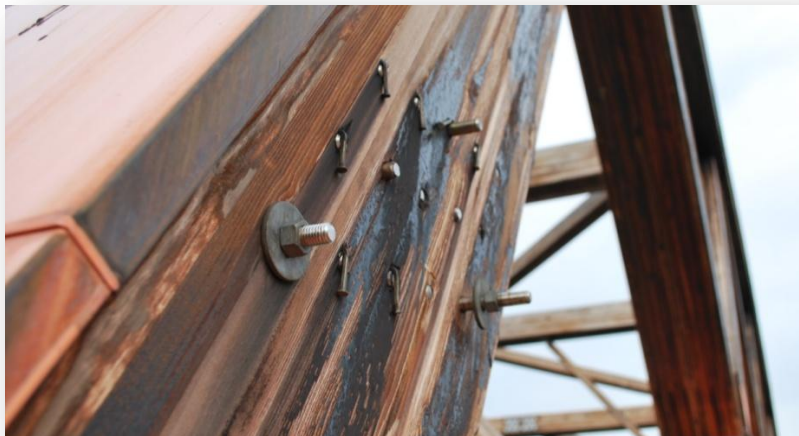
Bilde 19 – Mye kreosotsøl, Evenstad

Mye av problemene ved landkarene er vedlikeholdsmangel, som kan løses ved hyppigere vedlikehold. Dog er det ofte ressursmangler som gjør at ugressfjerning nedprioriteres, og det bør rett og slett settes av mer midler til vedlikehold da det vil spare utgifter på sikt – da broen slik får lengre holdbarhet/levetid.

4.3.3 Bæresystem

Noen knutepunkt har beslag, hvor vann vil samle seg. Dette prøver man å unngå ved å lage huller nederst i beslagene slik at vann kan renne ut, men når kreosoten svetter ut kan den legge seg i knutepunktene og tette hullene slik at vannet ikke kan renne ut. I tillegg vil grus og stein feste seg i kreosoten og øke risikoen for tetting av hullene. Knutepunktene bør altså forsøkes renses for kreosot.

Der hvor det brukes dybler i knutepunkt, bør man være oppmerksom på at de kan vandre (bevege seg). Vanligvis vil de vandre tvers på broen, men vi har sett at de vandrer i broens lengderetning, og at de dermed har knust trevirket rundt seg. På Tynset hadde enkelte dybler vandret langt, selv om vi fikk fortalt at dyblene var kontrollert og slått inn kun to måneder i forveien. I tillegg så vi at noen dybler var sikret mot vandring ved hjelp av spiker. Denne løsningen virker å fungere, selv om den rent estetisk sett ikke holder mål.



Bilde 20 – Vandrende dybler, Tynset

En del buer er beslått med kobberbeslag. Disse skjermer bra for fukt, men problemet er at mange beslag blir stjålet fordi kobber er et attraktivt materiale. Det burde antageligvis brukes et mindre verdifullt metall for at skal det få stå i fred. På Ulnes benyttet det sjalusier av tre, noe som ser ut til å fungere bra.

På Asper er en av bærebjelkene til rampen lagt på en stein for å få riktig høyde. Hvorfor dette ikke er gjort ordentlig vet vi ikke, men det ser noe tvilsomt ut. Det skal nevnes at Asper gangbro er i generelt dårlig tilstand, med et sterkt råteangrep på søndre rampe, og vi håper hele broen får en overhaling om ikke lenge.



Bilde 21 – Ugunstig løsning, Asper

4.3.4 Dekket

De ytre lamellene har ofte en fuktighet på over 20 %. Noen steder ligger det beslag oppå dekket for å beskytte de ytre lamellene, men det burde nok være en likelydende regel for alle.

Noen broer har glipper mellom brodekket og landkaret. Enkelte plasser ser det ut til at det er konstruert på denne måten med vilje, slik at endeveden kan luftes ut, men det har lagt seg skitt i glippen og den vil samle på vann i stedet for å luften. Slike glipper eksponerer endeveden generelt for mye mot fuktighet, og det merkes på en del broer, som Moumbekken og Fløtaker.



Bilde 22 – Mye smuss i glippen, Fløtaker



Bilde 23 – Våt endevend hos bærebjelken, Moubekken

I slike tilfeller, hvor glippen har tillat fukt å slippe til ved dekkets endeved, hadde det vært praktisk å kunne komme til, enten ved bruk av et speil på en bøyelig pinne, slik vi finner det beskrevet i Träteck sin rapport fra 2002, eller ved en annen utforming av landkaret. Etter samtale med Dyken og Grefstad kom forslag om å utforme et landkar med nisjer, der det ville være mulig å stikke inn nevnte speil, eller komme til med overkroppen for å ta bilder og foreta fuktmålinger. Ved et slikt forslag vil svillen fungere som en tverrbærer i stedet for kun et lagerpunkt. Å ha et speil som vanlig utstyr er lettere gjennomførbart over kort tid.

På de tverrspente dekkene ble det enkelte steder observert at stagene er strammet til så hardt at den ytterste lamellen har knusningsskader rundt fordelingsskivene. På Grylla er det så ille at dekket ”bølger” seg mellom stagene. Man må være observant under oppstrammingen, slik at man ikke strammer for hardt til. Dette kan sjekkes med hydraulisk jekk, men da vi ikke hadde nok opplæring til å bruke den på egen hånd, fikk vi ikke gjort det. Strammingen bør imidlertid sjekkes med jevne mellomrom, og ved montering må man passe på og ikke kappe stagene for korte, noe som kan gjøre etteroppspanning umulig. Dette ser ut til å være et vanlig problem, som må tas opp med de som monterer broene så de er klar over at for korte stag kan skape problemer over tid.

4.3.5 Slitelag

Det er vanlig at slitelag og land ikke flukter helt. Dersom slitelaget er høyere enn bakken rundt, la vi merke til at det ble skader etter brøyting, og dersom slitelaget var lavere ble det en grop der grus og smuss legger seg og samler på fuktighet.



Bilde 24 – Overgang dekke-land samler grus, Sollihøgda

- Treslitelag

Slitelag av tre får raskt hjulspor dersom det brukes på vegbroer. De fleste vegbroer med treslitelag benyttes på skogsveier, eller av bønder for å krysse mye trafikkerte veier i forbindelse med gårdsdriften. Traktorer er imidlertid tunge kjøretøy og vil forårsake en del slitasjeskader på treslitelag – som på Sagåsen.



Bilde 25 – Skadet slitelag, Sagåsen

Som bildet også viser er det en del grus på brobanen, og dette er vanlig på både G/S-broer og vegbroer. Når dette ikke blir fjernet, og det gjør det tydeligvis sjelden, vil det bli fukt under smusset. Dette merkes spesielt godt på slitelag av tre, og det er gjerne ved kantbjelken/styrebjelken at dette samler seg. På Fløtaker var kantbjelken montert slik at det var en noen cm stor glippe under bjelken, hvor smuss samlet seg. En slik utforming gjør det også vanskeligere å fjerne smusset.

- Asfaltslitelag

Slitelag av asfalt har ofte sprekker på tvers av brobanen, vanligvis rett over tverrbærerne. På Evenstad er det derimot sprekker over tverrbærere og midt mellom tverrbærerne annenhver gang. Antageligvis er det mye svingninger i dekket ved belastning.

Også asfaltslitelag får hjulspor ved slitasje, men ikke like fort som treslitelag. Vi har ikke sett så dype spor at det utgjør noen trafikkfare.

Noen steder har kreosoten kommet opp gjennom asfalten og lagd ”kreosotroser” som på Mølledammen, eller gjort asfalten myk slik at trafikken kjevler den ut til sidene – som på Grønsvebakken. Dette kan unngås ved at man venter med å legge på Topeka-membranen til man har tørket vekk overskuddskreosoten fra dekket. Tørkingen kan gjøres ved å helle sagflis på dekket for så å koste det grundig før membranen blir lagt på.



Bilde 26 – Utkjevling av asfalt, Grønsvebakken

Slitelag skal, slik navnet sier, slites i stedet for andre mer kostbare deler av broa. Det er lagt opp til at slitelaget er lett utbyttbart og skal ta støyten fra trafikken, men dersom det i prosjekteringsfasen legges opp til at broen bygges uten særlig vannfeller, som forsenkninger der grus og vann vil samle seg, slipper man å bytte ut slitelaget like ofte. Mer jevnlig vedlikehold, som feiing av broen, vil også kunne spare slitelaget noe.

4.3.6 Rekkverk

Rekkverkene er generelt utsatt for slitasje fra vær og vind, i tillegg til at det ser ut til at det er vanlig at brøytetraktoren tar med seg noen fliser hvert år. De fleste broer med trekkverk har dette problemet. Påkjørsel fra andre kjøretøy ser også ut til å være et problem. Dette kan løses ved å sette opp en mer solid kantbjelke, som skåner rekkverket fra de verste brøyteskadene, og som kanskje kan vurderes å settes litt lenger unna rekkverket.

På Vinnes og Herstrøm er rekkverket konstruert slik at stolpene til rekkverket går vertikalt ned i den bærende limtrebuen. Dette fører vann rett inn i konstruksjonen og gir en veldig forhøyet fare for råte. Dette problemet er imidlertid oppdaget, og slike løsninger finnes kun på disse broene som er bygd på 70-tallet. Man bør følge med på fuktigheten i disse punktene, og kontrollere om det er noen sopp-utbrudd der. Vi ble fortalt at disse broene snart skal rives, men inntil videre bør dette altså følges med på.

På Ulnes og Moumbekken fant vi vertikale hull i rekkverket. På Ulnes var det fabrikkasjonsfeil i limtrebjelken som ga en glippe i skjøten mellom lamellene, mens på Moumbekken så det ut til at det skulle vært noen plugger i rekkverket som ikke var der. Begge feil resulterte i at det sto vann i hullene da vi var på inspeksjon, og dette gir unødvendig råtefare i rekkverket. Dette kan løses ved å tette hullene med en eller annen form for tetningsmasse.



Bilde 27 – Hull i rekkverk, Ulnes



Bilde 28 – Hull i rekkverk, Moumbekken

Noen rekkverk har langsgående vertikale sprekker, som blir stående med vann i. Løsningen for dette kan være å legge beslag på rekkverkene, men da det vil utgjøre en relativt stor kostnad er det heller et punkt man må sjekke for soppangrep med jevne mellomrom, så råteangrepne deler kan byttes ut før de utgjør noen fare for trafiksikkerheten.



Bilde 29 - Sprekk i rekkverk, Evenstad

Rekkverk overflatebehandles ikke nødvendigvis med kreosot, siden det skal være mulig for fotgjengere å støtte seg på det. Derfor overflatebehandles rekkverk ofte med maling, som sprekker etter noen år med vanlig slitasje. I tillegg er det vanlig å se algevekst på malingsbehandlede rekkverk. Alger i seg selv er verst for det estetiske inntrykket, men der det vokser alger er det våtere enn ønskelig, og algene åpner for angrep fra andre biologiske skadegjørere. Løsningen er hyppigere vedlikehold, og om-malinger.

Oftest ser vi rekkverk med manglende skruer, spesielt på Høiendahl manglet det en del skruer i rekkverkets innfesting, og på Moumbekken manglet det et panel i rekkverket. Dette panelet hadde falt ut og lå nede på siden av broen. Skader i rekkverket utgjør en stor risiko for trafikantene, og burde tas på alvor. Oppdages slike feil, og registreres i BRUTUS, bør de repareres så fort som mulig.



Bilde 30 – Skruer mangler i innfestingen, Høiendahl



Bilde 31 – Manglende panel, Moumbekken

Kantbjelker, som fungerer som styrebjelker for brøyting, bør monteres rett på slitelaget. Det er observert (Fløtaker) at kantbjelken er montert på klosser slik at den ligger høyere. Det er mulig det er bedre for brøytetraktoren, og at det gir mindre brøyteskader på bjelken, men dette gjør plassen under kantbjelken til en egnet plass for ansamling av løv og grus og sand som samler fukt. Plassen under kantbjelken var meget fuktig på Fløtaker, og når kantbjelken skjermes for sol og delvis vind, vil det ta lengre tid å tørke ut virket under bjelken. Kantbjelker vil generelt være et oppsamlingspunkt for grus og sand, uavhengig av monteringen, og dette vil føre til fukt under skittansamlingen. Dette krever rett og slett

kontinuerlig vedlikehold, som feiing av bro. Siden kantbjelker i tre er utsatt for skade fra brøyting er et alternativ å bytte ut trevirket med en metallbjelke, som tåler noe mer enn tre ved slike påkjenninger en brøytetraktor vil gi, og som ikke råtner ved skader. Kantbjelkene er antageligvis tenkt å skulle byttes ut ofte, som et billigere alternativ til å bytte ut rekkverket ofte, men det ser ikke ut til at de byttes så ofte som nødvendig/ønskelig.

Vi har sett flere plasser at kantbjelkene festes med bolter som er nedfelt i bjelkene. Dette fører til hull i bjelkene hvor det samles vann, som på Nesoddvegen. Disse burde festes uten nedfelling, men om det er en regel vites ikke. Dessverre kan det også være negativt når brøytetraktoren treffer dem, som på Fønhus. Likevel har vi ikke sett den typen skade så ofte, noe som tilsier at denne festemåten bør velges/er å foretrekke.



Bilde 32 – Dårlig løsning hos kantbjelken, Nesoddvegen



Bilde 33 – Skade i kantbjelke, Fønhus

4.3.7 Annet

Vi har observert lys både på Evenstad og Nydalsdumpa bro. Dette antar vi er for å skape en estetisk effekt. På Evenstad er lysene montert på siden av broen, mens på Nydalsdumpa er lysene nedfelt i pilarenes fundament, og ved rekkverkets innfesting. På Evenstad er lyktene knust og forvridd, mens på Nydalsdumpa er lyktene dekket av både planter og jord, eller knust. På Nydalsdumpa virker det som om det er manglende vedlikehold som er problemet, mens på Evenstad antar vi at det er snøbrøyting som har skadet lyktene. Hærverk er også et alternativ. Skal broene først belyses for å skape en effekt, bør det være såpass med vedlikehold og penger til vedlikehold at lysene fungerer.



Bilde 34 – Overgrodd lys, Nydalsdumpa

4.4 Oppsummering

Det skal understrekes at den inspeksjonstypen vi har gjort baserer seg mye på hva øyet kan se, og hva fuktighetsmåleren viser. Dermed vil mye av det vi har lagt merke til/observert handle om fuktighet og råte. I *Håndbok 136* står det at ”da man må regne med et høyt fuktnivå i trevirke i bruer vil denne undersøkelsen bare være aktuell i spesielle tilfeller og bare på bærende elementer.” (Statens Vegvesen 2000) Vi mener derimot at fuktmåleren bør brukes på de fleste elementene, da dette kan medvirke til å oppdage eventuelle andre lekkasjer enn i bærende element.

Fuktighet er det tilbakevendende problemet mange steder, samt manglende vedlikehold. Holdes området rundt landkaret fritt for busker og ugress, vil noe av fuktproblemet forsvinne. I tillegg må flere detaljer planlegges på prosjekteringsstadiet for at fukt skal kunne unngås.

Vi fikk heller ikke sjekket spennkraften i stagene i de tverrspente limtredekkene, men dette burde også sjekkes jevnlig – og da må ikke stagene kappes så korte at man ikke får festet jekken.

4.5 Oversikt over broene

Under følger en oversikt over hvilke broer vi undersøkte, hva slags brotype det er, og bruksområde. Det følger også kart over hvor broene befinner seg i de forskjellige fylkene (Euroturism).

Tabell 4 – Brooversikt

Fylke	Nummer	Navn	Type	Bruksområde
1	866	Skovbøle	Fagverksbro	G/S-bro
1	868	Leie	Fagverksbro	G/S-bro
1	869	Høiendahl	Fagverksbro	G/S-bro
1	899	Moumbekken	Bjelkebro	G/S-bro
1	909	Sagåsen	Buebro	Vegbro
1	929	Damholt	Platebro	G/S-bro
2	930	Skui	Bjelkebro	G/S-bro
2	1115	Asper	Bjelkebro	G/S-bro
2	1458	Hallangen	Bjelkebro	G/S-bro
2	1462	Aurskog	Fagverksbro	G/S-bro
2	1517	Måna	Sprengverk/hengverk	G/S-bro
2	1518	Nesoddvegen	Fagverksbro	G/S-bro
2	1535	Mølledammen	Buebro	Vegbro
3	873	Brobekk	Buebro	G/S-bro

Fylke	Nummer	Navn	Type	Bruksområde
4	1505	Nydalsdumpa	Bjelkebro	G/S-bro
4	1516	Evenstad	Fagverksbro	Vegbro
4	1567	Skubbersenga	Fagverksbro	Vegbro
4	1603	Os	Fagverksbro	G/S-bro
4	1614	Tynset	Buebro m/ én fagverksbue	Vegbro
4	1617	Grylla	Ribbeplatebro	Vegbro
4	1628	Neså	Platebro	Vegbro
4	1630	Horne	Buebro	Vegbro
5	1745	Fønhus	Buebro	Vegbro
5	1785	Ulnes	Buebro	Vegbro
6	811	Herstrøm	Buebro	G/S-bro
6	844	Vinnes	Buebro	G/S-bro
6	1668	Fløtaker	Bjelkebro	G/S-bro
6	1693	Daleråsen	Buebro	Vegbro
6	1703	Sollihøgda	Buebro	G/S-bro
6	1709	Bjørnli	Sprengverk/hengverk	Vegbro
6	1710	Beston	Sprengverk/hengverk	Vegbro
6	1711	Alme	Bjelkebro	G/S-bro
6	1746	Kofstad	Buebro	Vegbro

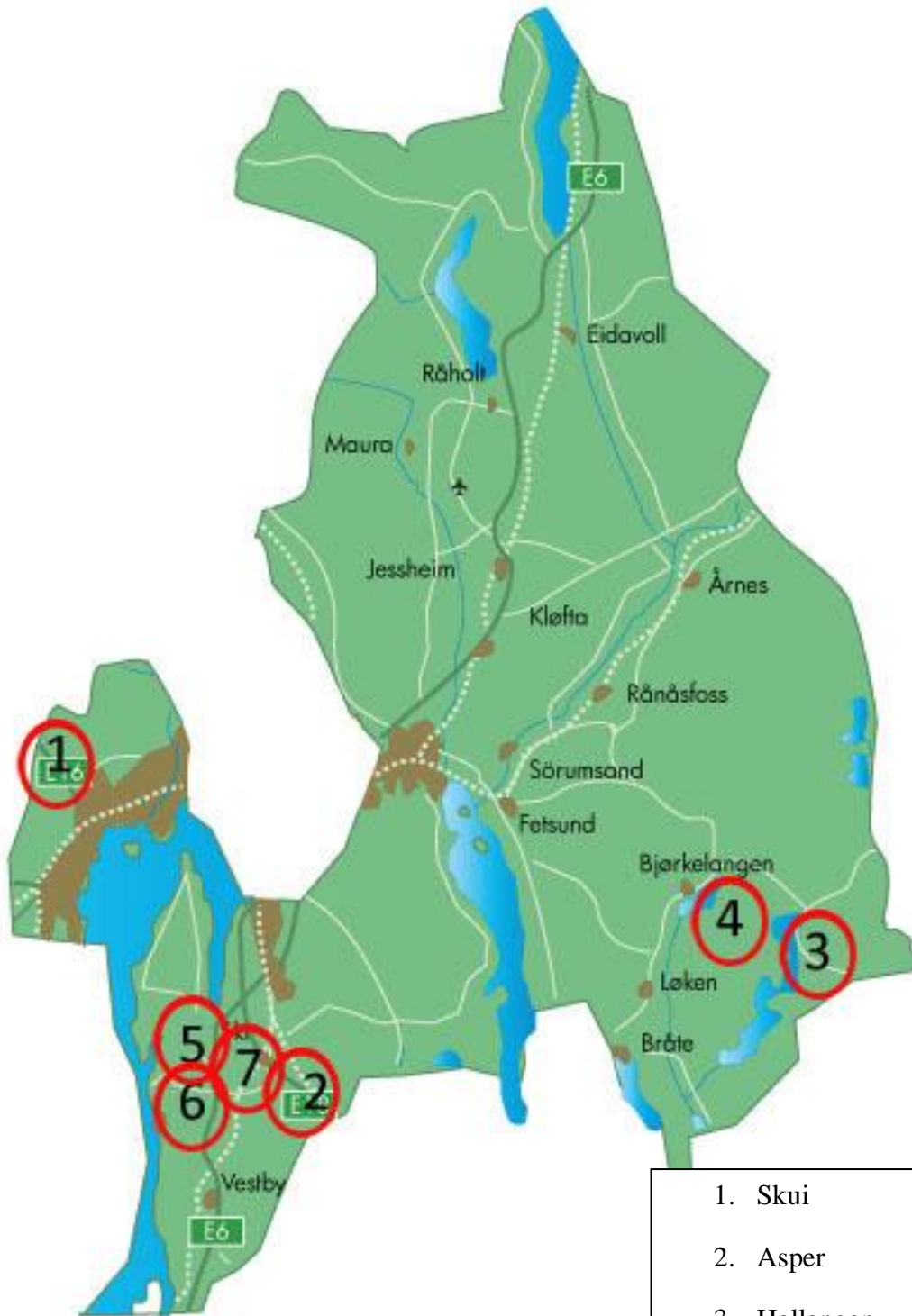
4.5.1 ØSTFOLD



Figur 14 – Kart over Østfold

- | |
|---------------|
| 1. Skovbøle |
| 2. Leie |
| 3. Høiendahl |
| 4. Moumbekken |
| 5. Sagåsen |
| 6. Damholt |

4.5.2 AKERSHUS



Figur 15 – Kart over Akershus

1. Skui
2. Asper
3. Hallangen
4. Aurskog
5. Måna
6. Nesoddvegen
7. Mølledammen

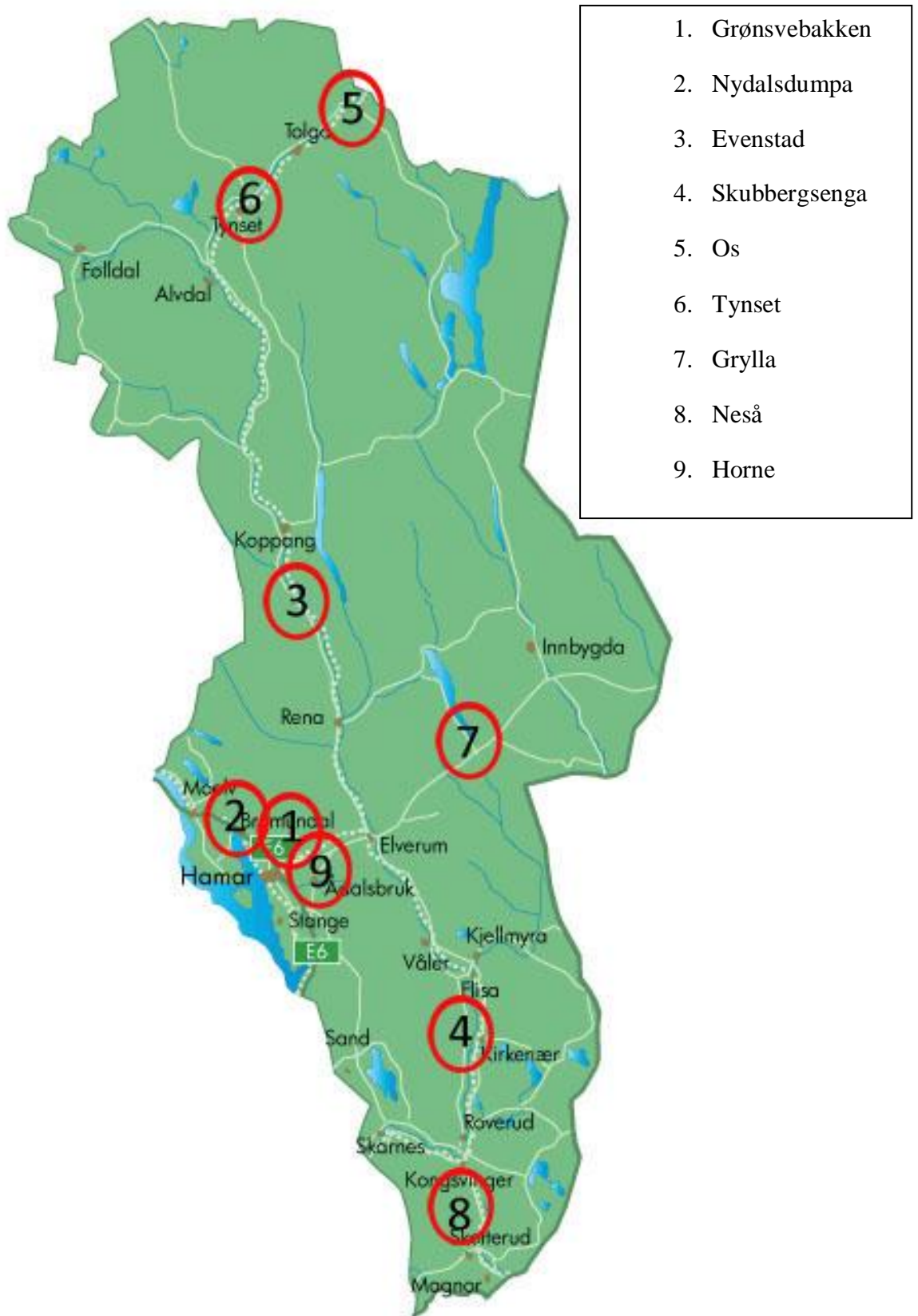
4.5.3 OSLO



Figur 16 – Kart over Oslo

1. Brobekk

4.5.4 HEDMARK



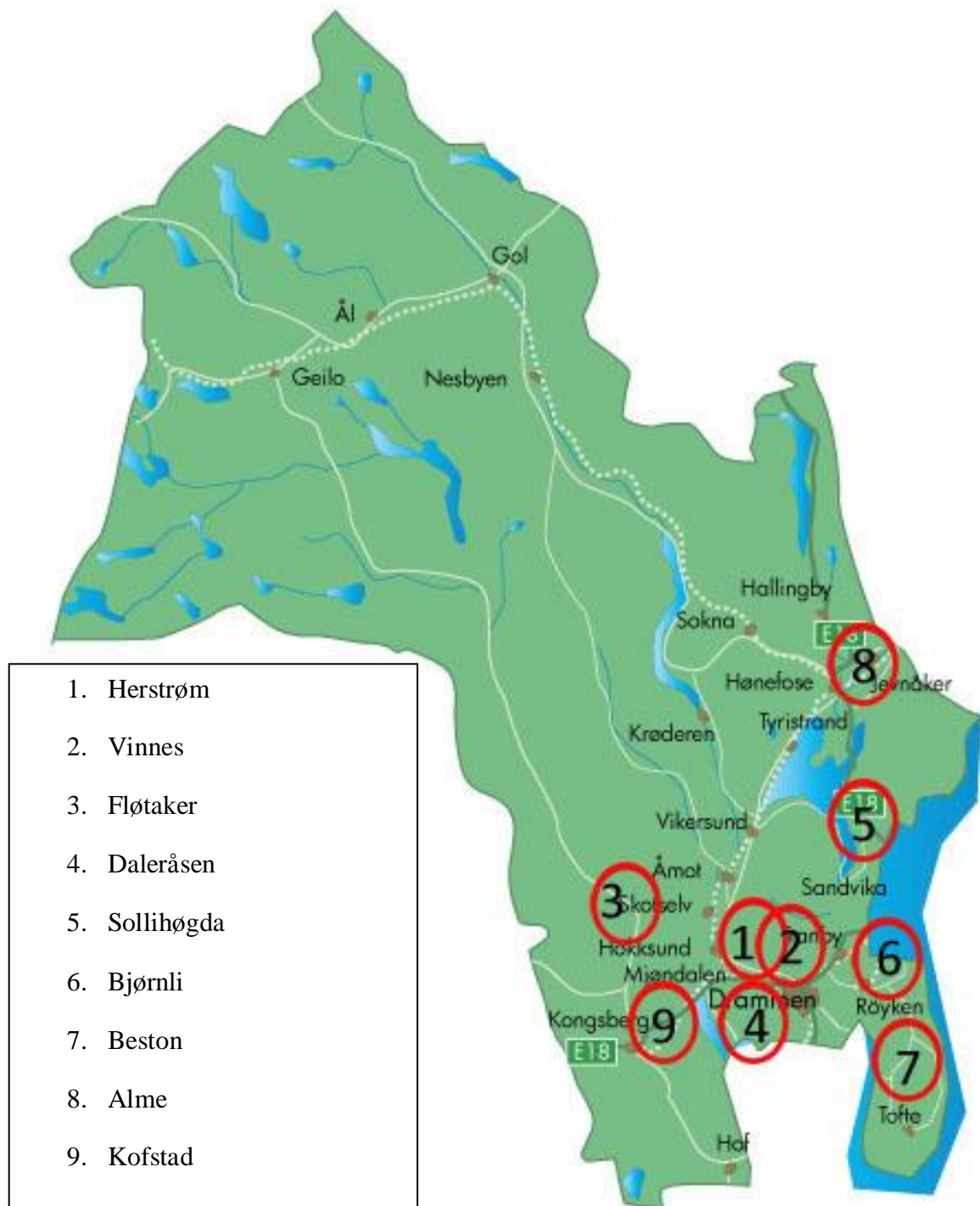
Figur 17 – Kart over Hedmark

4.5.5 OPPLAND



Figur 18 – Kart over Oppland

4.5.6 BUSKERUD



Figur 19 – Kart over Buskerud

5. Diskusjon og resultater

5.1 Inspeksjonsrutiner – forslag til forbedringer

Som tidligere nevnt ble inspeksjonsrutinen Hallvard Aase og jeg benyttet oss av i august definert som spesialinspeksjon. I følge *Håndbok 136* skal en spesialinspeksjon utføres dersom en hovedinspeksjon ”avdekker store reparasjonsbehov eller ikke er tilstrekkelig for å fastslå skadetype, skadegrad, skadekonsekvens, skadeomfang eller skadeårsaker”. De inspeksjonene vi gjorde er per definisjon altså ingen spesialinspeksjon, men da dette stemte best med måten *BRUTUS* registrerer inspeksjoner på var det lettest å bruke denne betegnelsen. Våre inspeksjoner er derimot mer relaterte til enkle inspeksjoner, som ”omfatter en enkel visuell kontroll av alle elementer over vann.” (Statens Vegvesen 2000) Derfor vil mitt forslag til en inspeksjonsrutine være mer relevant ved enkle inspeksjoner enn ved hovedinspeksjoner.

Håndbok 136 er relativt utfyllende for hva man skal se etter ved en enkel inspeksjon. Det er nevnt hvilke skader, mangler og feil man skal se etter i de forskjellige elementene, og hvordan skadene skal graderes og klassifiseres i rapporten. Det som kanskje er noe mangelfullt er delen om skader på treverk, og kanskje også inspektørens kunnskaper om tre. Etter samtaler med Kleppe og Dyken er det kommet frem at mange inspektører er innleide konsulenter, som ikke alltid har like god tid på hver bro, eller innehar tilstrekkelig kunnskap om tre og råtefare. I tillegg er det ikke alltid at alt vedlikehold blir gjort når det er ønskelig, og dette kan være et spørsmål om midler (et budsjettspørsmål). For eksempel blir gjerne snøbrøyting prioritert fremfor å fjerne busker og ugress, selv om også buskene bidrar til å forkorte broens levetid. Dette kommer av at det ofte er vedlikeholdsavdelingens ansvar å brøyte og rydde rundt broene, og denne instansen har heller ikke alltid den nødvendige kunnskapen om tre.

I *Håndbok 136* (Statens Vegvesen 2000) står det at siden man må regne med høyt fuktnivå i trevirke i broer, vil målinger av fuktinnholdet i tre kun være aktuelt i spesielle tilfeller og bare på bærende elementer. Den største delen av forslaget mitt til en fast inspeksjonsrutine er at alle inspektører skal benytte seg av en fuktighetsmåler, selv om *Håndbok 136* sier noe annet. En type motstandsmåler, lik den vi benyttet oss av, gjør liten skade på broen, men er en rask måte å se om det er fare for sopp og/eller råteangrep. Det er et lite apparat som er lett å ta med seg, og som ikke krever spesiell kompetanse for å brukes riktig.

I tillegg kan høy fukt være en generell pekepinn på små feil som kan bli store dersom de ikke gjøres noe med, som hull i membranen mellom slitelag og dekke. Det bør også være et eget fukt skjema i *BRUTUS* på lik linje med det vanlige skjemaet, som også kan legges inn i programmet samtidig som rapporten legges inn. Slik ser man hvor det var høy fuktighet ved forrige inspeksjon, og hvor man bør være ekstra observant ved neste inspeksjon.

Forslaget mitt går ikke ut på å endre inspeksjonsrutinene, men at en rutine for fuktighetsmålinger skal komme som et tillegg til dagens rutine.

5.1.1 Forslag til inspeksjonsrutine

Det forutsettes at inspeksjonen planlegges i forkant slik at inspeksjonen imøtekommer Statens Vegvesen sine krav til varsling, HMS og lignende.

Det forutsettes også at broene alt er lagt inn i *BRUTUS*, og at inspektørene får tilstrekkelig opplæring i hvordan fuktighetsmåleren fungerer.

Forslag

Utstyr

Personlig

- Nødvendig verneutstyr og synlighetsmerkede klær
- Skriveutstyr

Annet

- Fotoapparat
- Lommelykt
- Inspeksjonsskjema fra *BRUTUS*
- Brotegninger
- Tommestokk/målebånd
- Syl
- Hammer
- Kompass
- Stige
- Inspeksjonshåndbok/Felthåndbok
- Mobiltelefon

- Kart, med kilometrering
- Lite vater
- Inspeksjonsspeil
- Fuktighetsmåler
- Fuktskjema

Fremgangsmåte

Blir som beskrevet i Håndbok 136 for:

- *Grunnen*
- *Landkar/Lager*
- *Bæresystem*
- *Dekke*
- *Slitelag*
- *Rekkverk*
- *Annet*

Fremgangsmåte for fuktighetsmålinger er ikke beskrevet i *Håndbok 136*, og det blir derfor forsøkt å lage en generell fremgangsmetode for måling av fukt – som kan brukes av alle.

Fuktmålinger

Felles for alle typer broer er dekket og slitelaget. Her bør det måles fuktighet i

Dekket:

- ytre lamell, ved begge landkar og sider
- ytre lamell, et referansepunkt 1-2 meter unna første måling
- på undersiden rett ved svillen, gjerne midt under
- en referansemåling 1-2 meter unna forrige måling under

Hensikten med referansemålingen er å se om eventuell høy fuktighet avtar utover i trevirket, eller om det vedvarer. Skulle fuktigheten være høy både i lamell og referansepunkt, kan det være et signal på konstruksjonsfeil.



Bilde 35 - Hvor målinger bør gjøres på dekket

Svill:

- i svillen, midt under
- i svillen, til sidene dersom det er synlig grunn til en ekstra måling, som
 - overflatesopp
 - skader i trevirket



Bilde 36 - Hvor målinger bør gjøres på svill

Slitelag:

Dersom slitelaget er av tre bør det tas kontrollmålinger, spesielt dersom det er synlige skader. I de tilfellene hvor det er mye helling på broen, bør også fuktmålinger gjøres på broens laveste punkt.



Bilde 37 - Hvor måling bør gjøres dersom synlig skade i slitelag

Pilarer:

- nede ved innfestingen
- et referansepunkt 1-2 meter opp fra forrige måling
- ved eventuelle synlige skader

Referansemåling gjøres også her for å se hvorvidt fuktigheten avtar oppover i pilaren eller ikke.



Bilde 38 - Hvor måling bør gjøres på pilar

Også *Bilde 43* viser en pilar, denne som en del av et Kemper-ledd. Mål denne på samme måte som en vanlig pilar.

Tverrbærere:

- dersom det er tverrbærere i tre bør disse måles, spesielt hvis det er synlig fukt, algevekst, eller skader i virket, eller de stikker utenfor dekket



Bilde 39 - Hvor måling bør gjøres på tverrbærere – her på grunn av fukt og algevekst

Fagverk:

Fagverkskonstruksjonene er stort sett tørre, men dersom det samles mye kreosot i knutepunktene, bør det sjekkes for fukt under kreosoten. Gjør også kontrollmålinger ved:

- Ved eventuelle skader
- Der endeved er eksponert
- I undergurt, ved landkarene



Bilde 40 - Hvor man bør måle på fagverk

Sprengverk/hengverk:

Sprengverkskonstruksjonene er stort sett tørre. Ta likevel kontrollmålinger:

- Ved eventuelle skader
- Ved eventuelle ansamlinger av kreosot, hvor fukt kan lagres under
- Ved opplegg, der endeveden er eksponert for vær og vind



Bilde 41 - Hvor man bør måle for fukt, ved store ansamlinger av kreosot



Bilde 42 - Hvor man bør måle for fukt på sprengverksbroer

Buer:

Buene er stort sett tørre, men har av og til skader etter monteringen, eller påkjørsler. Det bør forsøkes å sjekke fuktigheten:

- Ved eventuelle skader
- Ved opplegg, da endeveden der er eksponert



Bilde 43 - Hvor måling bør gjøres på bue

Bjelker:

Bjelkenes endeved er ofte våt, da den ligger inntil landkaret hvor vann har anledning til å renne mellom landkar og brodekke. Her bør det brukes speil til å sjekke trevirkets visuelle tilstand, og også sjekkes fukt:

- Så nærme endeved som man kommer
- En referansemåling i bjelken, 1-2 meter unna enden
- Dersom synlig fukt på bjelken, da midt i det fuktige området pluss en referansemåling litt unna



Bilde 44 - Hvor man bør måle dersom bjelkens endeved er fuktig

Rekkverk:

Rekkverkene er utsatt for vær og vind og påkjørsler, og er ofte fuktige. Målinger bør gjøres:

- Ved eventuelle skader, både ved påkjørsler og tørkesprekker
- Ved eventuelle biologiske angrep, som alger og sopp
- Dersom rekkverket er mekanisk eller biologisk skadet, bør referansemåling foretas et stykke unna høy fuktverdi eller skade



Bilde 45 - Hvor man bør måle ved mekanisk skade



Bilde 46 - Hvor man bør måle ved biologisk angrep

Registrering

Som nevnt bør det lages et system for å kunne registrere fuktmålinger i BRUTUS. Eventuelt bør det lages et papirarkiv der man kan lagre registrering etter endt inspeksjon, slik at de som leser rapporten og ser at det er kommentert at det var høy fuktighet, kan finne en tallverdi på dette. Slik kan man, når neste inspeksjon blir foretatt, være observant på hvor det var fuktig, og dersom den høye fuktigheten blir et vedvarende problem, vet man hvor prøvetaking for soppregistrering bør gjøres.

Oppfølging

Før inspisering av ulike broer bør man ha anledning til å sjekke hvilke fuktighetsverdier man fikk ved siste måling av broen. Fuktighetsmålingene må være nøyaktig merket, slik at eventuelle høye målinger kan sjekkes neste gang også, på omtrent samme plass. Slik har man mulighet til å se om den høye fuktigheten vedvarer, og eventuelt om den er et tegn på mer alvorlige skader.

Hyppigheten på broinspeksjonene virker å variere, men de broene hvor høy fuktighet blir registrert bør inspiseres oftere enn de broene hvor det ikke er høy fuktighet. Dette spesielt dersom de høye verdiene finnes i bærende elementer.

Da man kom frem til at høy fuktighet i kreosotimpregnert virke ikke er like prekært som i uimpregnert virke – altså at målinger som viser 20 % antageligvis ikke har så høy fukt – er det uansett ikke nødvendig med høyfrekvente målinger. Dette må avgjøres for hvert ulikt tilfelle, ut fra verdi på fuktighetsmåling, og antall høye målinger. Dersom en bro gir høye målinger ved flere inspeksjoner over flere år, bør det tas prøver for å sjekke for råte.

5.2 Forslag til mal for fuktighetsskjema

Fylke nr:		Bro nr:		Bronavn:		
Temp:						
Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %		Kommentar	
Bjelke						
Bjelke						
Bjelke						
Bjelke						
Bjelke						
Bjelke						
Svill						
Svill						
Svill						
Svill						
Dekke v/svill						
Dekke v/svill						
Dekke v/svill						
Dekke v/svill						
Dekke ref						
Dekke ref						
Pilar/søyle						
Pilar/søyle						
Pilar/søyle						
Pilar/søyle						
Slitelag						
Slitelag						
Tverrbærer						
Tverrbærer						
Rekkverk						
Rekkverk						
Kantbjelke						
Kantbjelke						
Annet						
Annet						
Annet						
Annet						
Annet						
Annet						

Figur 20 - Forslag til mal for fuktighetsskjema for bjelkebroer

Figur 20 viser forslag til skjema for fuktighetsmålinger. Viste skjema gjelder for bjelkebroer, men da skjemaene er nokså like har vi valgt å vise kun ett skjema i teksten. For de andre skjemaene vil bjelke være byttet ut med fagverk, bue, sprengverk, eller plate.

Lokaliseringskolonnen skal fylles ut med mer nøyaktig informasjon enn hva ”konstr.del”-kolonnen gjør, for eksempel ”indre bjelke, i underkant”. Se *Vedlegg 1* for flere eksempel på hvordan skjemaet skal fylles ut. De fleste brotegninger er merket med akser, så dette bør også fylles inn i skjema. I kolonnen for trefukt skal man fylle inn verdi man får fra fuktighetsmåleren. Der er det satt av to kolonner, for å kunne merke med en hake dersom verdien overstiger 20 % som har vært vår grense for hvorvidt fuktigheten er for høy. I kommentarkolonnen kan man fylle ut kommentarer som forklarer mer om grunnen til eventuell høy fuktighet.

Nederst på skjemaet finnes rader merket ”annet”, hvor man kan fylle ut dersom det er noen konstruksjonsdeler det ikke er tatt høyde for når skjemaet ble utformet, eller dersom inspektøren ønsker å ta flere målinger i et bygningselement enn hva det alt er satt av plass til.

6. Konklusjon

I denne masteroppgaven har vi sett på følgende problemstillinger:

- Hvordan fungerer det å bruke tre som byggemateriale i broer?
- Hvordan kan inspeksjonsrutinene forbedres, for å forbedre og forlenge trebroenes brukstid?

Med disse spørsmålene som bakgrunn ble det gjort feltarbeid i august, hvor tilstanden og fuktighet ble målt og kartlagt på 34 broer i Region Øst og Buskerud. Fuktigheten ble målt med en fuktighetsmåler av typen motstandsmåler, som vi lånte av UMB. Denne er kun kalibrert for uimpregnert tre, og da alle broene vi målte var impregnerte, falt det seg naturlig å kontrollere om motstandsmåleren også var riktig kalibrert for kreosotimpregnert tre.

Etter et par ukers forsøk ble det klart at kreosotimpregnert tre vil gi høyere fuktighetsmålinger enn hva man får i uimpregnert tre som har ligget i samme klima, og på dette grunnlaget trakk vi en konklusjon om at kreosot gir høyere målinger enn det som er realiteten. Dermed kan vi ikke i like stor grad som planlagt vektlegge målingene vi gjorde i august 2009. 20 % fuktighet har vært den vanlige risikogrensen, da det er ved denne fuktigheten at faren for sopp og råte øker betraktelig. Konklusjonen vår blir da at måler man over 20 % fuktighet i kreosotimpregnerte broer er ikke faren for sopp og råte meget stor, men fuktigheten kan være en indikasjon på prosjekteringsfeil eller feil i konstruksjonen. Man skal altså være observant når man måler høy fuktighet, og følge med på dette ved neste inspeksjon av denne broen.

Vi har også sett på inspeksjonsrutinene beskrevet i *Håndbok 136*, hvor det står beskrevet hvordan en bro skal inspiseres. Først er det viktig å poengtere at dette ikke er ment som kritikk til tidligere arbeid, men som et forslag til framtidige rutiner. Dagens rutine er absolutt ikke dårlig, men det kan virke som om dagens inspektører ikke vet nok om tre som materiale til å ta alle faretegn på alvor. Derfor ønsker vi å foreslå at alle inspektører har med seg en fuktighetsmåler ved inspeksjoner, slik at man kan måle fuktighet ved hver inspeksjon, og i samme element i konstruksjonen. Ved vedvarende høy fuktighet, er det lettere å følge med på dette dersom målinger er gjort på samme plass hver gang. I tillegg krever nye rutiner mer av arkiveringssystemene, eller av *BRUTUS*, men da dette er opp til hver avdeling, skal vi ikke her komme med mer detaljert beskrivelse av hvordan dette bør gjøres.

Noen av problemene ser ut til å stamme fra feil under prosjektering. Av og til må brokonstruksjonene tilpasses stedet der broen skal oppføres, og dersom oppmåling av

byggeplass ikke er gjort nøyaktig nok, kan dette blant annet føre til landkar som skråner innover i stedet for utover. Vegvesenet jobber med en håndbok om brobygging i tre som forhåpentligvis skal distribueres til bransjen, og denne bør vektlegge viktigheten av at trekonstruksjoner ikke skal være fuktige over tid. Det er altså viktig å bygge en konstruksjon hvor vann blir ledet unna, og en konstruksjon som lett kan luftes ut.

Konklusjonen er at så lenge tre blir inspisert og vedlikeholdt når det behøves, er tre et fullverdig materiale som byggemateriale i broer. Inspeksjonsrutinene er akseptabel, men med en fuktighetsmåler for hånden kunne man kompensere for inspektørens eventuelle manglende kunnskaper om tre. Nye oppfølgingsrutiner, og registreringsmetoder for fuktighetsmålingene må også skaffes til veie, men dette kan gjøres så enkelt som et arkivskap hvor man kan arkivere selve måledokumentet, for så å sjekke mot dette ved neste inspeksjon.

7. Referanseliste

KILDER:

- Accoya. Tilgjengelig fra: <http://www.accoya.com/index.asp> (lest 20.04.2010).
- Alfredsen, G., Asbjørnsen, B. R., Flæte, P. O. & Larnøy, E. (2008). *Miljøeffekter ved bruk av tre*. Ås. 100 s.
- Aune, P. (1994). *Trekonstruksjoner - del 2*: Tapir Forlag.
- Belmadur. Tilgjengelig fra: http://www.performancechemicals.basf.com/ev-wcms-in/internet/en_GB/portal/show-content_belmadur/content/EV/EV5/products/belmadur/index (lest 20.04.2010).
- Bowyer, J. L., Shmulsky, R. & Haygreen, J. G. (2007). *Forest Products & Wood Science - an introduction*. 5 utg.: Blackwell Publishing.
- Esping, B. (1992). *Trätorkning - Grunder i torkning*. Göteborg: Graphic System AB.
- Euroturism. Kart. Tilgjengelig fra: <http://www.eurotourism.com/no/no/> (lest 21.04.2010).
- Evans, F. G. (1984). *Impregnert Trevirke - Bruksområder og egenskaper*. Oslo: Otto Falch as. Avd. Grafisk industri.
- Evans, F. G. (2008). Trykkimpregnering. *Fokus på TRE - nr.21*: 6.
- Evans, F. G. (2009). Insekter i tre. *Fokus på TRE - nr.50*: 6.
- Evans, F. G. (2009). Soppskader på tre. *Fokus på TRE - nr.51*: 6.
- Halset, A. (2005). *Tverrspente brodekker av tre - klima- og tidsrelatert påvirkning av tverrspenningskraft*. Hovedoppgave. Ås: Universitetet for Miljø- og Biovitenskap, Institutt for Matematiske realfag og Teknologi. 115 s.
- Hovde, H. M. (1997). *Gjenoppfukting av ferdigtørket trelast av gran*. Hovedoppgave. Ås: Norges Landbrukshøgskole, Institutt for Skogfag - seksjon treteknologi. 70 s.
- Kebony ASA. Tilgjengelig fra: <http://www.kebony.com/nor/index.cfm?> (lest 20.04.2010).
- Larnøy, E. & Treu, A. (2010). *Miljøvennlig trebeskyttelse med lavenergi elektropuls*. Ås: Skog og Landskap.
- Møller, O.-A. & Christian, O. (1998). *Inspeksjon av trebroer*. Hovedoppgave. Trondheim: Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet, Institutt for konstruksjonsteknikk. 44 s.
- PLEOT. Tilgjengelig fra: <http://pleot.com/> (lest 20.04.2010).
- Pousette, A., Jacobsson, P., Gustafsson, M. & Fjellström, P.-A. (2002). *Inspektion av träbroar*. Stockholm.

- Skaug, E. (2007). Trevirkets oppbygging og egenskaper. *Fokus på TRE - nr.40*: 8.
- Solli, K. H. (2009). Broer i tre. *Fokus på TRE - nr.12*: 8.
- Statens Vegvesen, V. (1997). *Feltundersøkelser*. Håndbok 015. Oslo: Statens Vegvesen.
- Statens Vegvesen, V. (2000). *Inspeksjonshåndbok for bruer - veiledning*. Håndbok 136. Oslo: Statens Vegvesen. 352 s.
- Statens Vegvesen, V. (2005). *Trebruhåndboka*, høringsutkast 20.09.2005. Oslo: Statens Vegvesen. 177 s.
- Svenskt Limträ, Tilgjengelig fra <http://www.svensklimtra.se/no/limHTML/2U255.html> (lest 2.3.2010)

BEFARINGER:

Alle broene i oppgaven, august 2009

BILDER:

Brisendal, Hedda Ivarrud

Aase, Hallvard Johnsen

BROTEGNINGER

Statens Vegvesen/Vegdirektoratets arkiv

Vedlegg 1

INSPISERTE BROER, MED BILDER, BESKRIVELSE, FUKTMÅLINGER OG BROTEGNINGER HVOR DET ER INNTEGNET HVOR FUKTMÅLINGENE ER GJORT

OBS! IKKE ALLE BROER HAR BROTEGNINGER, DETTE ER DA FORDI DE IKKE FANTES I ARKIVET VI HADDE TILGANG TIL

1 - 866 – SKOVBØLE

Fylke: Østfold
 Bruksområde: G/S-bro
 Byggeår: 1996
 Type: Fagverksbro
 Ant. Spenn: 4
 Lenge (m): 64,6

Generelt:

Fagverksbro, kreosot, 3 par med søyler.

Diagonallagt, CCA imp plankedekke, underliggende vindfagverk og tverrbærere i stål.

Tilstand:

- Fagverk har stort sett ok fuktighet, noe høy ved opplegg på nordsiden.
- Slitelag og sviller har høy fuktighet.
- Tverrbærer over vestre søyler har svært høy fuktighet, svertesopp og algevekst.
- Pilarer har høy fuktighet.
- Løse steiner.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:*Generelt:*

- Overgrodd, gir fuktigere overflater

Fagverk:

- Overgrodd, og smuss ved opplegg gir fuktighet

Tverrbærer:

- Vann renner sannsynligvis gjennom dekke/slitelag, følger stålbejelken og renner ned på tverrbæreren der det blir stående på toppen.

Søyler:

- Overgrodd, gir fuktighet.

Slitelag:

- Ledebelke for brøyting samler løv og smuss, og dermed fuktighet.
- Mot vinkelstål ved endene samles smuss.

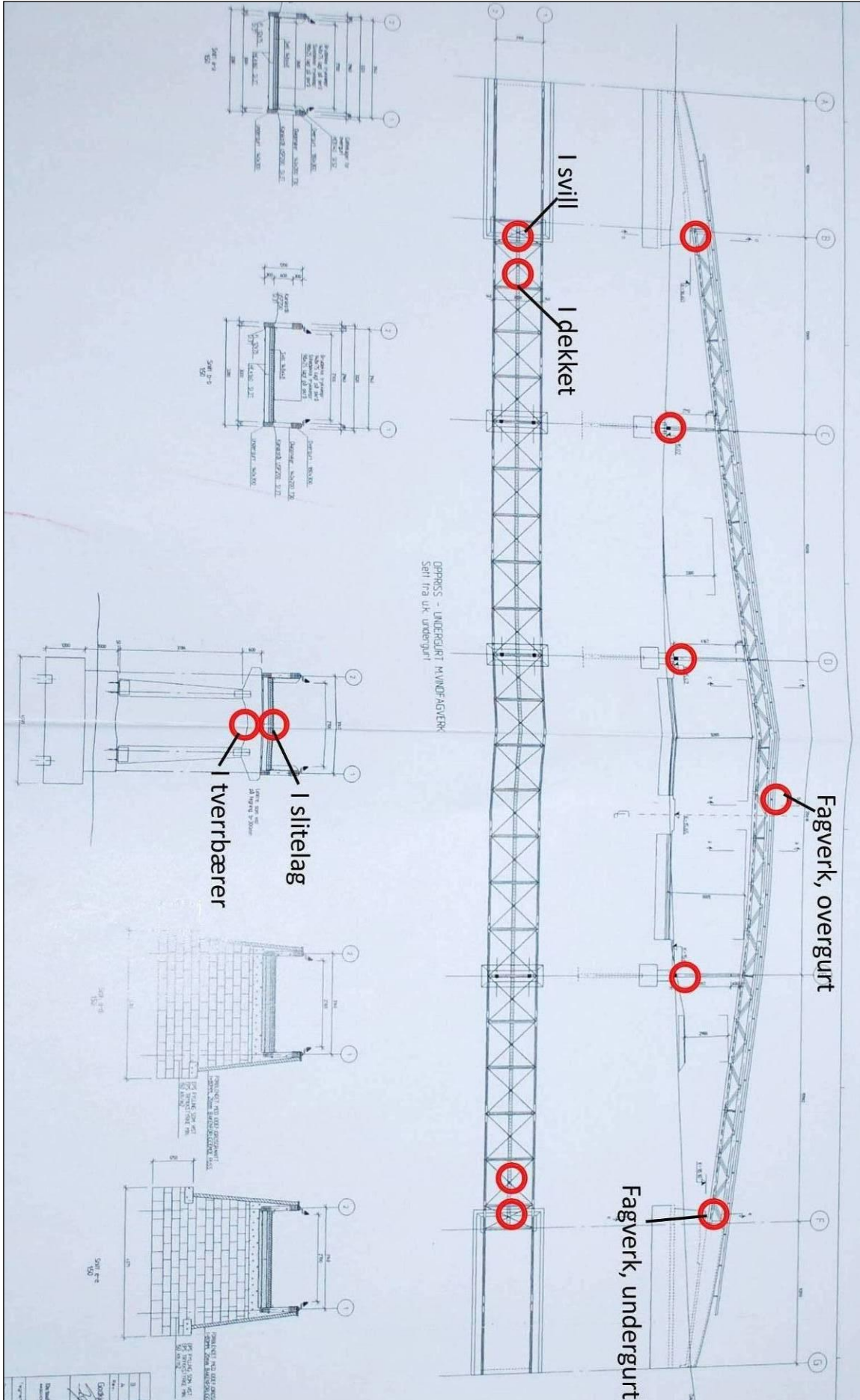
Forslag til utbedringer:

- Opprydning; fjerning av smuss og hugging av kratt og små trær
- Evt. utbedre ”feller” for smuss og fukt ved slitelag og fagverk.
- Fjerning av overflatesopp og beslag eller annen fuktbeskyttelse på tverrbærer.

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 14.9.2006 av Norconsult) nevner ingenting om fuktighet, svertesopp eller algevekst. Rapport fra forrige inspeksjon stemmer ellers godt overrens med skader og mangler som ble registrert ved denne inspeksjonen. Noen skader har blitt reparert, eller blitt oversett ved denne inspeksjonen.

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	
Bue / fagverk	topp av bjelke	2 3	15,6	
Bue / fagverk	topp midt i bjelke	2 3	12,9	
V. fund.	nordvest		14,8	
V. fund.	sørvest		11,2	
V. fund.	sørøst		12,1	
V. fund.	nordøst		17,6	
Svill	vest		26	Høy fuktighet
Svill	øst		29,6	Høy fuktighet
Dekke v/svill	1 m fra landkar øst	5	20,6	Høy fuktighet
Dekke v/svill	3 m fra landkar vest	1	21,9	Høy fuktighet
Dekke v/svill	3 m fra øst	5	20	Høy fuktighet
Pilar	vest bunn	1	13,8	
Pilar	øst bunn	5	31,1	Høy fuktighet
Pilar	vest, v/veien		22	Høy fuktighet
tverrbærer	mellom pilarer, vest		35,9	Høy fuktighet
Slitelag	midt på	1	20,7	Høy fuktighet
Slitelag	ytterst	1	26,3	Høy fuktighet
Slitelag	midt på	5	26,6	Høy fuktighet



1 – 868 LEIE

Fylke: Østfold
Bruksområde: G/S-bro
Byggeår: 1996
Type: Fagverksbro
Ant. Spenn: 3
Lenge (m): 52,4



Generelt:

Fagverksbro, kreosotimpregnert. 2 par med søyler.
Underliggende vindfagverk i stål.
Skrålagt dekke/slitelag av tre, CCA.

Tilstand:

- Generelt mye kreosotsøl fra fagverk, søyler og tverrbærere. Det er montert beslag for å hindre drypp på g/s-vei og landkar.
- Mye graffiti på landkar.
- Høy fuktighet i dekke, soppvekst? (/ salt?) undersiden av dekket, ved landkar.
- Slitelag har høy fuktighet, algevekst, noen brøyteskader og mye løv og smuss ligger på slitelaget.
- Rekkverk har delaminering og sprekker som gir økt fuktbelastning, høy fuktighet, algevekst og slitt overflatebehandling.
- Tverrbærere ble ikke målt eller nærmere undersøkt, men man kan anta at det er fare for samme problem som på tverrbærer på 1-866 Skovbøle. (Se bildet: "Sett fra vest")

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Generelt:

- For mye kreosot ved impregnering av bærende konstruksjon?

Dekke, slitelag:

- Styreskinne for brøyting samler løv, smuss og fuktighet.

Rekkverk:

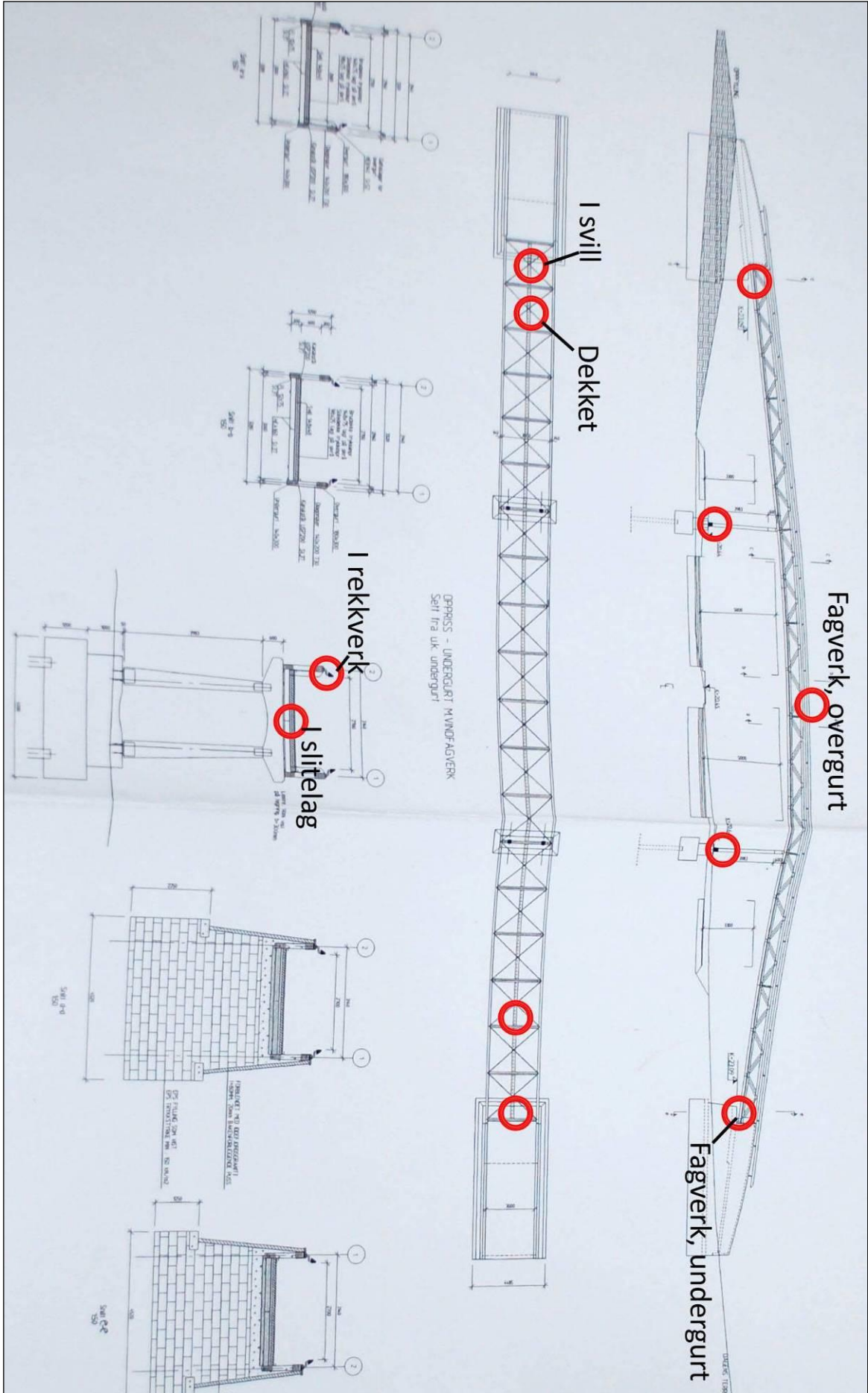
- Sprekker og delaminering som gir økt fuktbelastning.

Forslag til utbedringer:

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 12.9.2006 av Vegvesenet) nevner ingenting om fukt i dekke, slitelag og rekkverk. Rapport fra forrige inspeksjon stemmer ellers godt overrens med skader og mangler som ble registrert ved denne inspeksjonen. Noen skader har blitt reparert i mellomtiden.

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	
Bue / fagverk	topp nordre	2 3	16,00	
Bue / fagverk	topp nordre oppå bjelken	2 3	20,40	Høy fuktighet
Bue / fagverk	topp i/v skjøt oppå bjelken	2 3	33,40	Høy fuktighet
V. fund.	nordre bue	4	16,20	
V. fund.	søndre bue	4	12,50	
V. fund.	søndre bue	1	15,50	
V. fund.	nordre bue	1	16,80	
Svill	midt på	4	22,5	Høy fuktighet
Svill	i enden	4	29,2	Høy fuktighet
Dekke v/svill	0,5 m fra østre	4	32,10	Høy fuktighet
Dekke v/svill		1	29,30	Høy fuktighet
Dekke ref	3 m fra østre	3 4	32,70	Høy fuktighet
Dekke ref	2 m fra vestre	1	19,00	
Pilar		4	22,30	Høy fuktighet
Pilar		1	15,60	
Slitelag		4	29,00	Høy fuktighet
Slitelag		1	31,60	Høy fuktighet
Rekkverk	topp	1	27,60	Høy fuktighet
Rekkverk	bunn	1	17,90	



1 – 869 HØIENDAHL

Fylke: Østfold
Bruksområde: G/S-bro
Byggeår: 1996
Type: Fagverksbro
Ant. Spenn: 3
Lenge (m): 48,0



Generelt:

Fagverksbro, kreosotimpregnert. 2 par med søyler.
Underliggende vindfagverk i stål.
Skrålagt dekke/slitelag av tre, CCA.

Tilstand:

- Generelt svært gjengrodd rundt begge landkar (og området rundt broen, f.eks. benken).
- Noe høye fuktigheter i fagverket ved opplegg.
- Generelt mye kreosotsøl fra fagverk, søyler og tverrbærere. Det er montert beslag for å hindre drypp på g/s-vei og landkar.
- Høy fuktighet i dekket.
- Slitelag har høy fuktighet, algevekst, noen brøyteskader og mye løv og smuss ligger på slitelaget.
- Rekkverk har delaminering og sprekker som gir økt fuktbelastning, høy fuktighet, algevekst og slitt overflatebehandling.
- Tverrbærere ble ikke målt eller nærmere undersøkt, men man kan anta at det er fare for samme problem som på tverrbærere på 1-866 Skovbøle da utformingen er lik, og de ligger langs samme vei og med kort avstand mellom.
- Steiner fra forblending har rast ut.
- Flere av nettinggjerdene mangler en eller flere skruer i innfesting.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Generelt:

- For mye kreosot ved impregnering av bærende konstruksjon?
- Vegetasjonen gir økt fuktbelastning.

Dekke, slitelag:

- Styreskinne for brøyting samler løv, smuss og fuktighet.
- Grus blir dratt med fra asfalt ut på slitelaget.
- Brøyteskader

Rekkverk:

- Sprekker og delaminering som gir økt fuktbelastning.

Forslag til utbedringer:

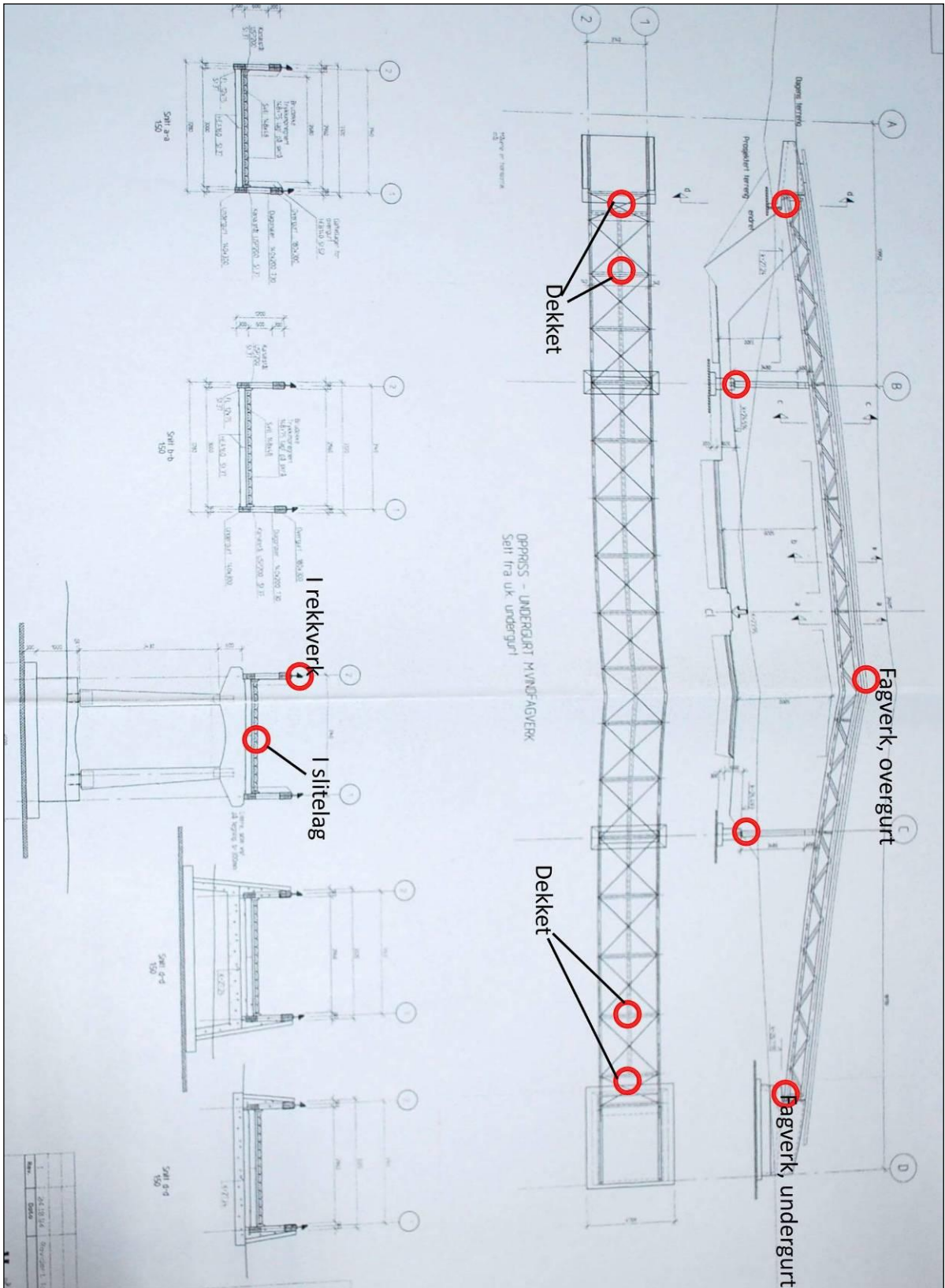
- Rydde vegetasjon.
- Fjerne smuss fra slitelag.
- Overflatebehandling av rekkverk.
- Feste nettingjerdene.

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 14.9.2006 av Norconsult) nevner lite om fukt i dekke, slitelag og rekkverk. Den nevner ingenting om at broen og området rundt er gjengrodd.

Rapport fra forrige inspeksjon stemmer ellers godt overrens med skader og mangler som ble registrert ved denne inspeksjonen. Noen skader har blitt reparert i mellomtiden.

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	
Bue / fagverk	Topp, nordre	2 3	17,10	
Bue / fagverk	Topp søndre	2 3	18,90	
V. fund.	Sør	1	16,50	
V. fund.	Nord	1	19,10	
V. fund.	Nord	4	22,40	Høy fuktighet
V. fund.	Sør	4	25,60	Høy fuktighet
Dekke v/svill	2 m fra	1	30,30	Høy fuktighet
Dekke v/svill	3 m fra	4	20,00	Høy fuktighet
Dekke v/svill				
Dekke ref	3 m fra	1	21,20	Høy fuktighet
Dekke ref		3	20,50	Høy fuktighet
Pilar	Vestre	2	15,20	
Pilar	Østre	3	16,50	
Slitelag	Midt på	1	24,80	Høy fuktighet
Slitelag	Midt på	4	34,00	Høy fuktighet
Rekkverk	Topp. Nord	2 3	23,60	Høy fuktighet



2 – 1462 – AURSKOG

Fylke: Akershus
Bruksområde: G/S-bro
Byggeår 1997
Type: Fagverksbro
Ant. Spenn: 1
Lenge (m): 22,0

Generelt:

Fagverksbro, kreosotimpregnert.
Underliggende vindfagverk i stål.
Slitelag av tre, CCA.

Tilstand:

- Kreosotsøl på landkar.
- Bolter ved opplegg er bøyd.
- Begrodd ved begge landkar.
- Noen knutepunkter samler smuss, og kan samle vann. Se bilde.
- Grus i fuge.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

- For mye kreosot ved impregnering?
- Bolter bøyd av bevegelse i konstruksjon.
- At knutepunkter samler smuss og kan samle vann kunne vært tenkt på ved prosjektering.

Forslag til utbedringer:

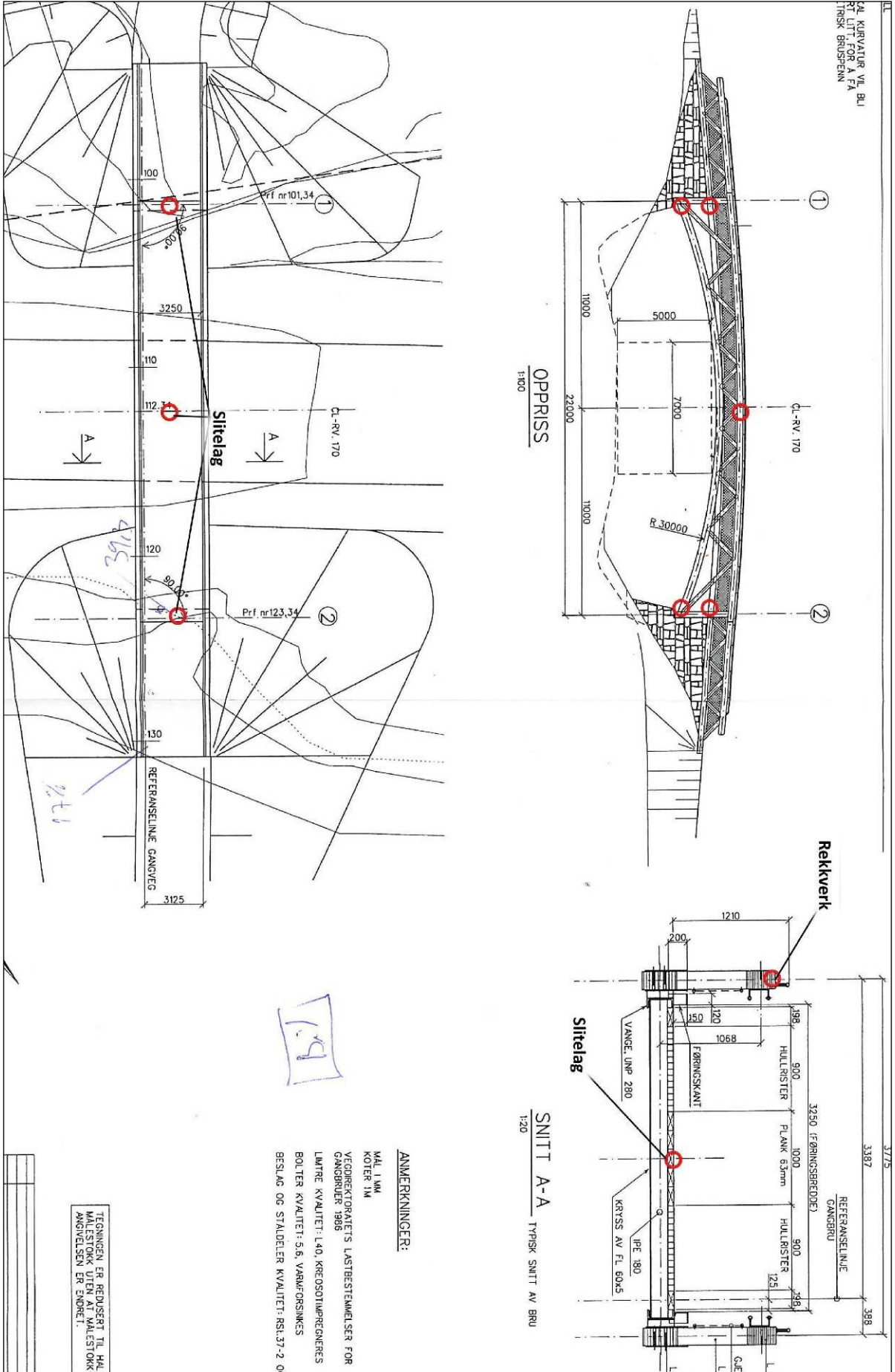
- Fjerne vegetasjon.
- Beslag for å hindre vannansamling.

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 16.10.2008 av Rambøll Norge AS) stemmer godt overens med skader og mangler som ble registrert ved denne inspeksjonen.

Vedlegg 1

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	Kommentar
Fagverk	Nord (rekkverk)	2	17	
Fagverk	Undergurt	2	16,2	
Fagverk	Undergurt	1	16,4	
Fagverk	Midt på overgurt	1 2	15,7	
Fagverk v opplegg		2	19,8	
Fagverk v opplegg		1	17,6	
Slitelag		2	39,3	Høy fuktighet
Slitelag	1 m fra	2	17,8	
Slitelag	Midt på bru	1 2	15,7	
Slitelag		1	27	Høy fuktighet



2 – 1518 –
NESODDVEGEN

Fylke: Akershus
Bruksområde: G/S-bro
Byggeår 2000
Type: Fagverksbro
Ant. Spenn: 8
Lenge (m): 24,0



Generelt:

Fagverksbro med tverrspent dekke, kreosotimpregneret.
Tverrbærere i stål.
Slitelag i tre, CCA.

Tilstand:

- Fagverk har stort sett ok fuktighet. Det ble målt relativt høy fuktighet ved knutepunkt som samler smuss og rett ved slisser til stålplater. (Se bilder)
- Kantbjelkene er oppfliset, og boltehull i kantbjelken samler skitt og vann.
- Landkaret er noe undergravd, og noen av steinene i forblendingen ser ut til å ha veltet innover.
- Mellom fagverket og steinmur (ved landkar) samles det grus og småstein.
- ”Sperring” er flyttet og spikret fast i fagverk. Se bilde.
- Høy fuktighet i slitelaget.
- Beslaget på overgurt har en glippe.
- I tverrbærerne er det kun treskruer i annethvert hull. (Meningen?)

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Fagverk:

- Knutepunkter samler smuss og fuktighet.
- Fare for stående vann i slisser til stålplater.

Slitelag og kantbjelker:

- Boltene / treskruene i kantbjelken burde festet uten fordypningen som samler skitt og fylles med vann. (Se bilde fra 6-1693 Daleråsen(?) for bedre løsning)

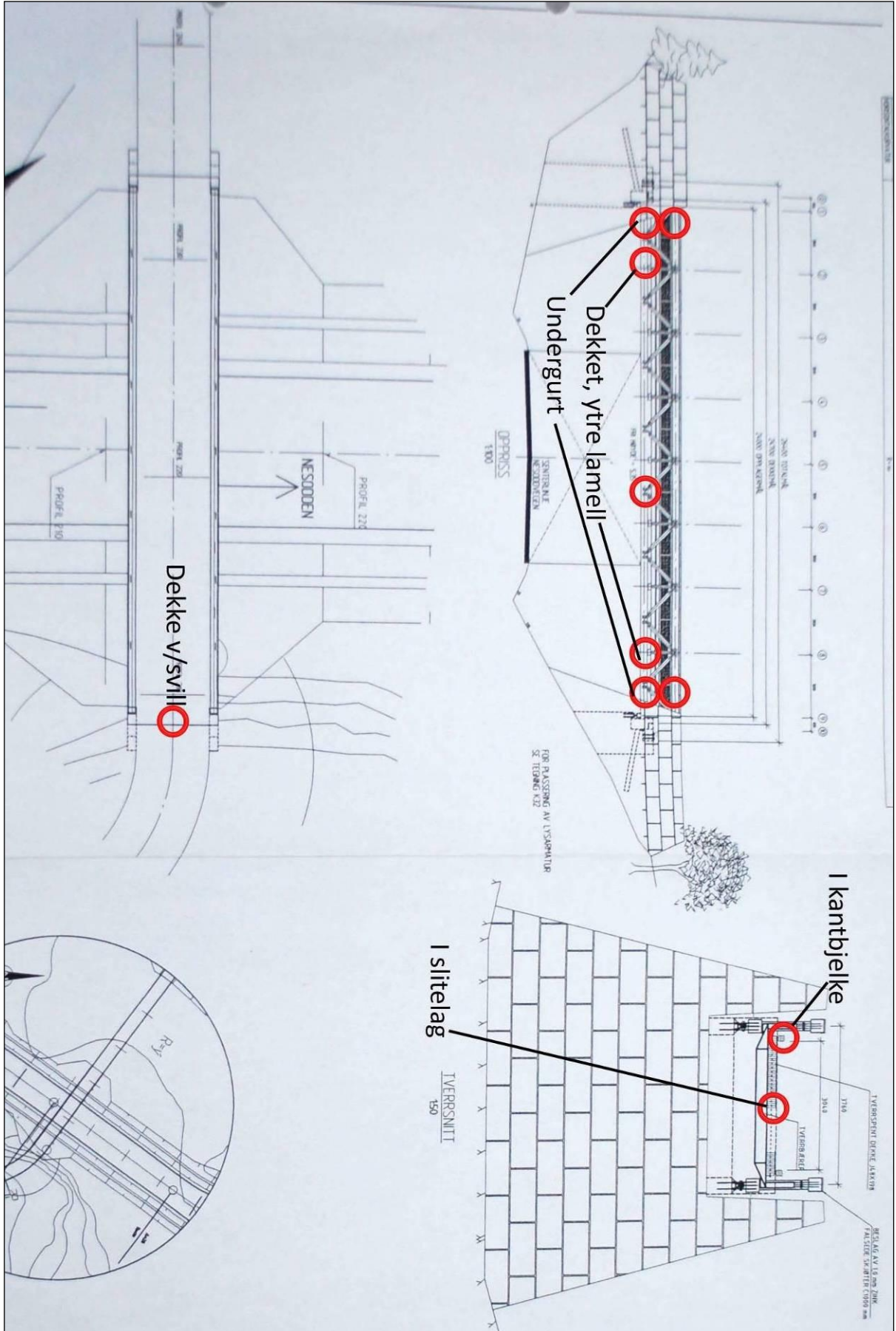
Forslag til utbedringer:

- Sette sperringen på plass igjen.
- Legge beslag over glippen.

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 3.8.2004 av Safecontrol) stemmer stort sett godt overens med skader og mangler som ble registrert ved denne inspeksjonen. Noen skader har blitt reparert i mellomtiden.

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	Kommentar
Fagverk	Overgurt	9	15	
Fagverk	Undergurt	9	15,7	
Fagverk	Undergurt	5 6	24,2	Høy fuktighet
Fagverk	Undergurt, søndre	1	15,7	
Fagverk	Undergurt, nordre	1	15,6	
Fagverk	Undergurt, nordre	1 2	23,5	Høy fuktighet
Dekke	Ytterste lamell, søndre	1	17,9	
Dekke	Ytterste lamell, nordre	1	18,1	
Dekke v/svill	Nordre	1	17,2	
Slitelag		9	40,3	Høy fuktighet
Slitelag		5 6	39,5	Høy fuktighet
Slitelag		1	39,7	Høy fuktighet
Kantbjelke	Søndre	5 6	21	Høy fuktighet



4 – 1516 – EVENSTAD

Fylke: Hedmark
Bruksområde: Vegbro
Byggeår 1996
Type: Fagverksbro
Ant. Spenn: 5
Lenge (m): 180,0



Generelt:

Fagverksbro, 5 spenn. Tverrspent dekke. Kreosot.
Tverrbærere i stål.
Asfaltslitelag.

Tilstand:

- Fuktmålinger stort sett ok.
- Pilarer har kreosotsøl i varierende grad. Landkar er svært tilsølt av kreosot.
- Fagverk: Sprekker i fuger mellom bjelkedeler, kan samle vann. Kreosotsøl.
- Dekke: Ytterste lamell fuktig.
- Slitelag: Kreosot svette opp. Paddehatter. Sprekker både over og mellom tverrbærere.
- Rekkverk: Mye sprekker som samler vann, høy fuktighet, brøyteskader. Mye kreosot enkelte steder.
- Ett lys er skadet, hærverk eller brøyting.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Generelt:

- For mye kreosot ved impregnering av bærende konstruksjon?

Dekke, slitelag:

Rekkverk:

- Sprekker og delaminering som gir økt fuktbelastning.

Forslag til utbedringer:

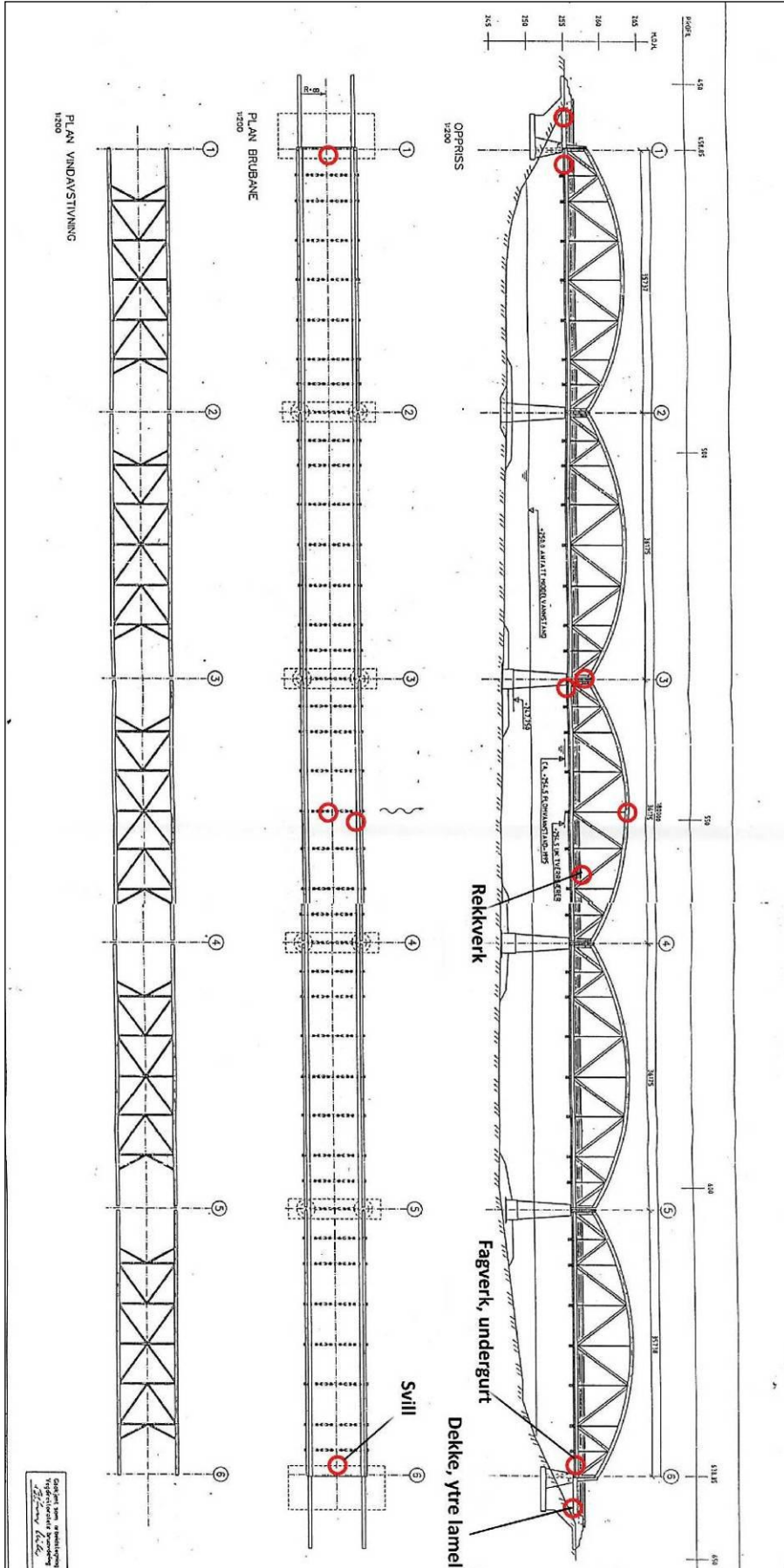
Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 18.8.2008 av Vegvesenet) stemmer godt overens med skader og mangler registrert ved denne inspeksjonen.

Vedlegg 1

Konstr. del	Lokalisering		Akse	Trefukt. %	
Fagverk	Undergurt v/opplegg		6	14,40	
Fagverk	Undergurt		3	13,00	
Fagverk	Knutepunkt, beslått		3	13,20	
Fagverk	Knutepunkt, topp av midtre bue			17,10	
Fagverk	Undergurt v/opplegg		6	16,70	
Fagverk	Undergurt v/opplegg		1	14,20	
Fagverk	Undergurt v/opplegg		1	12,40	
Dekke	Ved svill	Ytt. Lam. Sør	6	18,00	
Dekke	Ved svill	Midt under	6	15,30	
Dekke	Ved svill	Ytt. Lam. Nord	6	25,40	Høy fuktighet
Dekke	Ved svill	Ytt. Lam. Sør	1	16,10	
Dekke	Ved svill	Midt under	1		
Dekke	Ved svill	Ytt. Lam. Nord	1	17,70	
Dekke	Midt på bru	Midt under		12,50	
Dekke	Midt på bru	Ytt. Lam. Nord		15,6	
Rekkverk	Midt på bru			20,00	Høy fuktighet
Rekkverk			1	24,00	Høy fuktighet

Vedlegg 1



4 – 1567 –
SKUBBERSENGA

Fylke: Hedmark
Bruksområde: Vegbro
Byggeår 1997
Type: Fagverksbro
Ant. Spenn: 1
Lenge (m): 42,07



Generelt:

Sprengverk / fagverk, tverrspent dekke. Kreosot.
Tverrbærere i stål.
Slitelag i tre.

Tilstand:

- Fagverk: Mye kreosot, Sprekker i fuge mellom bjelkedeler kan samle vann. Noen dybler har vandret. Høy fuktighet ved enkelte knutepunkter. Beslag mangler (ca 1,5 m).
- Dekket er relativt høy fuktighet inn mot landkarene.
- Slitelag er svært fuktig. Sporslitasje. Høydeforskjell inn mot landkar og brøyteskader.
- Styreskinner for brøyting har begynnende rust.
- Rust i innspenning overgurt.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Generelt:

- For mye kreosot ved impregnering av bærende konstruksjon?

Dekke, slitelag:

- Styreskinne for brøyting samler løv, smuss og fuktighet.
- Grus blir dratt med fra asfalt ut på slitelaget.
- Brøyteskader

Forslag til utbedringer:

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 28.8.2007 av Aas-Jacobsen v/ KHB) nevner ingenting om fuktighet. Rapport fra forrige inspeksjon stemmer ellers godt overrens med skader og mangler som ble registrert ved denne inspeksjonen.

Vedlegg 1

Konstr. del	Lokalisering		Akse	Trefukt. %	
Sprengverk / fagverk	V/opplegg	undergurt	2	15,90	
Sprengverk / fagverk		ref		13,10	
Sprengverk / fagverk	V/opplegg	undergurt	1	14,90	
Sprengverk / fagverk	V/opplegg		1	13,90	
Sprengverk / fagverk	V/opplegg	undergurt	1	14,70	
Sprengverk / fagverk	Skjøt, fagverk/undergurt		1	28,50	Høy fuktighet
Sprengverk / fagverk	Øvre bue	øst	2	14,50	
Sprengverk / fagverk	Nedre bue		2	41,90	Høy fuktighet
Svill			2	22,10	Høy fuktighet
Svill			1	17,70	
Dekke	V/opplegg		2	22,20	Høy fuktighet
Dekke	V/opplegg		1	20,60	Høy fuktighet
Dekke	ref	1,5 m fra	2	21,6	Høy fuktighet
Dekke	ref	1,5 m fra	1	19,9	
Dekke	ref	2 m fra	1	21,20	Høy fuktighet
Slitelag			2	43,00	Høy fuktighet
Slitelag			2	44,00	Høy fuktighet
Slitelag			1	44,00	Høy fuktighet

4 – 1603 OS

Fylke: Hedmark
Bruksområde: G/S-bro
Byggeår 1997
Type: Fagverksbro
Ant. Spenn: 2
Lenge (m): 80,50



Generelt:

Fagverksbro, to spenn. Med tak. Kreosot.
Tverrlagt dekke / slitelag

Tilstand:

- Kreosotsøl på / fra: Fagverk, landkar, brudekke, pilar.
- Ellers generelt god stand.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Generelt:

- For mye kreosot ved impregnering av bærende konstruksjon?

Forslag til utbedringer:

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 30.07.2002 av Norconsult) stemmer ellers godt overrens med skader og mangler som ble registrert ved denne inspeksjonen. Noen feil har blitt utbedret i mellomtiden.

Vedlegg 1

Konstr. del	Lokalisering		Akse	Trefukt. %
Fagverk	V/opplegg	Nord	3	11,70
Fagverk	V/opplegg	Sør	3	13,10
Fagverk	V/opplegg	Sør	1	13,40
Fagverk	V/opplegg	Nord	1	11,60
Dekke	V/ tverrbærer		3	14,20
Dekke	V/ tverrbærer		1	15,50
Bjelke	V/opplegg	Nord	3	14,50
Bjelke	V/opplegg	Sør	1	11,50
Knutepunkt	V/ sliss til stålplate		3	13,10
Rekkverk			3	15,00
Slitelag				13,70

1 – 899 – MOUMBEBKKN

Fylke: Østfold
 Bruksområde: G/S-bro
 Byggeår 1998
 Type: Bjelkebro
 Ant. Spenn: 3
 Lenge (m): 38,0

Generelt:

Bjelkebro med 4 søyler
 Limtrebjelker, CCA, ytre hovedbjelker og rekkverk er malt.
 Diagonallagt, CCA imp plankedekke

Tilstand:

- Hovedbjelker er fuktige, svertesopp og algevekst, noe delaminering
- Tverrbærere (små som bærer dekket) er fuktige, svertesopp og algevekst.
- Tverrbærere (store) ble ikke målt, men har trolig også høy fuktighet.
- Søyler er svært fuktige, svertesopp og algevekst.
- Dekke, slitelag, rekkverk og kantbjelker har også høy fuktighet, svertesopp og algevekst.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:Generelt:

- Overgrodd, gir fuktigere overflater.
- Prosjektering kunne vært bedre.

Hovedbjelker:

- Det er ikke brukt asfaltapp eller beslag mellom dekket, tverrbærere og hovedbjelker.
- Overgang tredekke/asfalt har en stor glippe, som lar smuss og vann renne ned mot hovedbjelkenes endeved og lageravsats.

Søyler:

- Søylene står i direkte jordkontakt, dette fordi betongfundamentene er for lave og jord har bygd seg opp med rennende vann i skråningen.
- Beslaget gir heller ikke lufting av endeveden, selv om det ikke hadde vært dekket av jord.

Dekke, slitelag og kantbjelke:

- Kantbjelken hindrer avrenning, dette gjør at fuktigheten trekker inn i slitelag og kantbjelke, og trekker ned i dekket.

Rekkverk:

- Noen treplugger mangler, dette gir stående vann i hullene.

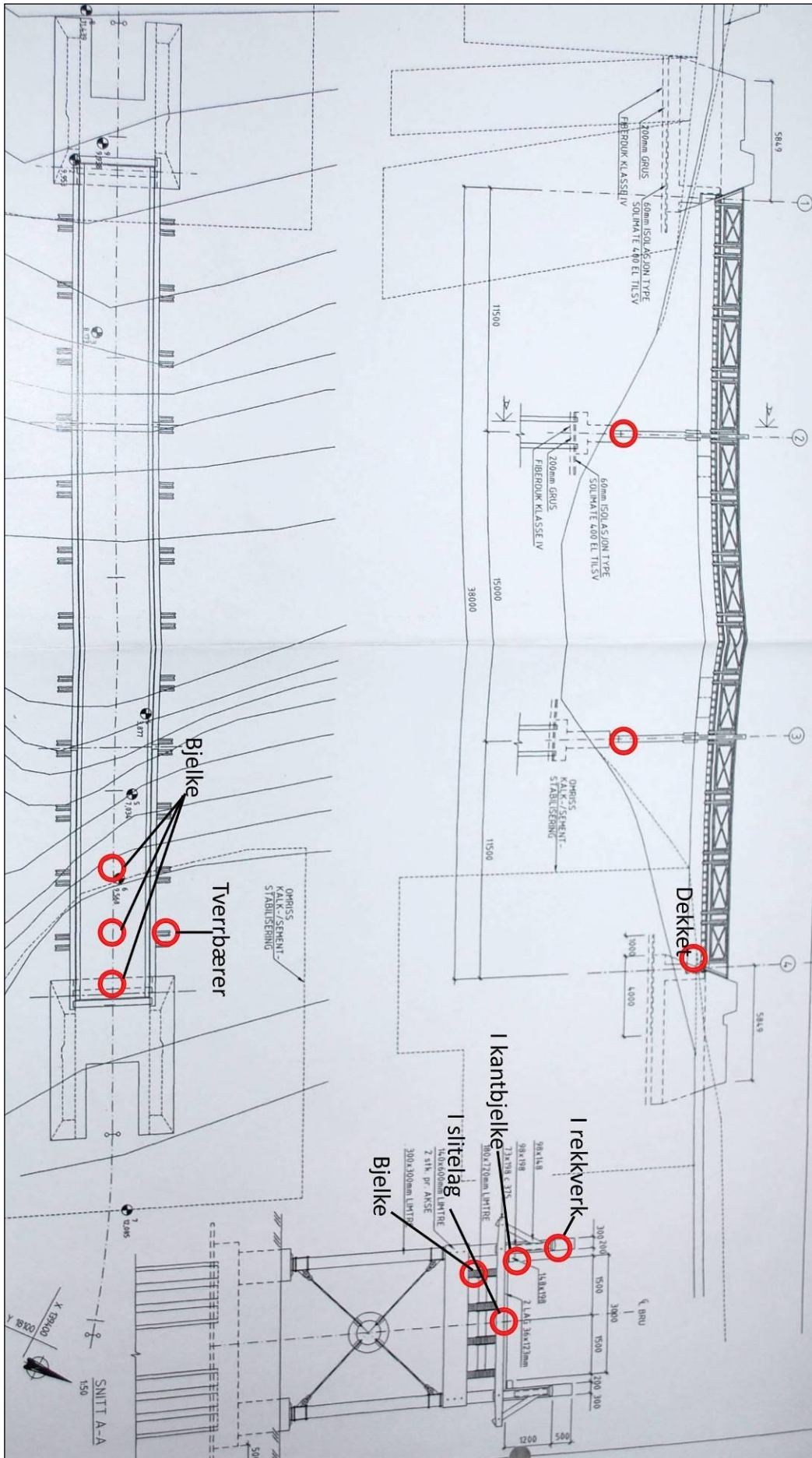
Forslag til utbedringer:

- Opprydning; hugging av kratt og små trær.
- Grave fram søylenes betongfundamenter, sørge for å lede vann utenom disse, slik at det ikke bygger seg opp jord på nytt.
- Fjerning av overflatesopp, overflatebehandling.

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 11.10.2005 av Rambøll Norge AS/BVF) nevner ingenting om fuktige hovedbjelker, pilarer som står i jordkontakt eller algevekst. Rapport fra forrige inspeksjon stemmer ellers relativt godt overrens med skader og mangler som ble registrert ved denne inspeksjonen.

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	
Bjelke	V/ endeopplegg, indre bjelke	1	40,00	Høy fuktighet
Bjelke	4 m fra	1	26,80	Høy fuktighet
Bjelke	Underkant, bjelke 2 m fra	1	21,00	Høy fuktighet
Bjelke	6 m fra	4	26,80	Høy fuktighet
Bjelke		4	21,50	Høy fuktighet
Dekke ref	Ved østre opplegg	4	21,90	Høy fuktighet
Kantbjelke			24,50	Høy fuktighet
Tverrbærer, liten		1	19,80	
Tverrbærer, liten		1	20,80	Høy fuktighet
Slitelag		1	26,00	Høy fuktighet
Slitelag		4	22,10	Høy fuktighet
Rekkverk	Håndløper?		29,60	Høy fuktighet
Rekkverk	Støtte	1	24,70	Høy fuktighet
Pilar	Nord bunn	2	43,00	Høy fuktighet
Pilar	40 cm opp fra bunn, nord	2	21,80	Høy fuktighet
Pilar	Sør bunn	2	42,50	Høy fuktighet
Pilar	40 cm opp fra bunn, sør	2	19,50	
Pilar	1,5 m opp fra bunn, sør	2	17,20	
Pilar	Sør bunn	3	36,40	Høy fuktighet
Pilar	Nord bunn	3	42,30	Høy fuktighet



2 – 930 – SKUI

Fylke: Akershus
Bruksområde: G/S-bro
Byggeår 1975
Type: Bjelkebro
Ant. Spenn: 1
Lenge (m): 53,6



Generelt:

Bjelkebro, CCA

Tilstand:

- Generelt svært dårlig tilstand.
- Enkelte trinn gir etter helt til de hviler på neste trinn ved belastning med kroppsvekt. De hviler da ca 1 cm inn på neste trinn. Dette gir økt fare for fallskader i trappen.
- Andre skader og mangler blir ikke kommentert, se bilder og fuktskjema.
- Broen bør sannsynligvis rives. Ifølge rapport fra 2005 skulle denne broen rives når nye E16 åpnet i 2008. (Usikker på om nye E16 er åpnet).

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

- Manglende vedlikehold.

Forslag til utbedringer:

- Løse trinn bør festes så snart som mulig.
- Riving.

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

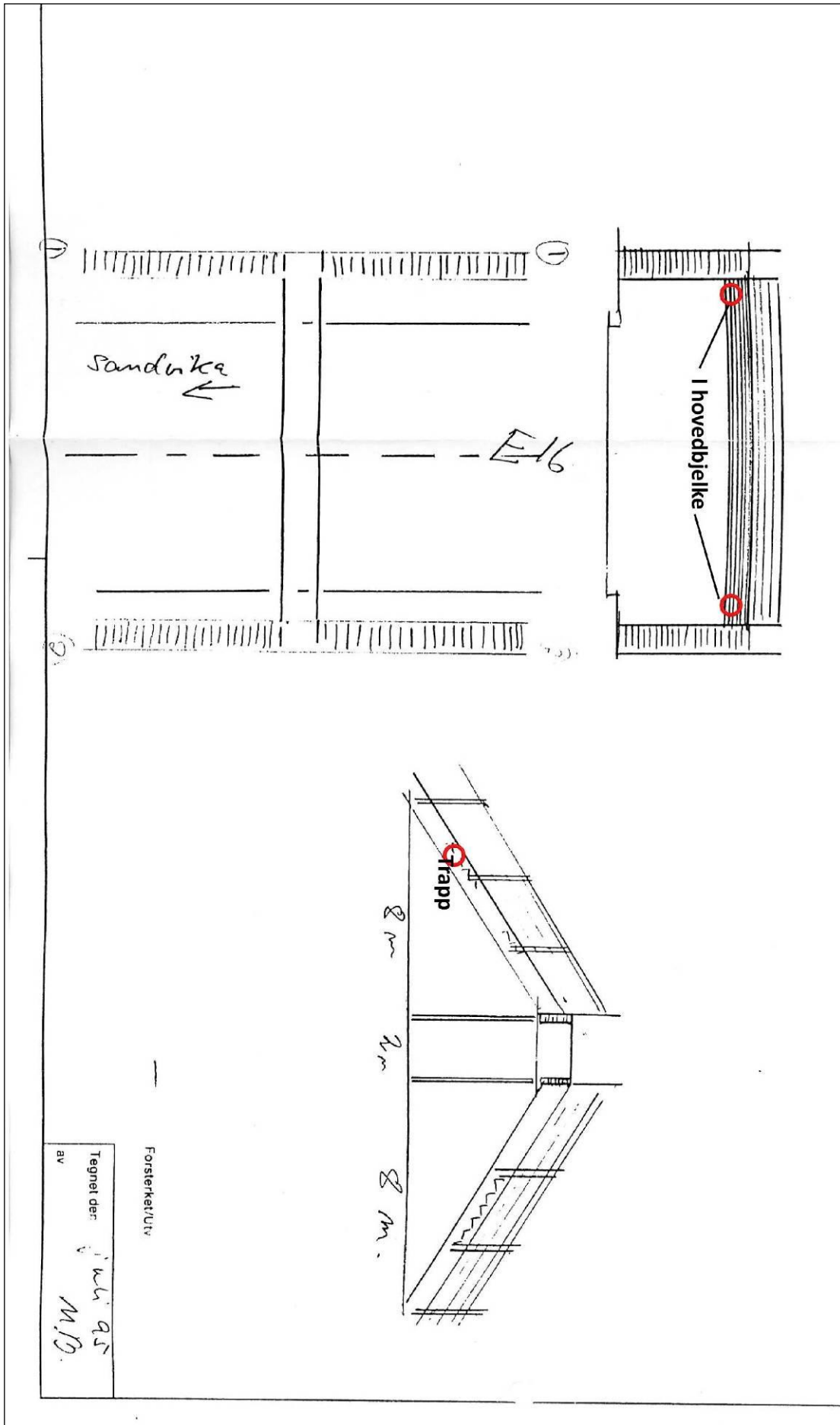
Broen har en mengde feil, forrige rapport inneholder omtrent de samme feilene som ble oppdaget under denne inspeksjonen.

Forrige inspeksjon ble utført Vegvesenet. 16.12.2008

I forrige rapport nevnes det at slitte trappetrinn skal holdes under oppsyn, dette ser ikke ut til å ha blitt fulgt opp. (Mulig dette ikke har blitt gjort fordi kun helt nødvendig vedlikehold skal utføres. Vi vil imidlertid kalle dette helt nødvendig vedlikehold)

Vedlegg 1

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	
Bjelke	Hovedbjelke	2	42,00	Høy fuktighet
Bjelke	Hovedbjelke	1	41,00	Høy fuktighet
Trapp	Bærebjelke	2	36,00	Høy fuktighet
Trapp	Bærebjelke	1	63,00	Høy fuktighet
Slitelag			49,00	Høy fuktighet



2 – 1115 – ASPER

Fylke: Akershus
Bruksområde: G/S-bro
Byggeår 1991
Type: Bjelkebro
Ant. Spenn: 3
Lenge (m): 19,48



Generelt:

Bjelkebro, skrålagt dekke og slitelag, CCA
Ett spenn, med rampe opp på begge sider.

Tilstand:

- Generelt svært dårlig tilstand, høye fuktigheter og råte.
- Hovedbjelker er svært fuktige, står ikke i lodd, algevekst, sprekker og delaminering.
- Bærebjelke til rampe er råttent.
- Osv. (Alle feil blir ikke nevnt her. Ifølge forrige rapport er ny bru under planlegging fra 2008)

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

- Prosjektering kunne vært bedre.
- Bærebjelker til rampe står i direkte jordkontakt.
- Manglende vedlikehold

Forslag til utbedringer:

- Rive broen og bygge ny.

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Forrige inspeksjon (utført 1.7.2009 av Rambøll Norge AS/SML) nevner at løse planker i rampe skal festes, dette er ikke mulig da bjelken under er råttent. Det ble ikke bemerket at bærebjelken til rampen er råttent.

Rapport fra forrige inspeksjon nevner kraftig erosjon/utvasking - pilar ute av stilling > 200 mm. Ved denne inspeksjonen kunne vi ikke se at pilaren var 200 mm ute av stilling.

Rapport fra forrige inspeksjon stemmer ellers ganske godt overrens med skader og mangler som ble registrert ved denne inspeksjonen.

Vedlegg 1

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %		Kommentar
Hovedbjelke	Ved hovedbjelkes opplegg	Øst	23,00	Høy fuktighet	
Hovedbjelke	Ved hovedbjelkes opplegg	Øst	21,80	Høy fuktighet	
Hovedbjelke	Ved hovedbjelkes opplegg	Vest	39,70	Høy fuktighet	
Bjelke, rampe		øst	53,00	Høy fuktighet	Råtten, stor nedbøyning.
Bjelke, rampe		vest	54,00	Høy fuktighet	
Dekke	1 m fra	øst	23,00	Høy fuktighet	
Tverravstiver		øst	28,00	Høy fuktighet	
Søyle	nordre	øst	28,00	Høy fuktighet	
Søyle	søndre	øst	22,00	Høy fuktighet	
Søyle	søndre	vest	28,00	Høy fuktighet	
Søyle	nordre	vest	47,00	Høy fuktighet	
Rekkverk	nordre rekkverk, midt på bro		16,4		

2 – 1458 – HALLANGEN

Fylke: Akershus

Bruksområde: G/S-bro

Byggeår 1995

Type: Bjelkebro

Ant. Spenn: 1

Lenge (m): 10,0



Generelt:

Bjelkebru, slitelaget/dekket ligger direkte tvers på hovedbjelkene. CCA
Underliggende strekkstag på tvers.

Tilstand:

- (Broen går over vann, ikke tilkomst under.)
- Hovedbjelker har høy fuktighet ved opplegg, noe delaminering og bolter trukket til for hardt.
- Begrodd ved landkar, akse 1.
- Dekket har høy fuktighet, slitt overflatebehandling.
- Rekkverk; slitt overflatebehandling og svimerke (sannsynligvis fra fakkel).

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

- Lageravsatsen samler smuss, som samler fukt. Hovedbjelkene står i direkte kontakt med dette.
- Endeveden på hovedbjelkene blir ikke luftet, og noen av dem står rett mot stein.
- Asfaltappen mellom hovedbjelker og betong er i ferd med å gå i oppløsning.
- Manglende vedlikehold; overflatebehandling.

Forslag til utbedringer:

- Fjerne vegetasjon.
- Overflatebehandling.

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 13.10.2008 av Rambøll Norge AS/SML) nevner ingenting om fukt i dekke og hovedbjelker.

Rapport fra forrige inspeksjon stemmer ellers godt overrens med skader og mangler som ble registrert ved denne inspeksjonen

Vedlegg 1

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	Kommentar
Hovedbjelke	V/opplegg sørvest	1	43	Høy fuktighet
Hovedbjelke	V/opplegg sørøst	1	42	Høy fuktighet
Hovedbjelke	Midt på bro		16,6	
Hovedbjelke	V/opplegg nordøst	2	43,7	Høy fuktighet
Hovedbjelke	V/opplegg nordvest	2	42,1	Høy fuktighet
Dekke	Ved søndre ende	1	21,2	Høy fuktighet
Dekke	Midt på bro		29,1	Høy fuktighet
Rekkverk			18,7	
Rekkverk			12,8	

4 – 1505 – NYDALSDUMPA

Fylke: Hedmark
Bruksområde: G/S-bro
Byggeår 1993
Type: Bjelkebro
Ant. Spenn: 3
Lenge (m): 33,0

Generelt:

Bjelkebro, kreosot.
Skrålagt dekke / slitelag, CCA.

Tilstand:

- Gjengrodd på begge sider.
- Fuktig ved opplegg for hovedbjelker.
- Tverrbærere er svært fuktige, algevekst.
- Rekkverk er fuktig, algevekst. Sprekker samler vann. Slitt overflatebehandl. Netting bøyd.
- Lys knust
- Slitelag, svært høy fuktighet og algevekst. Skitt samles mellom slitelag og landkar.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

- Tverrbærere har ikke beslag eller helning.

Forslag til utbedringer:

- Rydde vegetasjon.
- Fjerne smuss fra slitelag.
- Overflatebehandling av rekkverk.
- Feste nettinggjerdet.

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 26.7.2007 av Vegvesenet) nevner kun feil ved nettinggjerdet. Det ser ut til at flere feil og mangler ble oversett eller ansett som mindre viktige ved forrige inspeksjon.

Vedlegg 1

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	
Søyler	V/opplegg nord	øst 1-2	19,90	
Søyler	V/opplegg sør	øst 1-2	16,80	
Søyler	V/opplegg nord	vest 3-4	21,30	Høy fuktighet
Søyler	V/opplegg sør	vest 3-4	20,40	Høy fuktighet
Bjelke	V/opplegg indre, nord	1	18,40	
Bjelke	V/opplegg indre, sør	1	17,00	
Bjelke	V/opplegg ytre, sør	1	23,90	Høy fuktighet
Bjelke	V/opplegg ytre, nord	1	22,90	Høy fuktighet
Bjelke	V/opplegg indre, sør	4	18,80	
Bjelke	V/opplegg ytre, sør	4	20,30	Høy fuktighet
Bjelke	V/opplegg ytre, nord	4	28,30	Høy fuktighet
Tverrbærer	nord	1	33,20	Høy fuktighet
Tverrbærer	sør	4	22,30	Høy fuktighet
Slitelag		4	30,6	Høy fuktighet
Slitelag		2--3	33,3	Høy fuktighet
Slitelag		1	36,30	Høy fuktighet
Rekkverk	sør	1	28,60	Høy fuktighet
Kantbjelke			35,30	Høy fuktighet

6 – 1668 – FLØTÅKER

Fylke: Buskerud

Bruksområde: G/S-bro

Byggeår 1995

Type: Bjelkebro

Ant. Spenn: 1

Lenge (m): 23,0

Generelt:

Bjelkebro, kreosotimpregnert. G/S-bro

Tilstand:

- Bjelkene er veldig kreosot-klisset, og noe fuktig ved oppleggene på østre side.
- Begge landkar er noe gjengrodd, krakelert, og flekket av grønske.
- Slitelag er noe fuktig, spesielt under kantbjelken, som for øvrig samler en del smuss.
- Glippe mellom dekke og asfalt samler smuss, og gjør at slitelagets endeved står i jordkontakt og blir fuktig.
- Ved østre side av broa er asfaltdekket erodert vekk enkelte steder.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:*Generelt:*

- Overgrodd, gir fuktigere overflater.

Hovedbjelker:

- Fuktig, pga gjengrodd.

Dekke, slitelag og kantbjelke:

- Glippe mellom dekke og asfalt samler smuss og gjør slitelaget fuktig
- Kantbjelke ligger noe over slitelaget, og det kan derfor samles smuss under kantbjelken som blir liggende der over tid og samler fukt

Rekkverk:

- Det er boret hull til stolper rett gjennom hovedbuene, slik at det blir stående vann i hullene hele tiden

Asfalt:

- erosjon av bakken ved landkar har gjort at asfalten får huller på sidene av gangstien, pga dårlig utfylling fra starten av

Forslag til utbedringer:

- Opprydning
- Rens glippen mellom dekke/asfalt, eller finn en løsning som fjerner den helt
- Senk kantbjelken så det ikke samles smuss under den
- Fyll ut gangstien bedre, og legg ny asfalt

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (hovedinspeksjon 23.7.2008 utført av kraasx/svefos) nevner det samme som vi har gjort, i tillegg til et vepsebol som nå er fjernet, og et avløp til sluk som ble anbefalt forlenget vekk fra broa og som så vidt vi kan se er fikset på.

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	
Bjelke	v/fund	øst	21,3	Høy fuktighet
Bjelke	v/fund	øst	16,3	
Bjelke	v/fund	vest	17,6	
Bjelke	v/fund	vest	22,7	Høy fuktighet
Kantbjelke				21,9 Høy fuktighet
Slitelag				øst 23,4 Høy fuktighet
Slitelag				under kantbjelken midt 42,2 Høy fuktighet
Slitelag				vest 37,1 Høy fuktighet
Rekkverk			18,6	

6 – 1711 – ALME

Fylke: Buskerud
Bruksområde: G/S-bro
Byggeår 1997
Type: Bjelkebro
Ant. Spenn: 1
Lenge (m): 10,0



Generelt:

Bjelkebro, kreosotimpregnerte bjelker, malt rekkverk. G/S-bro.

Tilstand:

- Slitt overflatebehandling, og nok fukt i østre rekkverk til at det er blitt sprekkdannelse, og begynnende soppvekst her. (Trolig vedmusling.) I vestre rekkverk mangler en planke.
- Gjengrodd ved landkar.
- Hovedbjelker ligger rett på landkar, hvor det samler seg fukt.
- Brudekket er litt fuktig, og har noen skader fra brøyting.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Generelt:

- Slitt overflatebehandling, gir et litt slitent inntrykk

Bjelker:

- Fuktige, pga dårlig detaljering ved opplegg

Dekke, slitelag og kantbjelke:

- Brøyteskader
- Noe fuktig

Rekkverk:

- Delvis råttent

Forslag til utbedringer:

- Bytt ut østre rekkverk
- Forny overflatebehandlingen
- Rydd opp ved begge landkar

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Vedlegg 1

Rapport fra forrige inspeksjon (enkel inspeksjon 8.5.2007 utført av RAGNVALD) nevner kun at det mangler krattopprydding. I tillegg har bjelkene faretruende høy fukt en del steder, og østre rekkverk er angrepet av sopp.

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	Kommentar	
Bjelke	Indre bjelke, v/opplegg	Nord	16,10	Øvre del av bjelke	
Bjelke	2 m fra opplegg	Nord	18,20		
Bjelke	Ytre bjelke, v/opplegg	Nord	20,2	Høy fuktighet	
Bjelke	Ytre bjelke, midt på bro		18,9		
Bjelke	Ytre bjelke, v/opplegg	Sør	15,90	Øvre del av bjelke	
Bjelke	Ytre bjelke, v/opplegg	Sør	35,00	Høy fuktighet	Nedre del av bjelke
Bjelke	Indre bjelke, v/opplegg	Sør	21,80	Høy fuktighet	
Dekke	V/opplegg	Nord	23,50	Høy fuktighet	
Dekke	Kant, øst	Nord	23,30	Høy fuktighet	
Rekkverk		Øst	41,20	Høy fuktighet	Soppangrepet, råttent. Se bilde.
Rekkverk	Festeanordning	Øst	24,80	Høy fuktighet	

1 – 909 – SAGÅSEN

Fylke: Østfold
Bruksområde: Vegbro
Byggeår 2003
Type: Buebro
Ant. Spenn: 7
Lenge (m): 37,0



Generelt:

Buebro, kreosot.
Tverrspent dekke, slitelag av tre.

Tilstand:

- Buene har generelt økt fuktighet. Høy fuktighet ved opplegg, nordvest.
- Søylene har noe høy fuktighet.
- Buer og søyler har mange mindre skader i endene.
- Dekket har økt fuktighet, også inn mot landkaret.
- Slitelag har svært høy fuktighet, mye grus liggende og kreosotlag enkelte steder. Høy fuktighet under kreosotlaget (mulig kreosoten hindrer tørking?)
- Rekkverk har høy fuktighet.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Slitelag:

- Grus har blitt dratt ut på broen, samler fukt.
- Brøyteskader

Rekkverk:

- Slitt overflatebehandling

Forslag til utbedringer:

- Impregnering av rekkverk
- Fjerne grus på slitelag (må gjøres jevnlig, da det stadig vil bli dratt grus ut på slitelaget)

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 2.8.2007 av Vegvesenet) har ingen merknader.

Vedlegg 1

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	
Bue	v/fund sydøst, utsiden	1	13,7	
Bue	v/fund sydøst, innsiden	1	16	
Bue	v/fund, sydvest, utsiden	1	14,4	
Bue	v/fund nordvest, innsiden	1	20,8	Høy fuktighet
Bue	v/fund nordøst, utsiden	8	14,3	
Bue	midt på, østre	4 5	15,6	
Dekke v/svill	ytre lamell, sydøst	1	13	
Dekke v/svill	ytre lamell, sydvest	1	15,1	
Dekke v/svill	ytre lamell, nordvest	8	12,6	
Svill	sydøst	1	15	
Svill	sydvest	1	16,3	
Svill	nordvest	8	13,9	
Svill	midten	8	14,5	
Dekke v svill	midt på	1	14,7	
Dekke v svill	midt på	8	15	
Dekke ref	2m fra akse 1	2	13,7	
Dekke ref	2m fra akse 8	7	14	
Pilar	sydøst	1	17,7	
Pilar	sydvest	1	17,9	
Pilar	nordvest	8	16	
Pilar	nordøst	8	17,6	
Slitelag	midt på	8	31,5	Høy fuktighet
Slitelag	midt på	4 5	39,7	Høy fuktighet
Slitelag	midt på	1	45	Høy fuktighet
Rekkverk			23	Høy fuktighet
Rekkverk			25	Høy fuktighet

2 – 1535 – MØLLEDAMMEN

Fylke: Akershus
Bruksområde: Vegbro
Byggeår 2000
Type: Buebro
Ant. Spenn: 3
Lenge (m): 24,5

Generelt:

Buebru med tverrspent dekke, kreosot.
Tverrbærere i stål.
Slitelag av asfalt

Tilstand:

- Store deler av buene mangler beslag. Langsgående sprekk søndre del av vestre bue.
- Asfalten har blitt myknet opp og kjevlet ut til siden.
- Sprekker som kan samle vann og brøyteskader på rekkverk.
- Dekket har høy trefuktighet inn mot landkar.
- Noe begrodd rundt begge landkar.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

- Beslag antas stjålet.
- Asfalten har sannsynligvis blitt myknet opp av kreosot som har løst opp / trengt gjennom membranen.

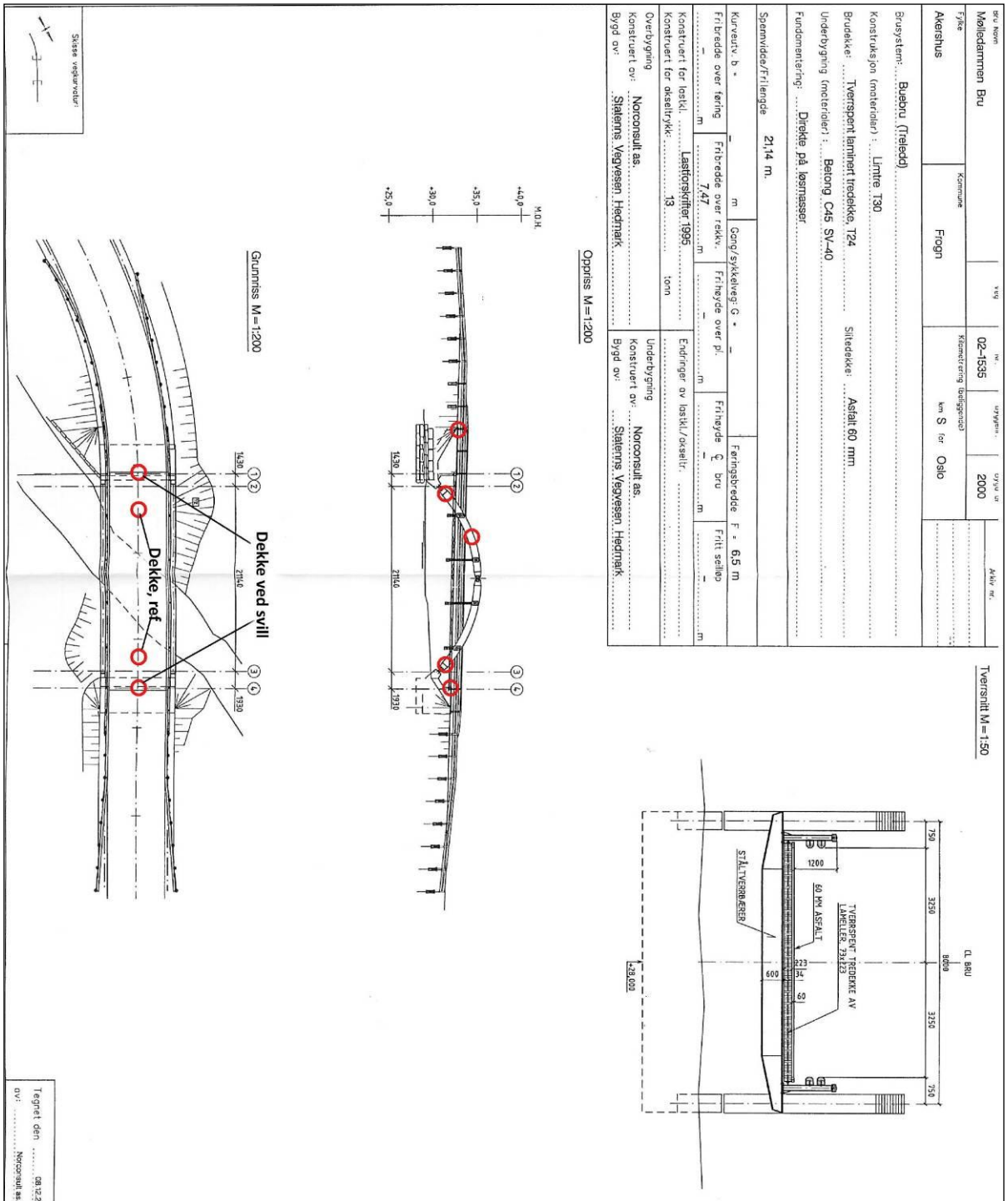
Forslag til utbedringer:Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 26.9.2006 av Vegvesenet) nevner ingenting om fuktighet. Rapport fra forrige inspeksjon ser ut til å stemme godt overrens med skader og mangler som ble registrert ved denne inspeksjonen. Noen skader har blitt utbedret i mellomtiden, andre har oppstått.

Vedlegg 1

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	
Bue	V hull til etterspenning	2	17,70	
Bue	Vest	2 3	12,90	
Bue	Øst	2 3	13,90	
V/ buefund	Sørøst	2	20,10	Høy fuktighet
V/ buefund	Sørvest	2	16,80	
V/ buefund	Nordvest	3	14,40	
V/ buefund	Nordøst	3	18,90	
Dekke v/svill	Sør, midt	1	17,90	
Dekke v/svill	Sør, vest. Ytterste lamell øvre del.	1	33,40	Høy fuktighet
Dekke v/svill	Nord, midt	4	20,00	Høy fuktighet
Dekke ref	3 m fra	1	14,80	
Dekke ref	3 m fra	4	14,70	
Dekke	Ytterste lamell, øst	4	27,5	Høy fuktighet
Dekke	Ytterste lamell, øst.	3	34,9	Høy fuktighet

Vedlegg 1



3 – 873 – BROBEKK

Fylke: Oslo

Bruksområde: G/S-bro

Byggeår 2003

Type: Buebro

Ant. Spenn: 1

Lenge (m): 17,0

Generelt:

Buebru, mellomliggende brudekke, bue m/massivt tverrsnitt. G/S bru, med slitelag i tre

Tilstand:

- Fuktmessig er bruen i generelt god stand, men enkelte plasser er den MEGET fuktig.
- Generelt gjengrodd
- Mye graffiti på landkarene
- Sprekker i en av buene, nokså stor. Noe slitt overflatebehandling.
- Slitelag fuktig i ”nederste” hjørne. I øverste gror det mose. Samler seg smuss på dekket ”nederst” da overgang asfalt-treslitelag ikke går kant-i-kant.
- ”Nederste” svill meget fuktig
- Landkar samler smuss.

Årsaker til evt. dårlig tilstand*Buer:*

- Slitt overflatebehandling etter fjerning av graffiti
- Sprekk i underkant av en bue
- Vegetasjonen står svært nærme brua, og holder på fukt

Dekke, slitelag og kantbjelke:

- Pga fall i brubanen er et hjørne lavest. Her samler det seg en del smuss som holder på fuktighet, og gjør slitelaget ekstra vått
- Slitelag samler en del smuss også øverst på brua, hvor det er nok smuss til at det gror gress på slitelaget
- Dekket er veldig fuktig ved ”nedre” svill, antageligvis både fordi svillen meget våt i seg selv, og fordi dette er det nederste punktet på brua

Svill:

- Svillen er meget fuktig, fordi landkaret samler mye smuss som holder på fuktigheten

Landkar:

- pga uheldig løsning samler landkaret smuss som holder på fukt, og gjør den bærende konstruksjonen fuktig
- mye graffiti

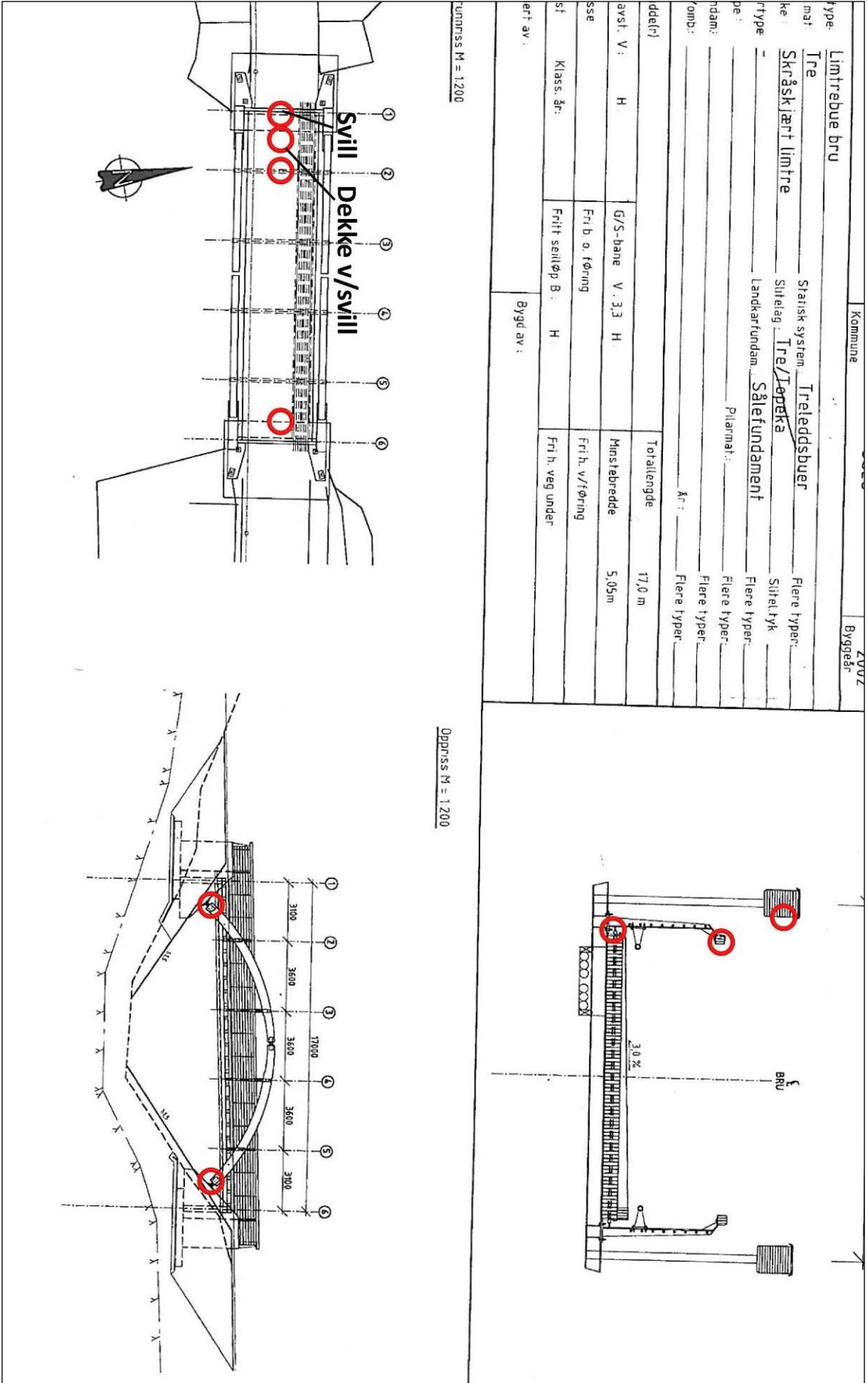
Forslag til utbedringer:

- generell rengjøring, av både graffiti, vegetasjon og smuss på landkar og slitelag

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (enkel inspeksjon 9.6.2008 utført av Rambøll Norge AS/SML) nevner stort sett det samme som oss, men har ikke nevnt at det samler seg smuss mange plasser på brua, som fører til fare for fukt. De har heller ikke gjort noen fuktmålinger, og slik oversett at brua har høye fuktverdier enkelte steder.

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	Kommentar	
Bue	Nordre, topp	3	11,90		
Bue	Nordre, topp	3	12,90		
Bue	Underside	3 4	15,00		
Bue	Søndre, topp	3 4	13,40		
Bue	Underside, søndre	3 4	15,50		
Bue v/lager	Søndre bue	1	15,50		
Bue v/lager	Nordre bue	1	16,50		
Bue v/lager	Søndre bue	6	17,10		
Bue v/lager	Nordre bue	6	15,80		
Svill		1	63,00	Høy fuktighet	Ligger lavere enn akse
					6
Svill		6	17,10		
Dekke v svill		1	58,20	Høy fuktighet	
Dekke v svill		6	17,70		
Dekke ref	1,5 m fra	1	16,9		
Dekke ref	1,5 m fra	6	16,60		
Rekkverk	Nordre v/sprekk	3	17,70		



4 - 1499 – GRØNSVEBAKKEN

Fylke: Hedmark
Bruksområde: Vegbro
Byggeår 1998
Type: Buebro
Ant. Spenn: 1
Lenge (m): 32,7



Generelt:

Buebro, tverrspent dekke, asfalt slitelag, kreosot.

Tilstand:

- Noe gjengrodd på begge sider.
- Papp mellom betong og tre på lageravsats er revet ned.
- De ytterste lamellene i dekket er skjeve ved ett av landkarene.
- Noe smuss og irr på buefundament.
- Kreosotsøl fra bue.
- Hengestenger er tilsølt med kreosot.
- Asfalt er oppsprukket og kjevlet ut til sidene.
- Rekkverk har noen brøyteskader og noen sprekker som kan samle vann.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Generelt:

- For mye kreosot ved impregnering av bærende konstruksjon?
- Vegetasjonen gir økt fuktbelastning.

Dekke, slitelag:

- Antar skjevt pga trafikklast.
- Kjevlet ut pga kreosot som har løst opp membran og asfalt.

Rekkverk:

- Sprekker og delaminering som gir økt fuktbelastning.

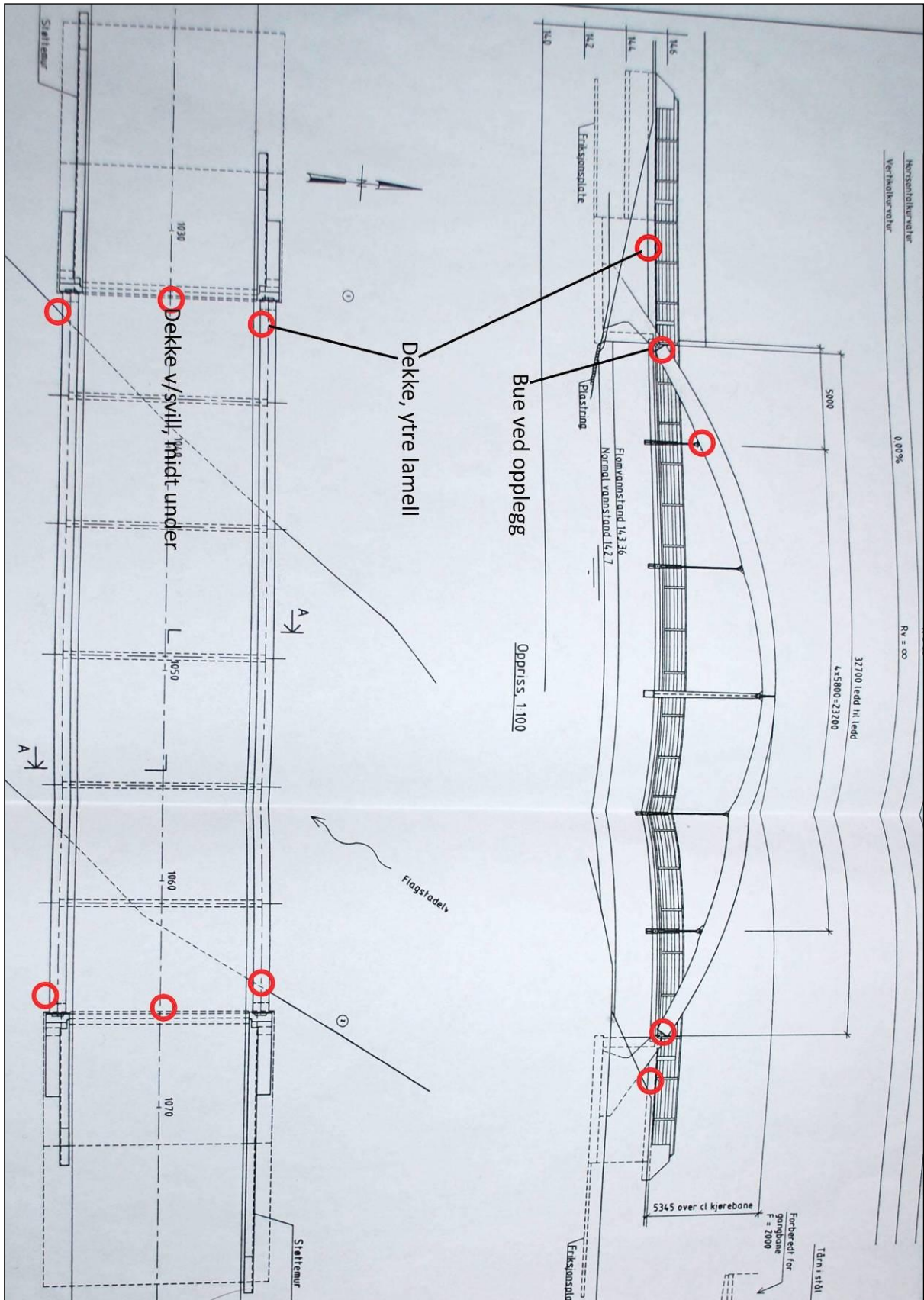
Forslag til utbedringer:

- Rydde vegetasjon.
- Overflatebehandling av rekkverk.

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 25.7.2007 av Vegvesenet) stemmer stort sett godt overrens med skader og mangler som ble registrert ved denne inspeksjonen. Noen skader kan ha oppstått i mellomtiden.

Konstr. del	Lokalisering		Akse	Trefukt. %	
Bue	V/opplegg	nord	2	15,20	
Bue	V/opplegg	sør	2	16,20	
Bue	v/ hengestag		1--2	15,30	
Bue	V/opplegg	sør	1	13,80	
Bue	V/opplegg	nord	1	14,90	
Dekke	V/svill	Ytt. Lam. nord	2	27,10	Høy fuktighet
Dekke	V/svill	Midt under	2	20,20	Høy fuktighet
Dekke	V/svill	Ytt. Lam. Sør	2	24,50	Høy fuktighet
Dekke	V/svill	Ytt. Lam. nord	1	20,20	Høy fuktighet
Dekke	V/svill	Midt under	1	20,90	Høy fuktighet
Dekke	V/svill	Ytt. Lam. Sør	1	22,90	Høy fuktighet
Rekkverk			2	21,90	Høy fuktighet



4 – 1614 – TYNSET

Fylke: Hedmark
Bruksområde: Vegbro
Byggeår 2001
Type: Buebro
Ant. Spenn: 3
Lenge (m): 125,28



Generelt:

Tre spenn; to massivbuer en fagverksbue. Tverrspent dekke under kjørebane, bjelker i lengderetning under gangbane. Kreosot.

Tverrbærere i stål.

Slitelag i tre i gangbane, asfaltslitelag i kjørebanen.

Tilstand:

- Fagverksbue: Dybler har vandret. Enkelte har vandret langt.
- Vindfagverk: Skade i toppen. Se bilde. Kan trenge overflatebehandling.
- Landkar: Fuktighet salt/kalk. Riss ved innspenning til dekket.
- Dekket har stort sett ok fuktighet, men enkelte steder er det målt høye fuktigheter.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

- Varierende belastning i knutepunkt kan forårsake vandring.

Forslag til utbedringer:

- Bytte ut alle dybler mer lengre dybler som er gjenget i endene (slik som det er gjort med 2 dybler i hvert knutepunkt)?
- Utbedringer som er gjort med spiker og skruer er svært lite pene, og enkelte dybler har vandret ut igjen på tross av spiker.

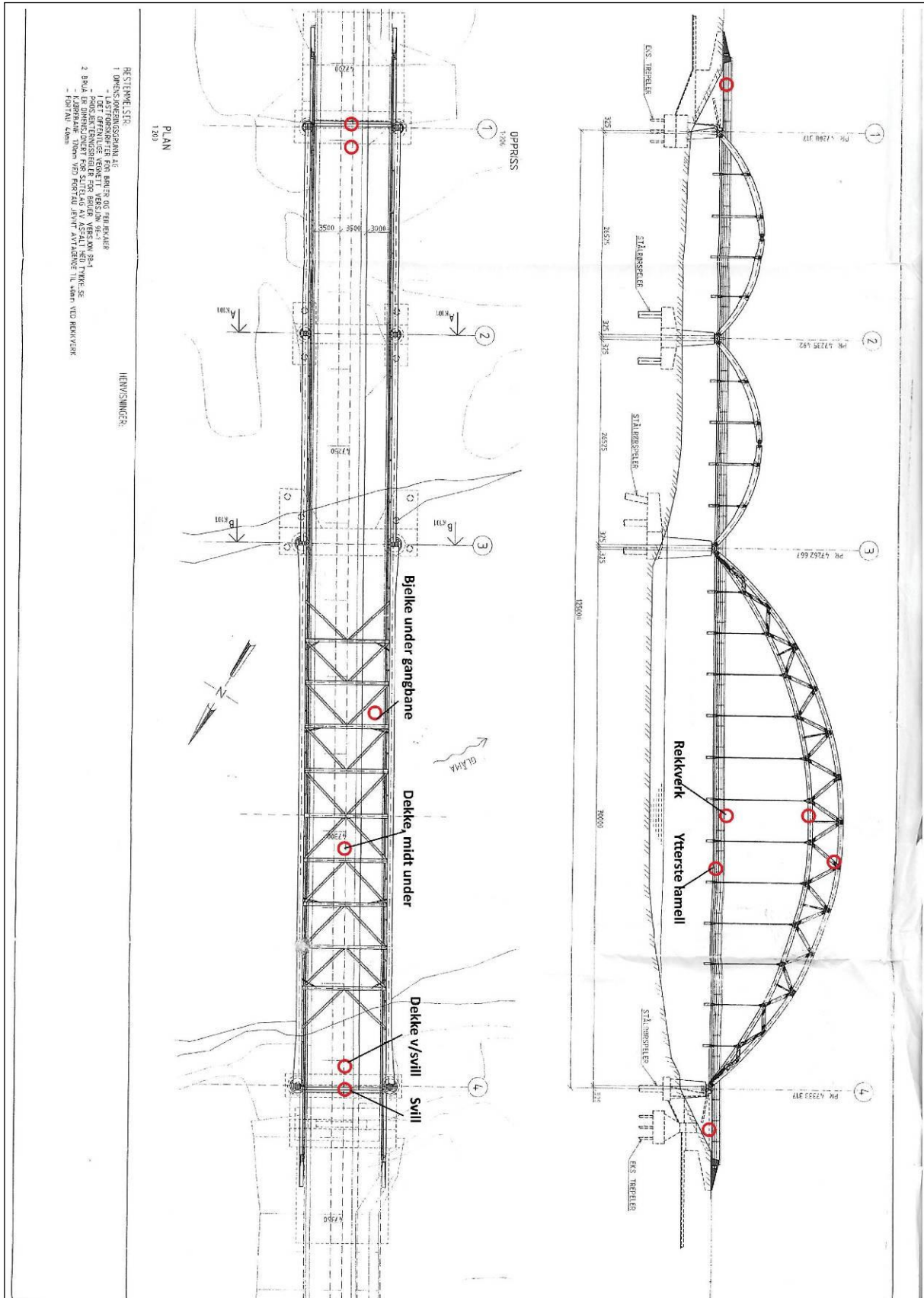
Revisjon av tidligere inspeksjoner:

I Brutus fantes ingen rapporter fra tidligere inspeksjoner. Holger Lunde (Vegvesenet, Hamar) fortalte at den sist ble inspisert i juni 2009, og at dyblene da ble slått på plass.

Vedlegg 1

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	Kommentar	
Fagverksbue	Undergurt		12,80		
Fagverksbue	Kn.pkt, nordre bue		12,50		
Fagverksbue	Kn.pkt, nordre bue		13,20		
Massiv bue			14,00		
Svill	Midt under bru	Øst	18,70		
Dekke	V/svill	Vest	33,00	Høy fuktighet	
Dekke	0,5 m fra svill	Vest	15,10		
Dekke	V/svill	midt under	Øst	17,80	
Dekke	V/svill	midt under	Øst	20,40	Høy fuktighet
Dekke	Ytt. Lam.	Under store bue	13,70		
Dekke	Midt under	Under store bue	29,30	Høy fuktighet	
Dekke	Ytt. Lam.	Under store bue	12,70		
Dekke	V/svill	Midt under	Vest	14,5	
Dekke	V/svill	Ytr. Lam. Sør	Vest	31,50	Høy fuktighet
Dekke	V/svill	Ytt. Lam. Nord	Vest	13,10	
Dekke	V/svill	Ytt. Lam	Øst	15,60	
Dekke	V/svill	Ytt. Lam	Øst	16,60	
Bjelke	Under gangbane, store bue		11,10		
Bjelke	Under gangbane, store bue	Vest	15,10		
Rekkverk		Øst	15,30		
Rekkverk		Midt	17,00		
Slitelag		Øst	25,20	Høy fuktighet	
Slitelag		Midt	20,00	Høy fuktighet	

Vedlegg 1



4 – 1630 – HORNE

Fylke: Hedmark
Bruksområde: Vegbro
Byggeår 2002
Type: Buebro
Ant. Spenn: 1
Lenge (m): 26,15



Generelt:

Buebro, tverrspent dekke. Kreosot
Asfaltslitelag.

Tilstand:

- Noe begynnende erosjon ved landkar.
- Sprekker i asfalt ved fuger og over tverrbærere.
- Noe kreosotsøl.
- Skader på kantbjelke

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Forslag til utbedringer:

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 20.05.2008 av Vegvesenet) stemmer relativt godt overrens med skader og mangler som ble registrert ved denne inspeksjonen.

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	Kommentar
Bue	V/opplegg sør	Vest	13,1	
Bue	V/opplegg nord	Vest	13,7	
Bue	V/opplegg nord	Øst	14,2	
Bue	V/opplegg sør	Øst	16,3	
Dekke	Ytterste lamell, nord	Vest	18,9	Ved svill
Dekke	Ytterste lamell, sør	Vest	19,4	Ved svill
Dekke	Ytterste lamell, nord	Øst	15,5	Ved svill
Dekke	Ytterste lamell, sør	Øst	15,4	Ved svill
Dekke	Midt under	Vest	17,3	Ved svill
Dekke	Midt under	Øst	18,9	Ved svill
Rekkverk		Vest	14,1	
Rekkverk		Øst	12,3	

5- 1745 - FØNHUS

Fylke: Oppland
Bruksområde: Vegbro
Byggeår 1998
Type: Buebro
Ant. Spenn: 1
Lenge (m): 35,45



Generelt:

Buebru m/overliggende brudekke, dobbeltbue, massivt tverrsnitt.
Kreosotimpregner, slitelag av asfalt

Tilstand:

- Noe fuktig i ytre lameller.
- Noe fuktig i rekkverket, og noe brøyteskader.
- Landkarene er noe tilsølt med kreosot, og er litt gjengrodd.
- En hel del delaminering av buene
- Sprekk i slitelaget ved begge landkar
- Kantbjelken er brøyteskadet og bolten er revet med i brøytingen.
- Kreosot har svettet gjennom asfalt?

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Generelt:

- Noe fuktig, spesielt ved ytre lameller.
- En del kreosotsøl, og delaminering av bjelker

Bue:

- Noe delaminering

Dekke, slitelag og kantbjelke:

- Kantbjelken er fuktig, og ganske skadet ved brøyting
- Kreosot/topeca er svettet gjennom asfalten
- Sprekker i asfalt ved landkar

Rekkverk:

- Noe brøyteskader

Forslag til utbedringer:

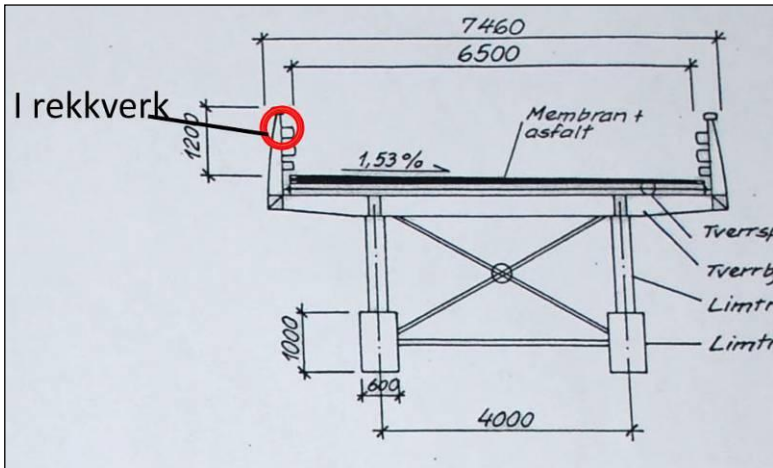
- Rydd opp kratt ved landkar
- Bytt ut kantbjelker

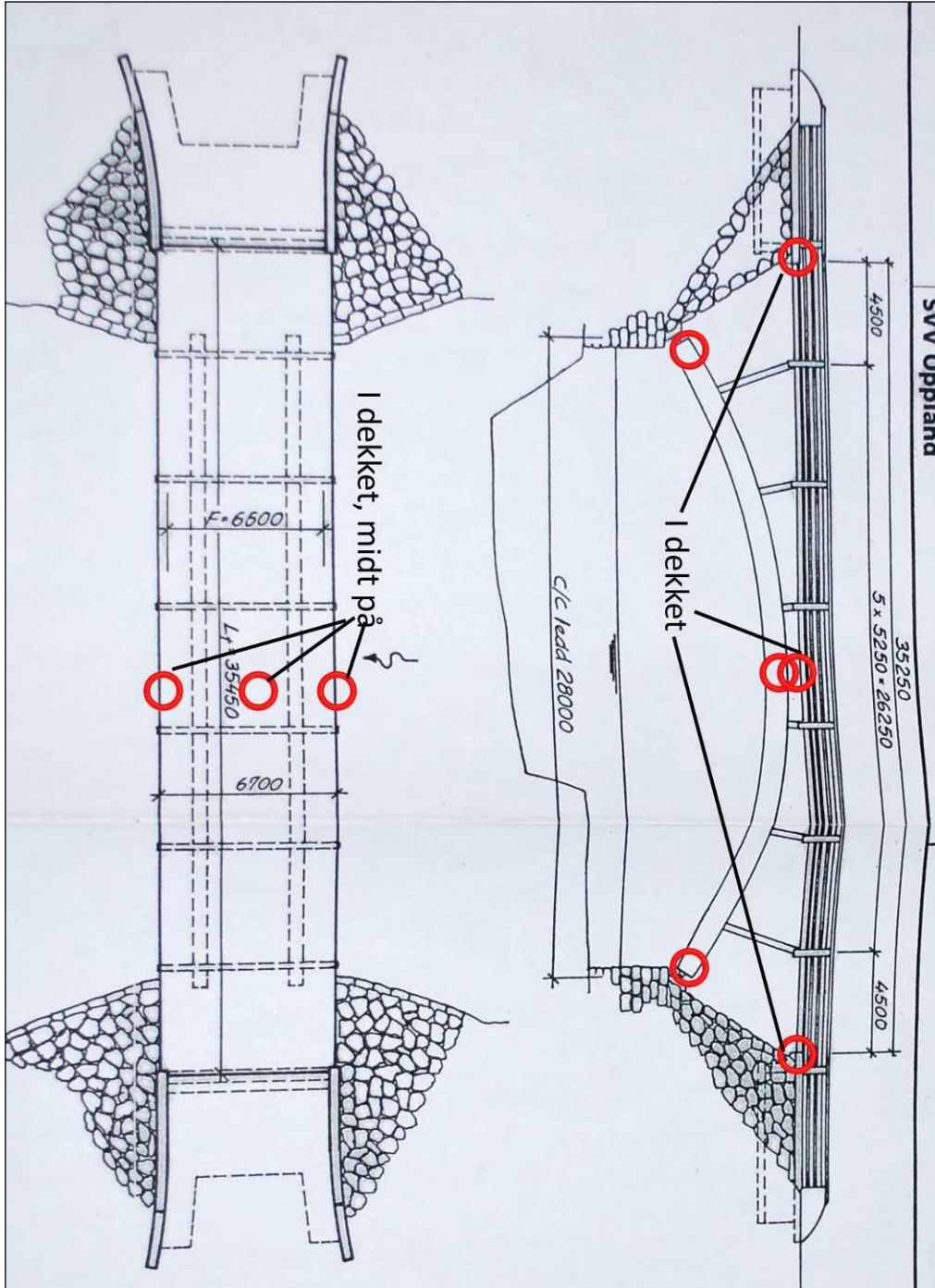
Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (hovedinspeksjon 1.8.2008 utført av AAS-JAKOBSEN AS) har nevnt det samme som oss (misfarging av kreosot, sprekkdannelse, brøyteskader, sprekker i rekkverk)

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	
Bue	Topp av nordre bue		13	
Bue	Topp av søndre bue		12,4	
Bue	V/opplegg sør	øst	14	
Bue	V/opplegg nord	øst	13,7	
Bue	V/opplegg nord	vest	17,8	
Bue	V/opplegg sør	vest	18,6	
Dekke	V/landkar ytre lam, nord	øst	22,5	Høy fuktighet
Dekke		øst	23,4	Høy fuktighet
Dekke	V/landkar ytre lam, sør	vest	32,7	Høy fuktighet
Dekke	Midt på bru ytre lam, nord		15	
Dekke	Midt på bru, midt under		14,4	
Dekke	Midt på bru ytre lam, sør		19,6	
Rekkverk			28,9	Høy fuktighet

..





5 – 1785 – ULNES

Fylke: Oppland
Bruksområde: Vegbro
Byggeår 2003
Type: Buebro
Ant. Spenn: 3
Lenge (m): 105,0



Generelt:

Buebru, m/tverrspent dekke og tverrbærere i stål.
Kreosotimpregnert, slitelag av asfalt

Tilstand:

- Generelt noe fuktig, spesielt i rekkverk og ytre lameller.
- Rekkverk har noe skader etter oppføring, og etter brøyting.
- Slitelag har noe sprekker mot landkar
- Noe erosjon ved asfalten ved opplegg
- Er for øvrig ikke ryddet opp alt materiell etter oppføring av bru
- Stor brøyteskade i dekket i gangbanen

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Generelt:

- Noe fuktig, spesielt ved ytre lameller.
- En del kreosotsøl, og delaminering av bjelker

Bue:

- Noe delaminering, antagelig etter oppføring
- Veldig fuktig ved opplegg vest, usikkert hvorfor (36,5 %)

Dekke, slitelag og kantbjelke:

- Kantbjelken er fuktig, og skadet etter brøyting. Henger antageligvis sammen.
- Slitelaget har sprekker, mot landkar.

Rekkverk:

- Fuktig, antagelig grunnet brøyteskader
- Glippe i skjøting i limtre gjør at det samler seg vann noen steder i rekkverksbjelker

Landkar:

- Erosjon pga regn, dårlig drenering?

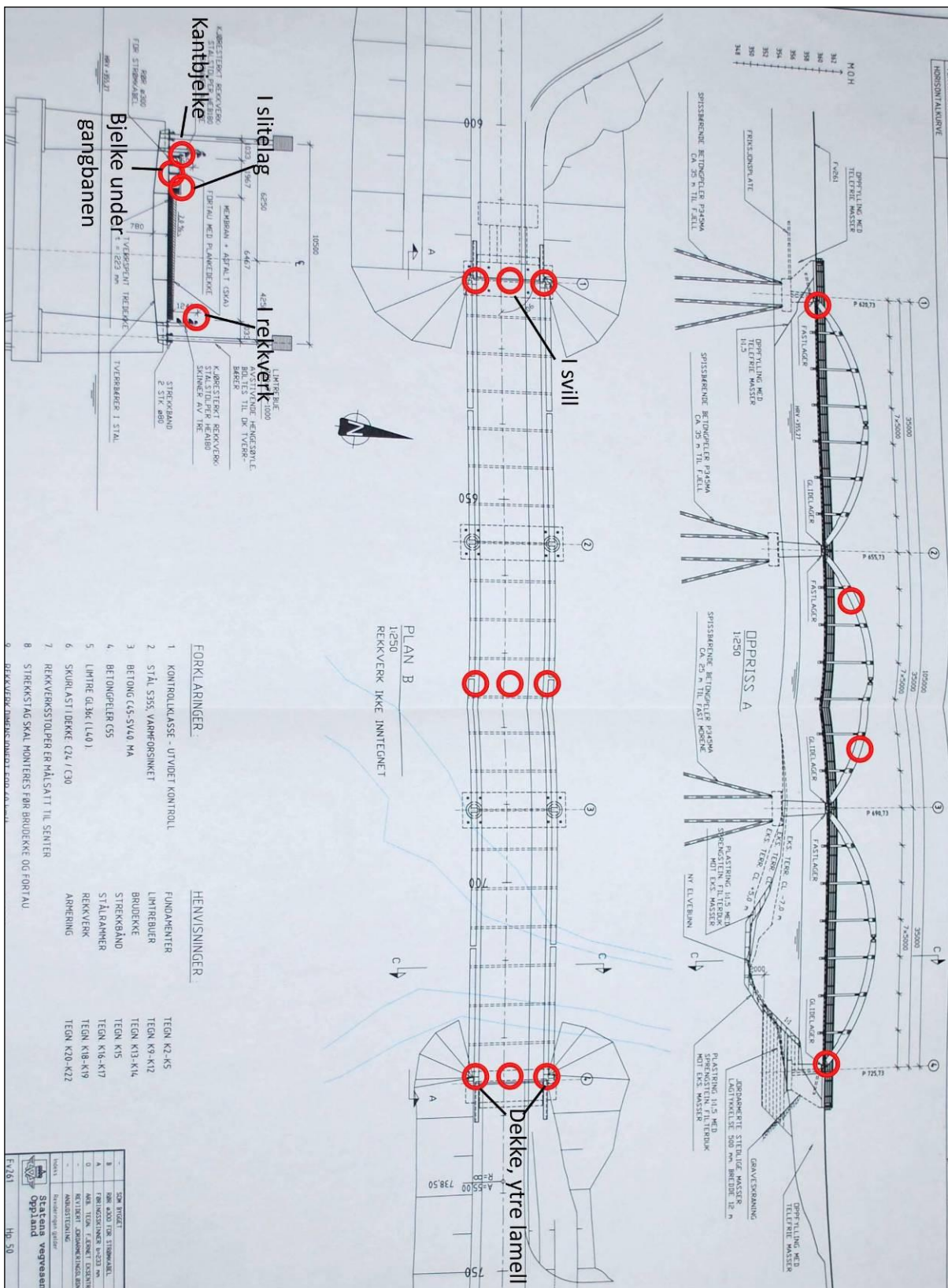
Forslag til utbedringer:

- Fyll huller i rekkverket

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (enkel inspeksjon 24.10.2006 ARNOUL) har sett noe av det samme som oss, men har oversett at det er ganske høy fuktighet enkelte steder.

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	
Bue	V/opplegg øst	1 = nord	17,2	
Bue		1	17,6	
Bue	øst	2	12,6	
Bue	V/opplegg øst	4	20,2	Høy fuktighet
Bue	V/opplegg vest	4	36,5	Høy fuktighet
Bue	vest	2--3	14,4	
Svill	vest	1	24,3	Høy fuktighet
Svill	øst	4	20	Høy fuktighet
Svill	vest	4	27,4	Høy fuktighet
Dekke	V/opplegg ytre lam, øst	1	15,4	
Dekke	V/opplegg midt under	1	18,5	
Dekke	V/opplegg ytre lam, vest	1	23,5	Høy fuktighet
Dekke	V/opplegg ytre lam, øst	4	17,9	
Dekke	V/opplegg midt under	4	16,7	
Dekke	V/opplegg ytre lam, vest	4	23,3	Høy fuktighet
Dekke	Midt på bro ytre lam, øst	2--3	17,4	
Dekke	Midt på bro midt under	2--3	13,6	
Dekke	Midt på bro ytre lam, vest	2--3	13,6	
Bjelke	Under gangbane	1	14	
Bjelke	Under gangbane	4	20,8	Høy fuktighet
Bjelke	Under gangbane	2--3	13	
Rekkverk	øst	1	31,2	Høy fuktighet
Rekkverk	øst	2	23,1	Høy fuktighet
Rekkverk	øst	3	28,9	Høy fuktighet
Slitelag	Gangbane	2	23,5	Høy fuktighet
Kantbjelke	vest	4	25	Høy fuktighet



6 – 811 – HERSTRØM

Fylke: Buskerud
Bruksområde: G/S-bro
Byggeår 1970
Type: Buebro
Ant. Spenn: 1
Lenge (m): 53,6



Generelt:

Buebro, overliggende brodekke, kob.i toppen, d.buer, massivt tv.snitt. G/S-bro
Limtre, 1 sett søyler. CCA imp.
Diagonallagt dekke under slitelag.

Tilstand:

- Trevirket er generelt fuktig, med svertesopp og algevekst.
- Rekkverket er skjevt, og hull til innfesting av stolper samler vann.
- Søndre landkar er avskallet slik at armering ligger oppe i dagen og er kraftig korrodert.
- Slitelag har meget synlig sporslitasje etter sykkel, og trapp i dekket samler mye smuss. I tillegg mangler en del trinn, og mange er utslitt.
- Overgang vindfagverk/bue gjør at det samles vann i buen. Fagverket er generelt rustent.
- Gjengrodd

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Generelt:

- Overgrodd, gir fuktigere overflater.
- Prosjektering kunne vært bedre ved løsning av rekkverk, og overgang vindfagverk/bue.

Hovedbjelker:

- Fuktig, pga gjengrodd.

Dekke, slitelag:

- trapp og ”hønsstige” gjør at syklistene kun kan sykle ett sted, noe som sliter veldig. Trappa samler mye smuss under seg.

Rekkverk:

- Det er boret hull til stolper rett gjennom hovedbuene, slik at det blir stående vann i hullene hele tiden

Forslag til utbedringer:

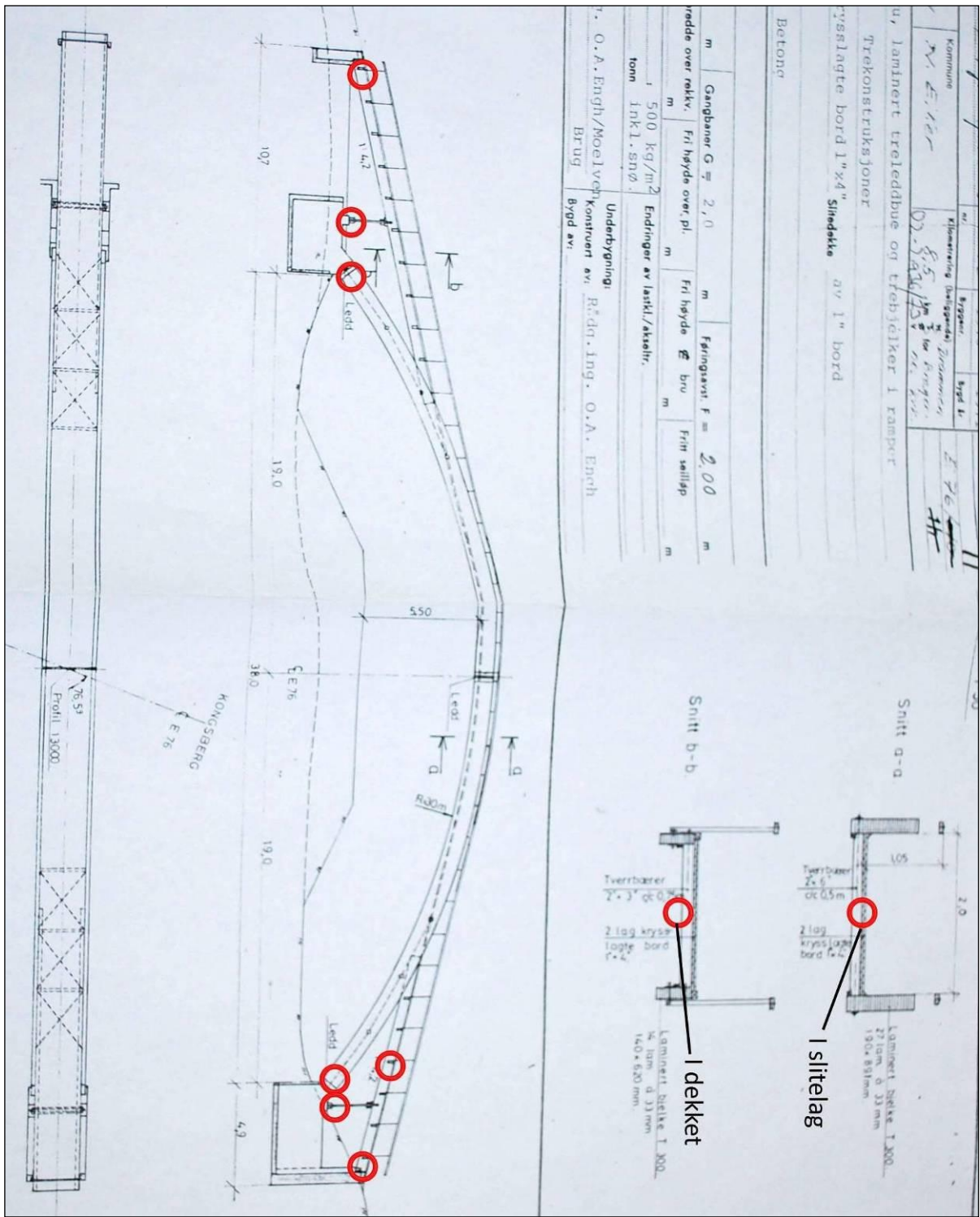
- Opprydning
- Generelle reparasjoner
- Broa er generelt i så dårlig stand at det anbefales å tenke nytt...

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (enkel inspeksjon 86.2006 av INSOLB) nevner det samme som vi har sett, og har gitt frist for vedlikehold i løpet av 2008. Dette er så vidt vi kan se ikke bli gjort, annet enn at knutepunkt mellom akse 3-4 er blitt ”frisket opp”.

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %		Kommentar
Bue	V/opplegg	Nord	55,60	Høy fuktighet	I jordkontakt
Bue	V/opplegg	Nord	27,50	Høy fuktighet	
Bue		Sør	20,00	Høy fuktighet	
Bjelke	V/opplegg, sørøst	Sør	36,10	Høy fuktighet	I jordkontakt
Bjelke	V/opplegg, sørvest	Sør	29,20	Høy fuktighet	
Bjelke	Sørvest, 5 m fra opplegg		22,30	Høy fuktighet	
Bjelke	V/opplegg, nordvest	Nord	35,80	Høy fuktighet	
Bjelke	V/opplegg, nordøst	Nord	32,60	Høy fuktighet	
Pilar	Nordvest		22,00	Høy fuktighet	
Pilar	Nordøst		21,40	Høy fuktighet	
Pilar	Sørvest		21,90	Høy fuktighet	
Dekke	Undersiden	Nord	24,70	Høy fuktighet	
Slitelag			48,3	Høy fuktighet	

,



6 – 844 – VINNES

Fylke: Buskerud

Bruksområde: G/S-bro

Byggeår 1970

Type: Buebro

Ant. Spenn: 1

Lenge (m): 50,75



Generelt:

Buebro, overliggende brodekke, kob.i toppen, d.buer, massivt tv.snitt. G/S-bro

Limtre, 1 sett søyler. CCA imp.

Diagonallagt dekke under slitelag.

Tilstand:

- Trevirket er generelt fuktig, med svertesopp og algevekst.
- Rekkverket er skjevt, og hull til innfesting av stolper samler vann.
- Søndre landkar er avskallet slik at armering ligger oppe i dagen og er kraftig korrodert.
- Slitelag har meget synlig sporslitasje etter sykkel, og trapp i dekket samler mye smuss. I tillegg mangler en del trinn, og mange er utslitt.
- Overgang vindfagverk/bue gjør at det samles vann i buen. Fagverket er generelt rustent.
- Gjengrodd

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Generelt:

- Overgrodd, gir fuktigere overflater.
- Prosjektering kunne vært bedre ved løsning av rekkverk, og overgang vindfagverk/bue.

Hovedbjelker:

- Fuktig, pga gjengrodd.

Dekke, slitelag:

- trapp og ”hønsstige” gjør at syklistene kun kan sykle ett sted, noe som sliter veldig. Trappa samler mye smuss under seg.

Rekkverk:

- Det er boret hull til stolper rett gjennom hovedbuene, slik at det blir stående vann i hullene hele tiden

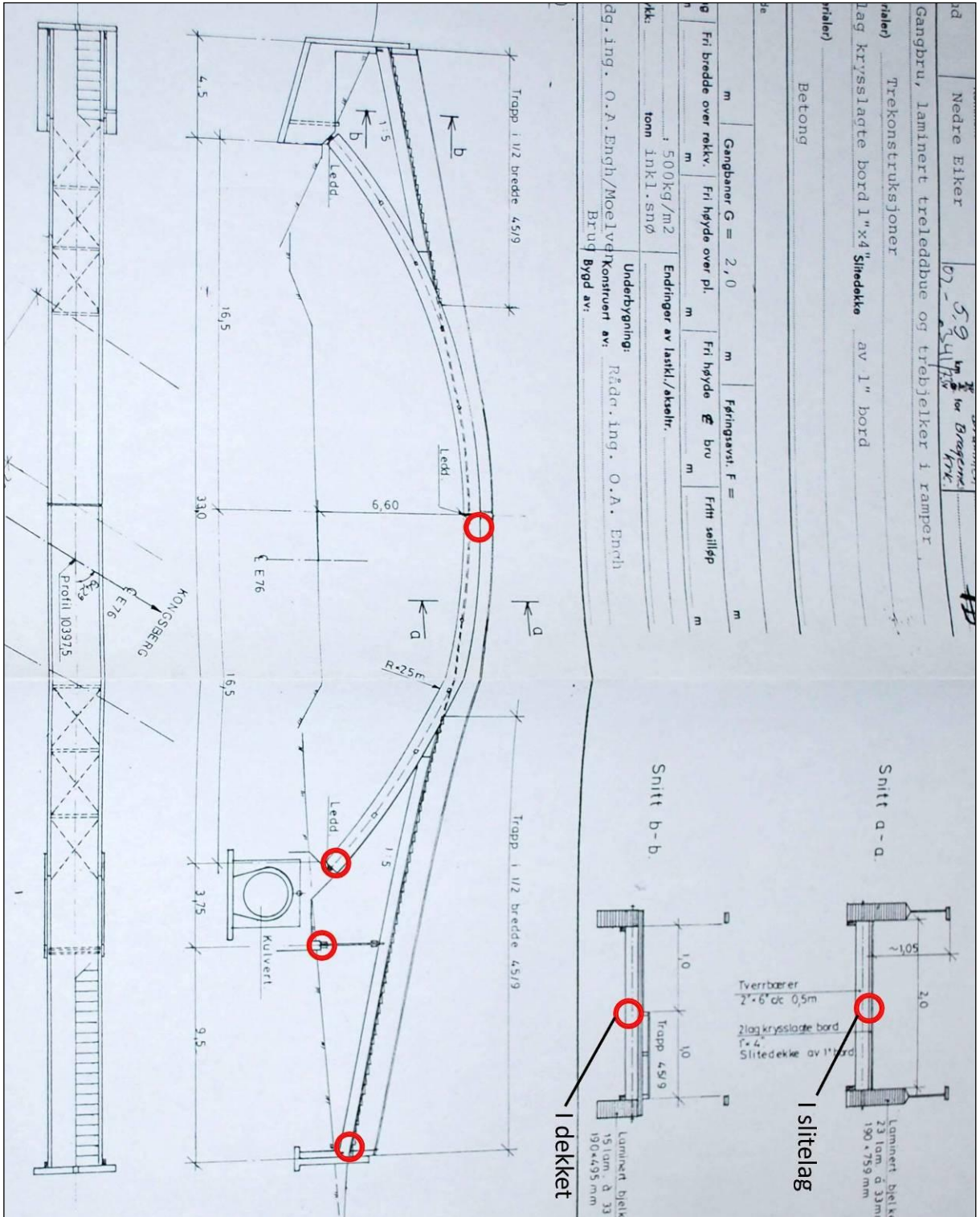
Forslag til utbedringer:

- Opprydning
- Generelle reparasjoner
- Broa er generelt i så dårlig stand at det anbefales å tenke nytt...

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (enkel inspeksjon 8.6.2006 av INSOLB) nevner det samme som vi har sett, og har gitt frist for vedlikehold i løpet av 2008. Dette er så vidt vi kan se ikke blitt gjort, annet enn at knutepunkt mellom akse 3-4 er blitt ”frisket opp”.

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	
Bue	Midt på bru		29,40	Høy fuktighet
Bue	Ved opplegg	Nord	52,50	Høy fuktighet
Dekke ref			50,40	Høy fuktighet
Bjelke	Ved opplegg	Nord	45,00	Høy fuktighet
Pilar			20,80	Høy fuktighet
Slitelag			45,20	Høy fuktighet



6 – 1693 - DALERÅSEN

Fylke: Buskerud
Bruksområde: Vegbro
Byggeår: 2003
Type: Buebro
Ant. Spenn: 4
Lenge (m): 69,0

Generelt:

Buebru med to spenn, mellomliggende brudekke. Kreosotimpregnert.
3 par pilarer, kemper-ledd.
Tverrspent dekke, som hviler på tverrbærere i stål. Slitelag av tre.

Tilstand:

- Slitelaget er veldig fuktig i ”bunn av bakken”, litt fukt i kantdrager, ellers bra.
- Graffiti på søndre landkar.
- Noe delaminering i buer, og småskader i ender av buene (trolig fra montering). Stedvis slitt overflatebehandling på buer. Stedvis mye kreosot, men beslag hindrer kreosot å renne på buens fundament.
- Rekkverk har slitt overflatebehandling.
- Knusing i dekket i søndre akse (14)

Årsaker til evt. dårlig tilstand:*Generelt:*

- Bra tørt, men litt slitt overflatebehandling kan gi ”falskt” inntrykk av tørt

Hovedbuer:

- Noe delaminering og slitt overflatebehandling.

Dekke, slitelag og kantbjelke:

- noe fukt i enden av ”bakken”, da det er en bakke...
- noe ”knusing” av søndre ende, uvisst om det er pga fukt eller ved montering, men trolig er det monteringen som har gjort det. Hadde det vært fukt ville knusingen kommet lenger ut da hele dekket ville forflyttet seg

Rekkverk:

- Noe slitt overflate

Forslag til utbedringer:

- Frisk opp overflatebehandlingen
- Få vannet til å renne helt av brua, og ikke la det samle seg i ”bunn av bakken”

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (hovedinspeksjon 23.7.2008 utført at kraasx/svefos) nevner det samme som vi har nevnt, i tillegg til et vepsebol som nå er fjernet, og har anbefalt forlenging av avløp til sluk som så vidt vi kan se er utført.

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	
Bue	Ved opplegg	13	13,00	
Bue	Ved opplegg	13	11,20	
Bue	Over rekkverk	4	11,80	
Bue	Over rekkverk	7	13,00	
Svill		1	20,00	Høy fuktighet
Dekke	Ved svill, vest	14	17,20	
Dekke	Ved svill, vest ytterste lamell	14	17,10	
Dekke	Ved svill, øst	1	16,20	
Dekke	Ved svill, ytterste lamell	1	30,00	Høy fuktighet
Dekke, ref	2 m fra	14	14,00	
Dekke, ref	2 m fra	1	13,70	
Søyle, Kemper	Ved opplegg	13	16,30	
Søyle, Kemper	Ved opplegg	2	13,20	
Slitelag	Bunnen av bakken	14	44,3	Høy fuktighet
Slitelag	Midt på bru	7	23,40	Høy fuktighet
Slitelag	Topp av bakken	1	41,30	Høy fuktighet
Rekkverk		7	21,10	Høy fuktighet
Kantdrager		1	20,80	Høy fuktighet

6 – 1703 – SOLLIHØGDA

Fylke: Buskerud

Bruksområde: G/S-bro

Byggeår 1999 (merk: gjenbruk)

Type: Buebro

Ant. Spenn: 1

Lenge (m): 60,0

Generelt:

Buebro, saltimpregnert. Slitelag av tre.

Vindfagverk mellom buene i stål.

Tilstand:

- Slitelaget er fuktig ved søndre opplegg. Også en del grus her. En del skader etter brøyting.
- Nordvestre bjelke er vridd i innfestningen.
- Buen er generelt litt fuktig, og det er tendenser til delaminering. Ved nordvestre opplegg mangler en skrue, og mye er korrodert. Finnes en påkjørselsskade i østre bue, men har lite å si for bæreevnen.
- Bjelkene er også noe fuktige, noe svertesopp.
- Ved innfesting av vindfagverk ved sør er en skrue meget skjev, og boltene er generelt korte.
- Nordre ende har erodert slik at asfalten på gangstien er hullet i kantene.
- Dårlig drenering av lageravsats (heller faktisk innover) og det står vann her.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Broa har vært i bruk før den kom til Sollihøgda i 1998. Den er altså eldre enn hva som står på papiret.

Generelt:

- Fuktig, litt uvisst hvorfor men kan ha noe med impregneringstypen å gjøre.

Hovedbuer:

- Noe delaminering og slitt overflatebehandling.

Bjelker:

- den nordvestre har vridd seg i innfestingen, litt usikker hvorfor

Dekke, slitelag og kantbjelke:

- noe fukt i søndre ende av slitelag, da overgang mellom dekke og asfalt er dårlig og gjør at vann samler seg på enden av tredekket

Vindfagverk:

- generelt korte bolter i innfesting

Rekkverk:

- Noe slitt overflate

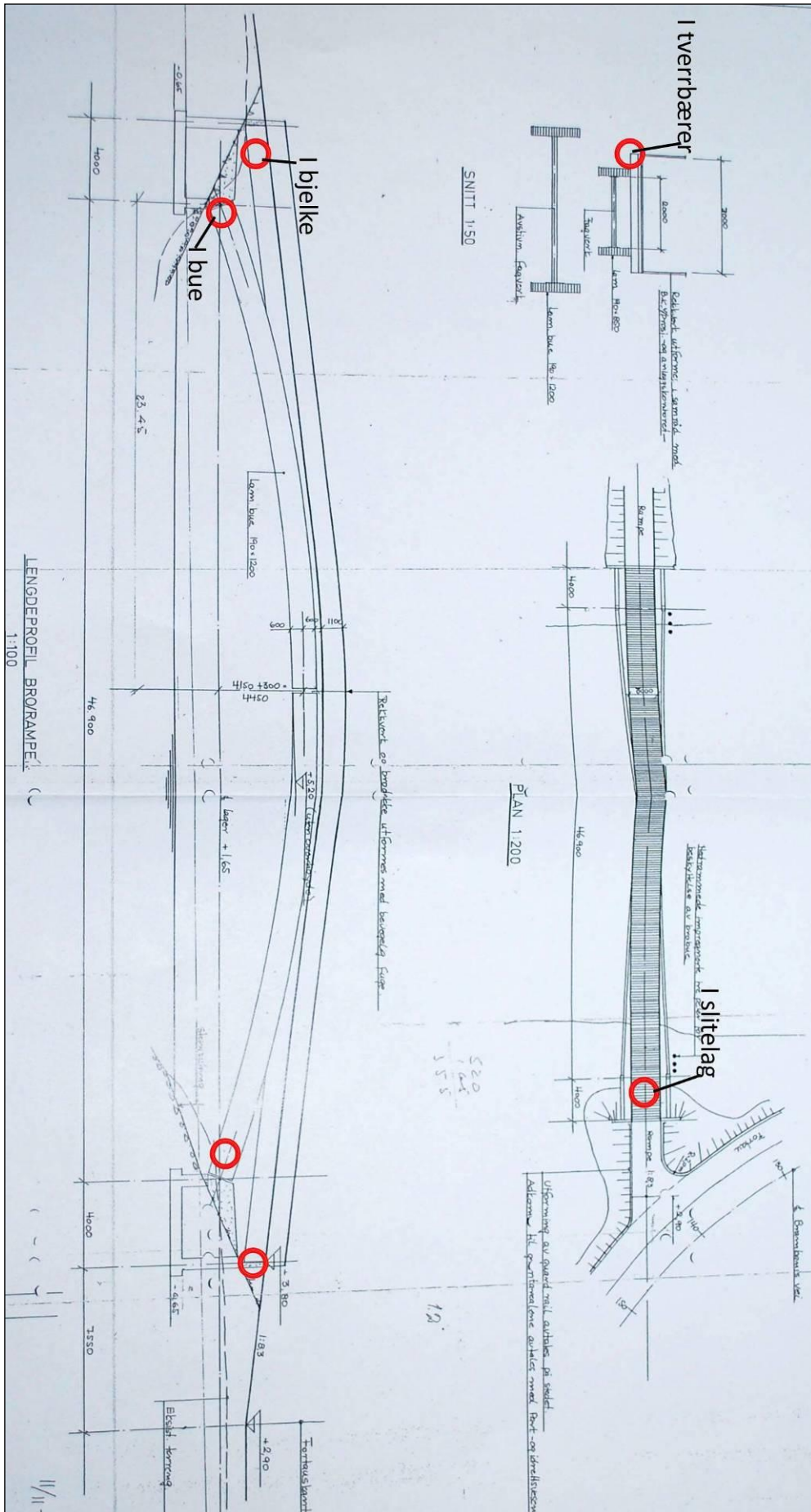
Forslag til utbedringer:

- fyll opp nordre landkar og legg ny asfalt
- bytt til lengre bolter og vær sikker på at mutterne festes ordentlig
- fiks ordentlig drenering av landkar

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (hovedinspeksjon 16.11.2005 utført av Rambøll Norge AS/mfd) nevner mye av det samme som oss, men har oversett at nordvestre bjelke har vridd seg i innfestingen. De har heller ikke sett at en bolt mangler i opplegg for buen, boltene ved innfesting av vindfagverk i sør er skjev, og at boltene generelt er korte.

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %		Kommentar
Bjelke	V/opplegg, nederst i bjelke	Sør	48,00	Høy fuktighet	Mye svertesopp
Bjelke	4 m fra opplegg, østre bjelke	Sør	39,40	Høy fuktighet	
Bjelke	8 m fra opplegg, vestre bjelke	Sør	20,9	Høy fuktighet	
Bjelke	V/opplegg, nederst i bjelke	Nord	25,40	Høy fuktighet	
Bue	V/opplegg, vestre bue	Sør	27,70	Høy fuktighet	
Bue	3 m fra opplegg, østre bue	Sør	33,00	Høy fuktighet	
Bue	Topp av bue		27,70	Høy fuktighet	
Bue	V/opplegg, vestre bue	Nord	25,90	Høy fuktighet	
Dekke	V/landkar	Sør	30,40	Høy fuktighet	
Dekke	10 cm fra landkar	Sør	29,00	Høy fuktighet	
Dekke	V/landkar	Nord	19,00		
Tverrbærer	2 m fra landkar	Sør	19,00		



6 – 1746 – KOFSTAD

Fylke: Buskerud
Bruksområde: Vegbro
Byggeår 2003
Type: Buebro
Ant. Spenn: 3
Lenge (m): 39,4



Generelt:

Buebru. Kreosotimpregnert.
Slitelag av asfalt.

Tilstand:

- Noe fuktig i ytre lameller, og i søndre svill som stikker ut.
- Rekkverket har slitt overflatebehandling, er litt fuktig, og spesielt i nedre bjelke. Noe brøyteskader i rekkverk.
- Irring ved nordre fundament
- Knusing av dekket i søndre ende.
- Tverrbærere er noe misfarget av kreosot.
- Landkar samler fukt.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Generelt:

- Noe fuktig, spesielt ved ytre lameller.

Bue:

- OK

Dekke, slitelag og kantbjelke:

- Dekket er ok
- Kantbjelken er noe brøyteskadet, og fuktig

Rekkverk:

- Noe brøyteskader
- Sliten overflatebehandling

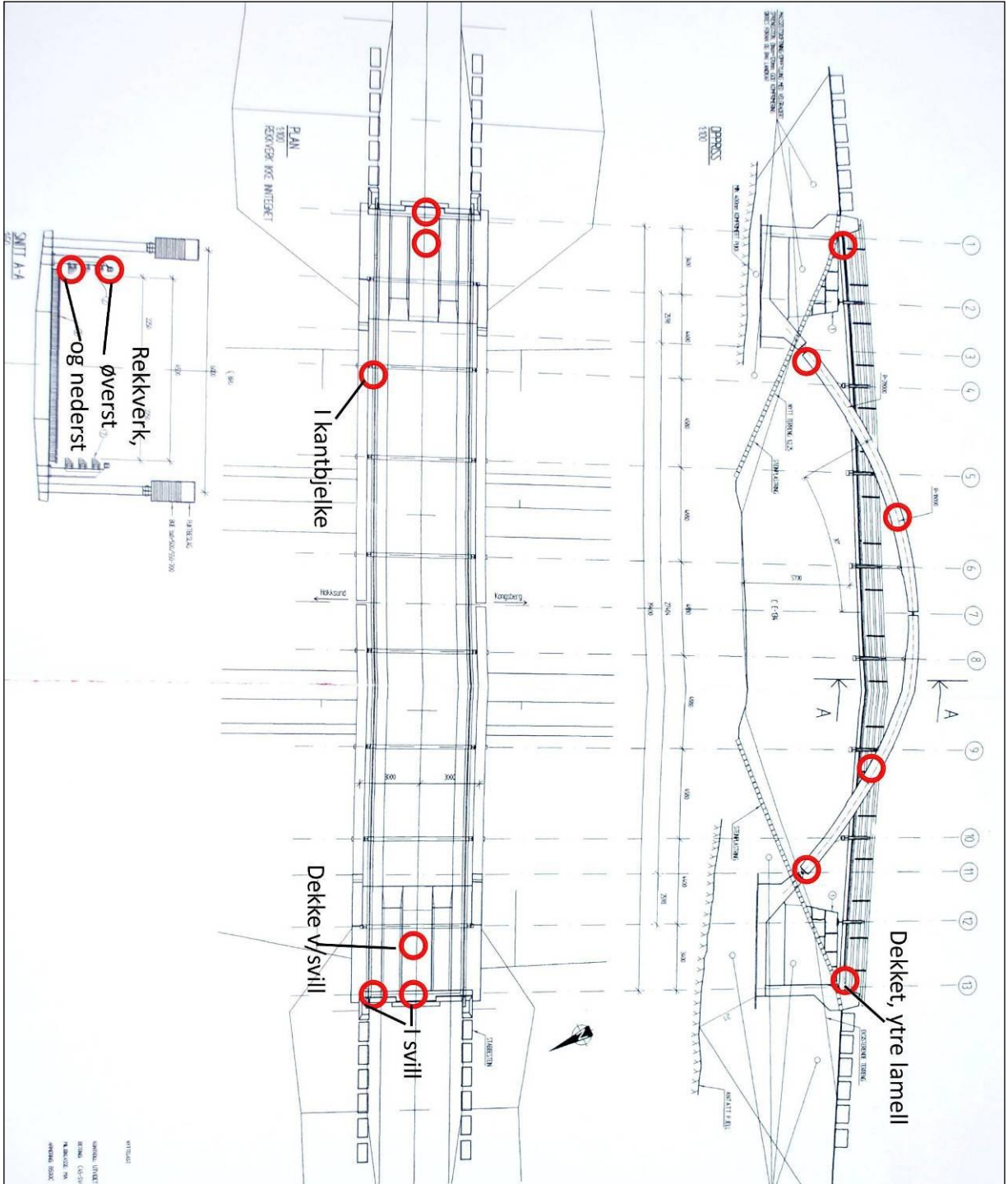
Forslag til utbedringer:

- Trekk inn svill under dekket, slik at den ikke stikker ut
- Ny overflatebehandling av rekkverk

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (hovedinspeksjon 17.7.2009 utført av ANNARE) nevner også at rekkverket trenger behandling, ellers har de ikke lagt merke til noe.

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	Kommentar
Bue/fagverk	nordre	5, 6	12,5	
Bue/fagverk	søndre	10	14,3	
Dekke	ytterste lamell, nord	vest 13	16,8	
Dekke	ytterste lamell, sør	13	29	Høy fuktighet
Dekke	ytterste lamell, sør	1	13,4	
Dekke	ytterste lamell, nord	1	16,8	
V/fund	søndre bue	11	15,5	
V/fund	nordre bue	2	16	
V/fund	søndre bue	2	14,5	
Svill		13	14,8	
Svill	i side	1	27,5	Høy fuktighet Svill stikker ut
Svill	midt under	1	14,7	
Dekke v svill		13	16,4	
Dekke v svill		1	14,7	
Dekke ref	ytterste lamell nord	11, 12	16,3	
Rekkverk	nederste bjelke	1	44	Høy fuktighet
Rekkverk	øverste bjelke	2	22,5	Høy fuktighet
Kantbjelke	søndre	10	23,1	Høy fuktighet



1 – 929 – DAMHOLT

Fylke: Østfold
Bruksområde: G/S-bro
Byggeår 2002
Type: Fagverksbro
Ant. Spenn: 3
Lenge (m): 50,0



Generelt:

Platebro, tverrspent, kreosot, 2 par søyler.

Tilstand:

- Noe delaminering.
- Platen er fuktig i ytre lameller
- Glippe i skjøt i plate
- Noe begrodd

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Forslag til utbedringer:

- Opprydning; hugging av kratt og små trær.

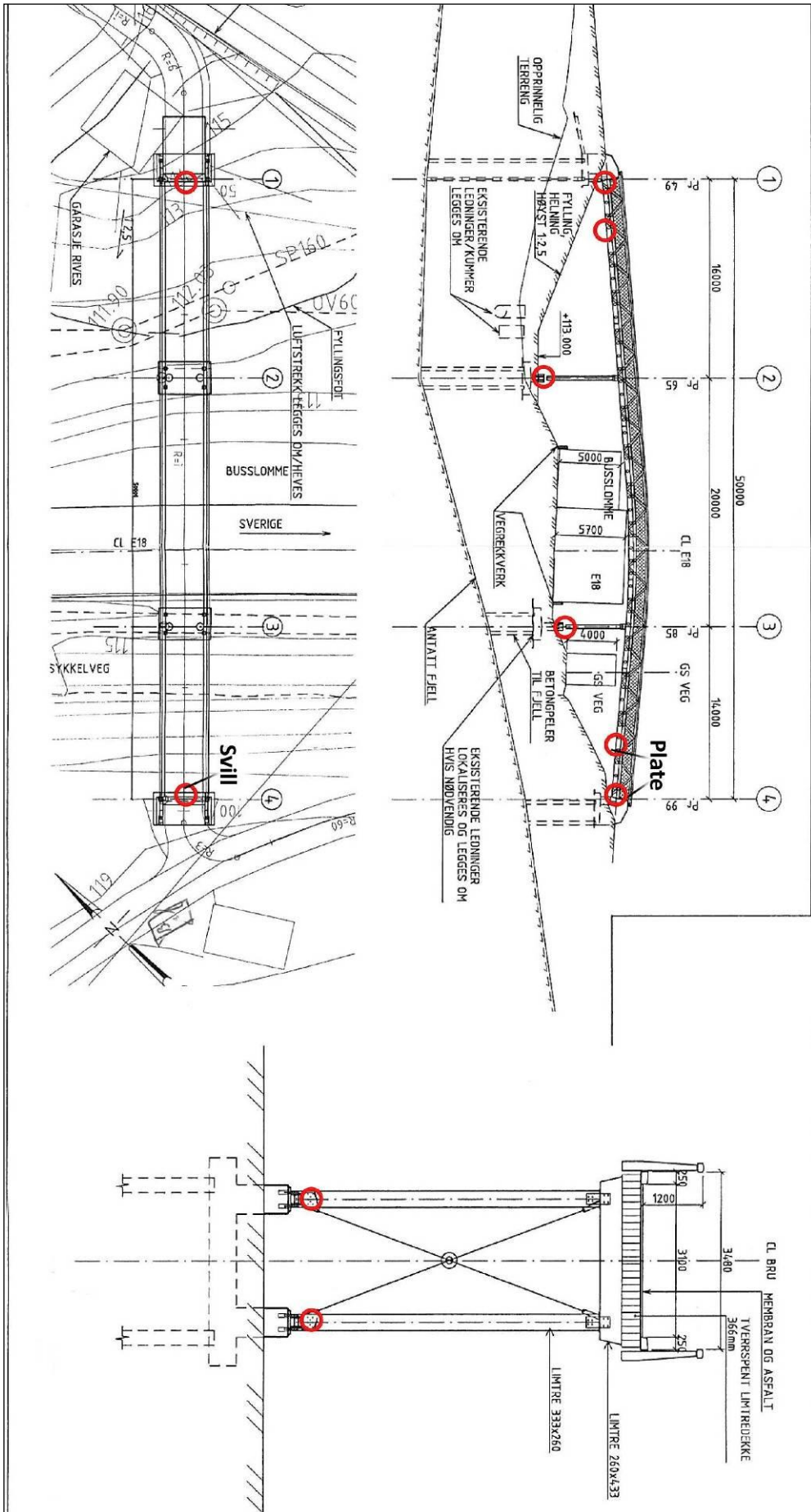
Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Fant ingen rapport fra forrige inspeksjon.

Vedlegg 1

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	
Svill	midt på	1	15,2	
Svill	midt på	4	16,9	
Plate v/svill	midt på	1	15,2	
Plate v/svill	ytterste lamell, øst	1	25,8	Høy fuktighet
Plate v/svill	ytterste lamell, vest	1	16,2	
Plate v/svill	ytterste lamell, øst	4	20,2	Høy fuktighet
Plate v/svill	midt på	4	15,3	
Plate v/svill	ytterste lamell, vest	4	22,7	Høy fuktighet
Plate ref	1,5 m fra	1	15	
Plate ref	1,5 m fra	4	15	
Pilar	v/fund	2	15,3	
Pilar	v/fund	2	13	
Pilar	v/fund øst	3	13,4	
Pilar	v/fund vest	3	15,5	
Kantdrager		4	21,1	Høy fuktighet
Rekkverk	midt på	2 3	21,1	Høy fuktighet

Vedlegg 1



4 – 1617 – GRYLLA

Fylke: Hedmark

Bruksområde: Vegbro

Byggeår 199

Type: Platebro (ribbeplate)

Ant. Spenn: 1

Lenge (m): 10,0



Generelt:

Ribbeplatebro, kreosot.

Asfaltslitelag.

Tilstand:

- Både ribber og plate har høy fuktighet.
- Spennstengene har blitt spent opp med for stor kraft, knusningskader på ytre lamell i plate.
- Hull i asfalt helt ned til plate, svært høy fuktighet.
- Kantbjelke er fuktig.
- Rekkverk er fuktig.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

- For stor kraft i spennstenger.
- Uheldig utforming inn mot landkar gir stor fuktbelastning på plate. (Se bilde: "Fukt på kant av slitelag 2")
- Kantbjelken samler smuss og fukt på begge sider.

Forslag til utbedringer:

- Utbedre hull i asfalt og membran.
- Fjerne smuss.

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 26.6.2008 av Aas-Jacobsen) nevner ingenting om fuktighet i bærende konstruksjon.

Rapport fra forrige inspeksjon stemmer ellers godt overrens med skader og mangler som ble registrert ved denne inspeksjonen.

Vedlegg 1

Konstr. del	Lokalisering		Akse	Trefukt. %	
Ribber	V/opplegg	ytre, øst	2	13,00	
Ribber	V/opplegg	indre	2	16,70	
Ribber	V/opplegg	ytre, vest	2	52,00	Høy fuktighet
Ribber	V/opplegg	ytre, øst	1	28,90	Høy fuktighet
Plate	V/landkar	ytre lam, øst	2		
Plate	V/landkar	midt under	2	18,90	
Plate	V/landkar	ytre lam, øst	1	49,2	Høy fuktighet
Plate	V/landkar	ytre lam, vest	2	42,60	Høy fuktighet
Rekkverk				23,80	Høy fuktighet
Slitelag, Tre	I hull i asfalt		2	49,60	Høy fuktighet
Kantbjelke		øst	1	33,60	Høy fuktighet

4 – 1628 – NESÅ

Fylke: Hedmark
Bruksområde: Vegbro
Byggeår 2000
Type: Platebro
Ant. Spenn: 1
Lenge (m): 6,73



Generelt:

Platebro, tverrspent. Kreosot.
Asfaltslitelag.

Tilstand:

- Høy fuktighet i plate.
- Fotplater har skadet ytterste lamell pga for stor kraft i spennstang.
- Brøyteskader på rekkverk.
- Kreosot(?) og bitumen(?) har trengt opp gjennom asfalt.
- Erosjon ved landkar.
- Sprekk og sprang ved overgang betong / tre.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Forslag til utbedringer:

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 6.6.2008 av Vegvesenet) har ikke foretatt fuktmålinger.

Rapport fra forrige inspeksjon stemmer ellers godt overrens med skader og mangler som ble registrert ved denne inspeksjonen.

Vedlegg 1

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %
Plate	Ytre lam øst	nord	15,8
Plate	Ytre lam øst	sør	22,3 Høy fuktighet
Plate	Ytre lam vest	nord	27,4 Høy fuktighet
Plate	Ytre lam vest	sør	18

2 – 1517 – MÅNA

Fylke: Akershus
Bruksområde: G/S-bro
Byggeår 2000
Type: Sprengverksbro
Ant. Spenn: 8
Lenge (m): 24,1



Generelt:

King post (sprengverk / hengverk), med tverrspent dekke, kreosot.
Fuktighet i dekket ble ikke målt pga vanskelig tilkomst.

Tilstand:

- Begrodd ved landkar.
- Slitelag er fuktig. Høydeforskjell mellom slitelag og landkar.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

- Manglende opprydning.

Forslag til utbedringer:

- Rydde vegetasjon.

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (utført 3.8.2004 av Safe Control AS) ser ut til å være ok. Enkelte feil og mangler som ble bemerket i 2004 har enten blitt rettet opp, eller blitt oversett ved denne inspeksjonen.

Vedlegg 1

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	Kommentar
Spreng (/heng)	Ved rekkverk, midt på bru		14,9	
Spreng (/heng)	Ved rekkverk, midt på bru		16,3	
V. fund.	Østre trykkstav	1	14,6	
V. fund.	Vestre trykkstav	1	14,6	
Svill				Kom ikke til
Dekke v/svill				Kom ikke til
Dekke ref				Kom ikke til
Slitelag		1	39,3	Høy fuktighet
Slitelag		9	37	Høy fuktighet
Kantbjelke		1	16,9	

6 – 1709 – BJØRNLI

Fylke: Buskerud
Bruksområde: Vegbro
Byggeår 2000
Type: Sprengverksbro
Ant. Spenn: 1
Lenge (m): 25,0



Generelt:

Sprengverksbro. Kreosotimpregnert. Tverrspent dekke.
Slitelag av tre.

Tilstand:

- Broen er i generelt god stand, men dekket er ganske fuktig rett under slitelaget. Dette merkes spesielt når tyngre kjøretøy kjører over ”regner” det vann ned på undersiden. I tillegg ligger det mye grus på dekket.
- Boltene i kantbjelken er nedfelt i bjelken, og lager ugunstige huller.
- Sprengverksbjelkene er tørre, men veldig tilsølt av kreosot.
- Rekkverket er noe misfarget, og tilsølt av kreosot.

Årsaker til evt. dårlig tilstand

Sprengverk:

- Veldig kreosotsølete

Dekke, slitelag og kantbjelke:

- Dekket er fuktig rett under slitelaget, da det ikke er noen membran mellom slitelag og dekke.
- Pga nedfelte bolter i kantbjelken blir det huller hvor det samler seg smuss og vann, som gjør bjelken fuktigere enn nødvendig
- Mye grus på dekket, antageligvis fordi veien over ikke er asfalterte

Tverrbærere:

- Noe misfarging fra kreosot

Rekkverk:

- noe misfarging fra vær og vind
- tilsølt av kreosot

Forslag til utbedringer:

- rekkverk og sprengverksbjelker burde rengjøres
- kantbjelken burde byttes ut, og ikke festes med nedfelte bolter neste gang
- slitelaget burde byttes ut, og en membran burde legges mellom dekke og slitelag slik at dekket ikke blir så fuktig

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (hovedinspeksjon 03.10.2007 utført av Rambøll Norge AS/SML) nevner mye av det samme som oss ang manglende rengjøring. I tillegg har de anbefalt asfaltering av broa innen 2017, noe som antageligvis vil stoppe fuktproblemet i dekket. De har oversett at boltene i kantbjelken er nedfelte og samler vann.

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	
Sprengverk	V/opplegg søndre trykkstav	Vest	14,6	
Sprengverk	V/opplegg nordre trykkstav	Vest	13,6	
Sprengverk	V/opplegg, nordre trykkstav	Øst	12,8	
Sprengverk	V/opplegg, søndre trykkstav	Øst	15,3	
Sprengverk	Midt på trykkstav		12,9	
Dekke	V/svill	Vest	14,3	
Dekke	V/svill	Vest	15,7	
Dekke	Midt på bru, overkant av dekket.		40	Høy fuktighet
Dekke	Ytterste lamell, sør.	Vest	18,8	
Dekke	Ytterste lamell, nord	Øst	15,3	
Slitelag		Øst	38	Høy fuktighet
Slitelag	I "grop"	Øst	40,3	Høy fuktighet
Slitelag	Midt på bro		45	Høy fuktighet
Kantbjelke		Øst	20,4	Høy fuktighet

6 – 1710 – BESTON

Fylke: Buskerud
Bruksområde: Vegbro
Byggeår: 2000
Type: Sprengverksbro
Ant. Spenn: 1
Lenge (m): 24,0



Generelt:

Sprengverksbro. Kreosotimpregnert. Tverrspent dekke.
Slitelag av tre.

Tilstand:

- Slitelaget samler fukt i dam på østre ende. Dette gjør at det er veldig fuktig her, men slitelaget er generelt fuktig. Også kantbjelken har høy fuktighet, og de ytre lamellene i dekket.
- Metalldele i rekkverket begynner å bli misfarget.
- Glippe mellom landkar og betong, antagelig pga dårlig utføring.

Årsaker til evt. dårlig tilstand:

Generelt:

- Fuktig

Sprengverk:

- OK

Dekke, slitelag og kantbjelke:

- Mye fukt (dannelse av dam) på østre ende samler mye fukt. Pga dette har bordene vridd seg
- Kantbjelke har hull til bolter som samler vann, og blir stående slik over tid
- Lamellene er fuktig fordi det er støpt inntil dem, og de ikke får ”pustet”

Rekkverk:

- Begynnende korrosjon på metalleden

Forslag til utbedringer:

- Bytt ut kantbjelken til en der boltene ikke lager hull som samler vann

Revisjon av tidligere inspeksjoner:

Rapport fra forrige inspeksjon (hovedinspeksjon 03.10.2007 utført av Rambøll Norge AS/SML) nevner mye av det samme som oss, men mener at noen planker i slitelaget er deformerte pga sporslitasje. Dette er vi ikke enige i, og mener det er pga fukt i dekket at plankene har vridd seg.

Konstr. del	Lokalisering	Akse	Trefukt. %	
Spr. / heng-verk	V/opplegg nord	Øst	14,8	
Spr. / heng-verk	V/opplegg sør	Øst	15,7	
Spr. / heng-verk	Midt på trykkstav		13,9	
Spr. / heng-verk	V/opplegg	Vest	12,2	
Spr. / heng-verk	V/opplegg	Vest	14,2	
Dekke	Ytterste lamell, nordøst		23,7	Høy fuktighet
Dekke	Ved svill		22,7	Høy fuktighet
Slitelag		Øst	33	Høy fuktighet
Slitelag	4 m fra landkar	Øst	28,7	Høy fuktighet
Slitelag	4 m fra landkar	Øst	39,3	Høy fuktighet
Slitelag		Vest	27,6	Høy fuktighet
Kantbjelke		Øst	25,3	Høy fuktighet

