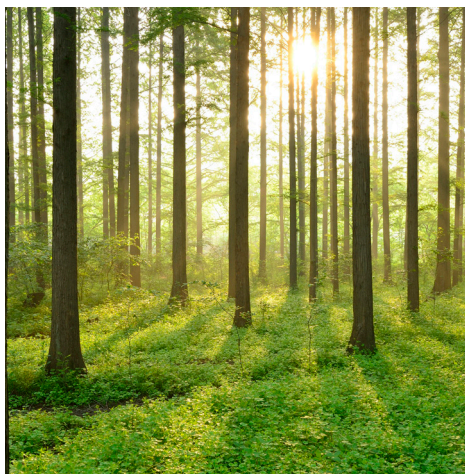


ANALYS AV KRAFTLEDNINGSSSTOLPAR MED "MJUKA FLÄCKAR"

RAPPORT 2015:153



ELNÄT, VIND OCH SOLEL



Analys av kraftledningsstolpar med ”mjuka fläckar”

CARL-JOHAN JOHANSSON

ISBN 978-91-7673-153-6 | © 2015 ENERGIFORSK

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Rapporten 15:153 är ett projektresultat av det samlade ramprogrammet för Underhåll, Diagnostik och Reinvesteringsstrategi som startades under 2010.

Målsättning med ramprogrammet är att:

- *identifiera utvecklingsinsatser för det strategiska reinvesterings- och underhållsarbetet som kan leda till förbättrad nätekonomi, samt att medverka till att dessa genomförs*
- *öka kunskapen om nya möjligheter med diagnostiska metoder för underhåll av elnät*
- *skapa möjligheter till att förbättra underhållets styrning och planering*
- *sprida kunskap med syfte att höja kompetensnivån inom området*
- *vara en brygga mellan högskoleforskningens resultat och branschens möjliga applikationer*

Prioriteringar inom programmet har gjort att måluppfyllelsen är mycket god vad beträffar kortsiktiga och handgripliga projekt, men svagare vad beträffar långsiktiga frågor och managementfrågor. Reinvesteringsstrategier liksom reservdelshållning saknas i projektportföljen.

De finansierande företagen i ramprogrammet är följande:

Svenska Kraftnät	Jönköping Energi Nät AB
Vattenfall Eldistribution AB	Gävle Energi AB
E.ON Elnät Sverige AB	Eskilstuna Energi & Miljö AB
Fortum Distribution	Sundsvall Elnät AB
ABB AB	Borås Elnät AB
Göteborgs Energi AB	Växjö Energi Elnät AB
Skellefteå Kraft Elnät AB	Borlänge Energi AB
Jämtkraft Elnät AB	Pite Energi AB
Umeå Energi Elnät AB	Mälarenergi Elnät AB

Ramprogrammets styrgrupp består för närvarande av följande personer:

- Hans-Erik Carlsson E.ON Elnät Sverige AB, ordförande
- Rikard Persson Svenska Kraftnät
- David Håkansson Borås Elnät AB
- Mats-Erik Jansson, Jämtkraft Elnät AB
- Torbjörn Jernström Vattenfall Eldistribution AB
- Catarina Naucler, Fortum Distribution
- Ferruccio Vuinovich, Göteborgs Energi Nät AB
- Örjan Kvist, Växjö Energi Elnät AB
- Robert Saers ABB Power Transformers
- Reyna Lind, Sundsvall Elnät AB
- Johan Fält, Mälarenergi Elnät AB
- Sven Jansson Elforsk AB, programansvarig

Sammanfattning

Tio kreosotimpregnerade kraftledningsstolpar, som dömts ut i samband med en besiktning, har undersökts med datortomograf. Vidare har kreosotoljans upptagning och inträngning analyserats.

Syftet har primärt varit att klarlägga vad som orsakar de mjuka fläckar som registrerats i fält i samband med besiktning av stolparna. Av de totalt 10 stolpar som undersökts är det 6 stycken där besiktningspersonalen har uppgivit en förekomst av mjuka fläckar. Av dessa har 3 rötskador och allt tyder på att de är högttemperaturtorkade. De övriga 3 har inga rötskador. En är naturtorkad och 2 bedöms som högttemperaturtorkade. De 4 stolpar där man i samband med besiktningen har uppgivit andra typer av fenomen än mjuka fläckar har rötskador i 3 fall och samtliga dessa förefaller vara högttemperaturtorkade.

Rötskadorna beror på bristfällig impregnering. I något fall är impregneringen mycket bristfällig, med bara någon millimeters inträngning.

Någon klar korrelation mellan det som bedömts som mjuka fläckar och stolpens status när det gäller rötangrepp kan inte påvisas i denna undersökning som heller inte tillfört någon ytterligare kunskap om hur mjuka fläckar ska definieras.

Slutsatsen man kan dra av detta är att begreppet "mjuk fläck" inte är en pålitlig indikation på att stolpen är rötskadad. Det är därför tveksamt om begreppet "mjuk fläck" ska användas i besiktningssammanhang över huvud taget. Det är förmodligen bättre att med hjälp av de redskap och besiktningsinstrument som står till förfogande försöka avgöra på ett mer påtagligt sätt om stolpen är rötskadad eller ej.

Materialet är för litet för att från denna undersökning dra några långtgående slutsatser om högttemperaturtorkningens betydelse för impregneringsresultatet. För att eventuellt kunna göra detta skulle resultaten kunna sammanställas med resultaten från en tidigare utförd undersökning av telestolpar.

Summary

Ten creosote impregnated utility wooden poles, doomed out at an inspection, have been studied by tomography methods. Furthermore, creosote oil absorption and penetration was analyzed.

The aim has been primarily to clarify what causes the soft spots recorded in the field by inspection of the poles. Of the ten poles which were investigated are six poles where the inspection staff has indicated a presence of soft spots. Of these, three have decays and everything indicates that they are high-temperature dried. The other three have no rot. One is natural dried and two poles was estimated to be high-temperature dried. The four wooden poles which in the survey has indicated other types of phenomena than the soft spots are rot in three cases, and all of these seem to be high-temperature dried.

The rot damages are estimated due to poor impregnation. In any case, the impregnation is very insufficient, with only a few millimeter penetration.

No clear correlation between what is assessed as soft spots, and pole status of the rot, cannot be clearly indicated in this study. This study has also not added any further knowledge about how to define the soft spots.

The conclusion drawn from this is that the concept of "soft spot" is not a reliable indication that the post is decayed. It is therefore questionable whether the term "soft spot" should be used in the survey context at all. It's probably better using the tools and survey instruments to decide on a more tangible way if the pole is decayed or not.

The material is too small to be of this study to draw any general conclusions about the importance of high-temperature drying method for the impregnation result. In order to possibly be able to draw general conclusions this report should be compiled with results from a previous parallel study of telecommunications poles.

Innehåll

1	Uppdrag	7
2	Genomförande	8
2.1	Omfattning	8
2.2	Dokumentation av inkommande stolpar samt provuttagning	9
2.3	2.3 Tomografering	9
2.3.1	Utrustning	9
2.3.2	Bildförståelse och tolkning	9
2.3.3	Förväntningar	10
2.4	Analys av stolptvärsnitt på laboratoriet i Borås	10
3	Resultat	12
3.1	Dokumentation av stolparna – allmänna uppgifter	12
3.2	Tomografering av råa stolpsektioner och jämförelse med fotografier från provuttag och analys i laboratorium	12
3.2.1	Introduktion	12
3.2.2	Stolpe nr 2 – impregneringsår 2002	13
3.2.3	Stolpe nr 3 – impregneringsår 2002	14
3.2.4	Stolpe nr 4 – impregneringsår 2001	15
3.2.5	Stolpe nr 5 – impregneringsår 2001	16
3.2.6	Stolpe nr 6 – impregneringsår 2002	17
3.2.7	Stolpe nr 9 – impregneringsår 2001	18
3.2.8	Stolpe nr 10 – impregneringsår 2001	19
3.2.9	Stolpe nr 11 – impregneringsår 2002	20
3.2.10	Stolpe nr 12 – impregneringsår 2001	21
3.2.11	Stolpe nr 13 – impregneringsår 2001	22
3.3	Tomografering av torra stolptvärsnitt	23
3.3.1	Allmänt	23
3.3.2	Stolpe nr 2	24
3.3.3	Stolpe nr 3	25
3.3.4	Stolpe nr 4	26
3.3.5	Stolpe nr 5	27
3.3.6	Stolpe nr 6	28
3.3.7	Stolpe nr 9	29
3.3.8	Stolpe nr 11	30
3.3.9	Stolpe nr 12	31
3.3.10	Stolpe nr 13	32
3.4	Sammanfattning av resultaten	33
4	Kommentarer och slutsatser	34

1 Uppdrag

SP har av Energiforsk AB 2011-02-21 fått i uppdrag att analysera stolpar, som i samband med besiktning i fält har befunnits ha "mjuka fläckar" av olika slag. Mjuka fläckar har enligt uppgift noterats hos såväl tele- som kraftledningsstolpar i allt större utsträckning under senare år. Tidigare undersökningar av telestolpar visar att de mjuka fläckarna kan kopplas till mer eller mindre uttalade rötskador.

En klar definition av vad som menas med en "mjuk fläck" saknas emellertid. En central fråga har därför varit att söka utreda vad företeelsen "mjuka fläckar" innebär.

2 Genomförande

2.1 OMFATTNING

I Energiforsks regi har olika nätägare i samband med ordinarie besiktning av Svensk Linjebesiktning AB identifierat tio kreosotimpregnerade stolpar med mjuka fläckar. Det framgår av Tabell 2.1 att man vid besiktningstillfället har gjort en tämligen vid tolkning av begreppet "mjuk fläck". Fläck associerar ju till ett lokalt område, men här redovisas en helrutten stolpe (nr 2), en med kraftig röta i markbandet (nr 3), en som är mjuk 120 mm runt om (nr 5) och en som är flisig (nr 6), dvs även andra typer av skador än mjuka fläckar finns med bland de undersökta stolparna.

Uppgifter om stolparna redovisas i Tabell 2.1. Stolparna har monterats ner och sänts till SP i Borås. SP saknar närmare kännedom om hur urvalet av stolpar har gått till. Noterbart är att endast hälften av de undersökta stolparna förfaller vara NTR-märkta.

Tabell 2.1 Uppgifter om stolparna från Svensk Linjebesiktning AB.

Nätägare/prov-stolpe nr		Område/marktyp	Stolp-nummer	Märkning	Impår	Bedömning i fält av mjuk fläck/röta
Eon	2	Gussaröd/väg	10088	RvP-L	2002	Helrutten upp till 3 m, vägkorsning
Eon	3	Selånger/väg	-	RvP-L	2000	Kraftig röta i markbandet, mjuk 80 mm, korsningsstolpe
Härnösand	4	Bölen/åker	9375-033	RvP-K	2001	Rötskadad transformator-stolpe vid vägkorsning
Fortum	5	Karlsfors/skog	106	RvP-L	2001	120 mm mjuk runt om, nära vändplan
Vattenfall	6	Brenäs/åker	3	RvP-L, NTR	2002	Flisig, mjuk fläck
Fortum	9	Rämmen/skog	10	RvP-L	2001	Mjuk fläck 15 cm från marken, 30 mm djup
Fortum	10	Lesjöfors/skog	16	RvP, NTR	2001	Mjuka fläckar i markbandet, vit svamp
Fortum	11	Lesjöfors/morän	50	RvP, NTR	2002	Många mjuka fläckar, varav en större än 50 mm
Fortum	12	Lesjöfors/skog	29	RvP, NTR	2001	Enstaka mjuka fläckar, står i flishög
Fortum	13	Rämmen/skog	28	RvP-L, NTR	2001	Mjuk fläck 1 m från marken, 40 mm djup

Vid SP har stolparna hanterats enligt följande:

- Dokumentation med avseende på dimensioner och mjuka fläckar (läge i förhållande till rotände) och synliga rötskador. Även fotodokumentation gjordes.
- Tomografering av stolpsektioner med bedömd förekomst av mjuka fläckar/rötskada
- Mätning av splintvedsdjup samt analys av inträngning och upptagning av kreosot
- Bedömning med avseende på om stolpen varit högttemperaturtorkad före impregnering eller inte. Med högttemperaturtorkning avses här torkning i virkestork i temperaturer över 100°C.

2.2 DOKUMENTATION AV INKOMMANDE STOLPAR SAMT PROVUTTAGNING

Dokumentation av de levererade stolparna gjordes på SP i samverkan med representanter för Svensk Linjebesiktning AB och TeliaSonera Skanova Access AB 2015-02-11. Stolpdimensionerna mättes. Mjuka fläckar och rötskador identifierades, jfr Svensk Linjebesiktningens bedömning i fält enligt Tabell 2.1, och fotograferades. Vid samma tillfälle utsågades ca 2 meter långa sektioner innehållande en eller flera mjuka fläckar eller synliga rötskador. Dessa stolpsektioner sändes sedan till SP i Skellefteå för tomografering i rått tillstånd vid Luleå Teknisk Universitet. Tomograferingen av råa sektioner skedde 2015-03-17. I samband med detta utsågades tre ca 50 mm tjocka tvärsnitt vid de mjuka fläckarna/ rötskadorna. Ett tvärsnitt behölls i Skellefteå för vidare tomografering i torrt tillstånd. De övriga två sändes till SP i Borås för mätning av splintvedsdjup, analys av inträngning och upptagning av kreosot samt bedömning av på vilket sätt stolparna torkats före impregnering.

2.3 2.3 TOMOGRAFERING

2.3.1 Utrustning

Tomograferingen utfördes i en medicinsk tomograf (CT) av märket Siemens av modell Emotion Duo, Bild 2.1. En bild togs på varje centimeter utefter varje sektion om 2 meter.



Bild 2.1 Siemens, Emotion Duo Datortomograf. LTU i Skellefteå

2.3.2 Bildförståelse och tolkning

Tomografens inställningar och kopplingen till gamla tiders röntgenplåtar gör att råbilden som visas på skärm och används i denna rapport är i gråskala där helsvart motsvarar låg densitet, i vårt fall luftens $1,2 \text{ kg/m}^3$. Vitt motsvarar hög densitet, dvs högre än ca 1000 kg/m^3 eller en fuktkvot på 100% eller mer i trämaterial med densitet under 500 kg/m^3 . Kvistar har ofta hög densitet och framträder som vita.

2.3.3 Förväntningar

En torkad och oimpregnerad stock/stolpe bör vara "jämngrå" i en CT-bild och visa ett CT-värde eller densitet på cirka 400-500 kg/m³, som är normal densitet för torrt trä. Impregneringen med hjälp av kreosotolja bör, om den utförts rätt, ge splintveden en någorlunda jämnt fördelad ökning av densiteten motsvarande cirka 100 kg/m³. Denna ökning är lätt urskiljbar i en CT bild, då CT-skannerns upplösning är några kilo per m³. Bildresultat före torkning, efter torkning och efter impregnering blir i princip som visas i Bild 2.2. Bild 2.3 visar hur områden med höga fuktkvoter, kvistar och skador ser ut i en tomografibild.

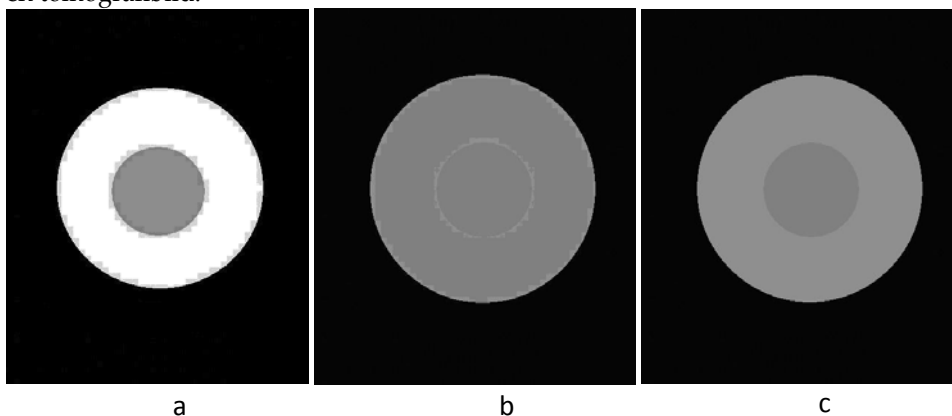


Bild 2.2 Principbilder. a) Idealiserad nysågad stock med hög fuktkvot i splintveden. b) Efter torkning och med jämn fuktkvot i kärna och splint. c) Perfekt impregnerad stolpe med lite förhöjd densitet i splinten relativt kärnan.

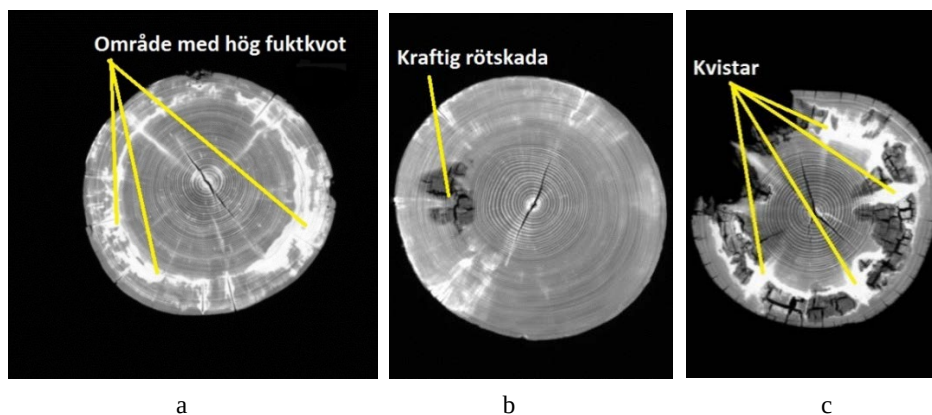


Bild 2.3 Skadeexempel. a) Höga fuktkvoter i splinten närmast kärna (stolpe nr 9). b) Lokal kraftig rötskada och förhöjd densitet p.g.a. fukt vid ytsprickor (stolpe nr 11). c) Kraftiga rötskador, många ytsprickor, kvistar och höga lokala fuktansamlingar (stolpe nr 12).

2.4 ANALYS AV STOLPTVÄRSNITT PÅ LABORATORIET I BORÅS

Tvårsnitten fotograferades, och därefter beströks hela ytan med kärnvedsreagens. När en mer eller mindre tydlig röd- eller orangefärgning av kärnveden kunde noteras, togs en ny bild efter 2-3 minuter. Slutligen mättes splintvedsdjupet och inträngningen på fyra ställen, motsvarande klockan 3, 6, 9 och 12. Mätning av inträngningen var i många fall mycket svårt, eftersom splintveden ofta var mörkfärgad av svampangrepp och inte gick att skilja från kreosoten.

I samband med detta uttogs material från splintdelen av tvärsnitten för analys av kreosotupptagningen. Ett sektorformat prov, "tårtbit", togs ut från periferin in mot gränsen mellan splint och kärnved. På grund av ovan nämnda mörkfärgning, var det i de flesta fall svårt att avgöra var gränsen mellan impregnerad och oimpregnerad splintved gick, varför det uttagna provet inte med säkerhet hade full inträngning av kreosot. Detta är ett avsteg från hur provtagningen normalt går till, då prov endast tas från den fullt impregnerade delen av splintveden. Analysresultatet får därför ses som ett grovt mått på medelupptagningen i hela splintveden. Mängden kreosotolja bestämdes genom extraktionsanalys enligt AWP A6-89 standardmetod 1.

Det kan också framhållas att upptagningen normalt varierar beroende på vilken höjd i stolpen provet tas. För stolpar med fullgod impregnering är upptagningen generellt högre ju närmare markytan prov tas på grund av den omfördelning av kreosotoljan samt avdunstning som sker med tiden.

En bedömning av huruvida stolparna hade naturtorkats eller högttemperaturtorkats gjordes också på basis av kärnvedens färg efter applicering av kärnreagens och sprickmönstret hos tvärsnitten. För naturtorkade stolpar får kärnveden en klarröd färg vid applicering av kärnreagens. Om stolpen är högttemperaturtorkad erhålls erfarenhetsmässigt en färg i olika nyanser av orange, som troligen beror på torktemperatur och stolpens placering i virkestorken. När det gäller sprickmönstret, så utgår förekommande radiella sprickor från periferin i naturtorkade stolpar, medan de i högttemperaturtorkade stolpar, likaså erfarenhetsmässigt, utgår från mären; dessa sprickor kallas fortsättningsvis för märe sprickor.

3 Resultat

3.1 DOKUMENTATION AV STOLPARNA – ALLMÄNNA UPPGIFTER

I Tabell 3.1 redovisas uppgifter om stolparnas omkrets och längd samt den mjuka fläckens/rötskadans läge i förhållande till rotändan. Stolparna har likartad omkrets och längd.

Tabell 3.1 Uppgifter om längd, omkrets och mjuk fläcks/rötskadas läge. Resultat från mätningar vid SP 2015-02-11.

Stolpe nr	Längd (m)	Omkrets topp (mm)	Omkrets rot (mm)	Mjuk fläck/rötskada Läge i förh till rotände (mm)
2	11	600	1100	2800
3	10	620	820	2000
4	11	650	940	2750
5	12	1000	720	4400
6	13	630	1040	4080
9	10	620	830	2040
10	10	560	830	3400
11	11	660	950	3500
12	11	630	870	3000
13	10	660	830	3900

3.2 TOMOGRAFERING AV RÅA STOLPSEKTIONER OCH JÄMFÖRELSE MED FOTOGRAFIER FRÅN PROVUTTAG OCH ANALYS I LABORATORIUM

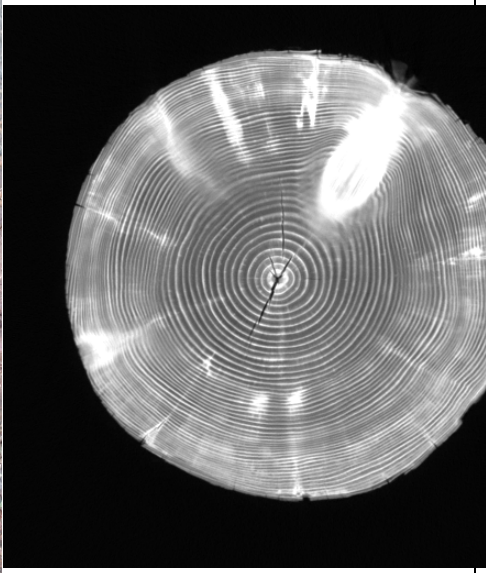
3.2.1 Introduktion

I detta avsnitt redovisas med bilder på hur okulärt bedömd/observerad skada ser ut på stolpens utsida, och med bilder från tomografen visas hur skadan för den råa stolpen ser ut i stolpens inre, på samma plats. I tillägg visas bilder på tvärsnittspröver tagna med digitalkamera före och efter behandling med kärnreagens.

Vidare redovisas splintvedsdjup samt uppgift om analyserad inträngning och upptagning av kreosot.

Tomografbilder på tvärsnitt i torrt tillstånd redovisas i avsnitt 3.3.

3.2.2 Stolpe nr 2 – impregneringsår 2002

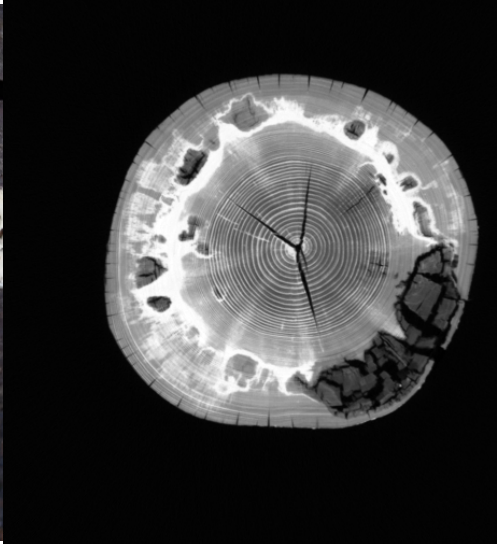
	
Okulärbesiktning i fält: Helrutten upp till 3 m	Tomografibild av stolpe i rått tillstånd
	
Före behandling med kärnreagens	Efter behandling med kärnreagens
Splintvedsdjup: ca 60 mm	Inträngning: Oregelbunden men med tydlig oimpregnerad zon närmast kärnan
Upptagning: 14 kg/m ³	Kreosotlukt: Ja

Kommentar

Vid besiktningen i fält bedömdes stolpen kraftigt rötskadad upp till ca 3 m från rotänden, se även Tabell 2.1. Detta stöds också av resultaten från tomograferingen av ett torrt tvärsnitts-prov, se avsnitt 3.3.2. Den bristfälliga impregneringen (inträngning, upptagning) bedöms vara huvudorsaken till rötangreppet.

Kärnans kulör efter behandling med kärnreagens, liksom förekomsten av margsprickor, tyder på att stolpen är högttemperaturtorkad.

3.2.3 Stolpe nr 3 – impregneringsår 2002

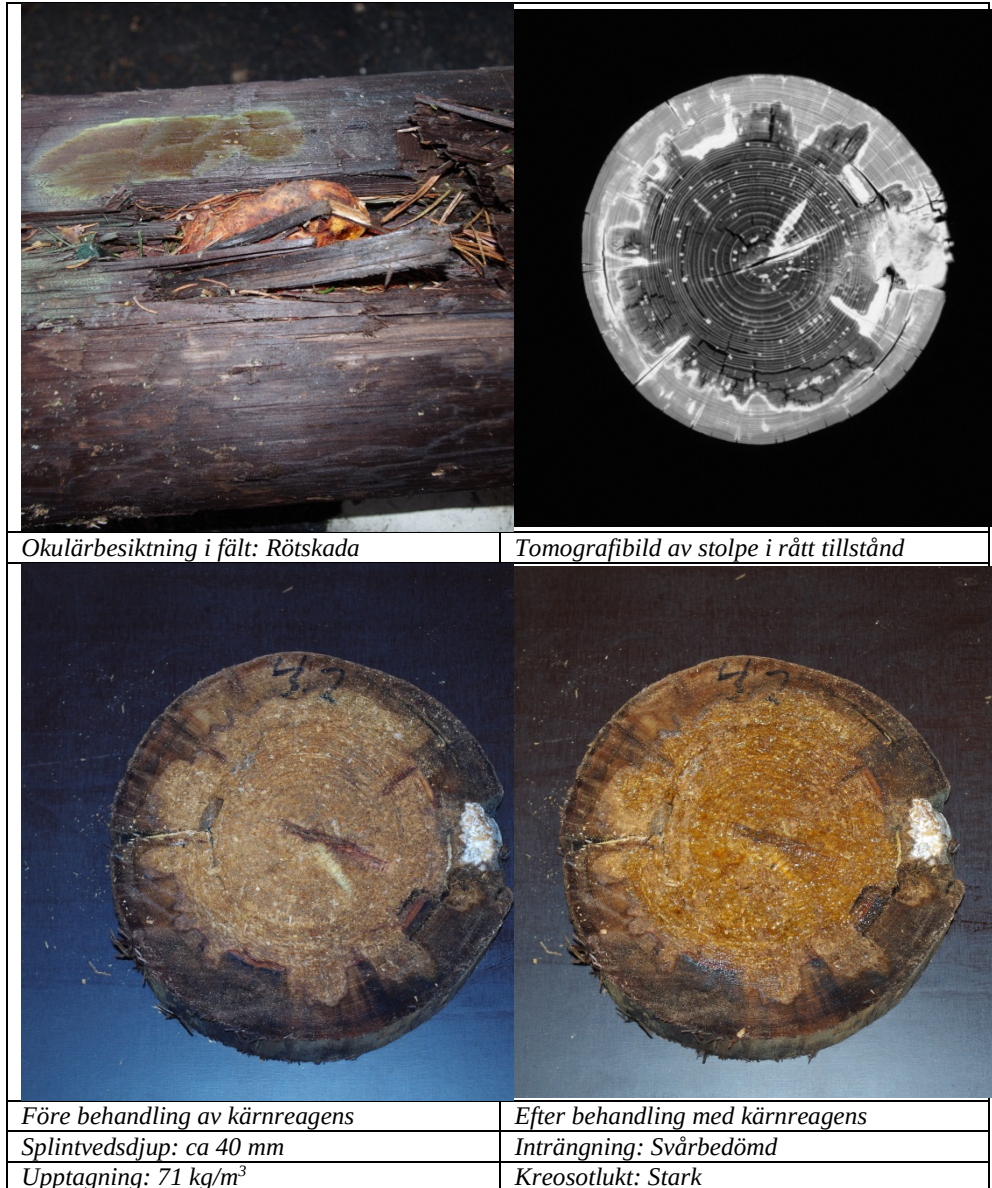
	
<i>Okulär besiktning i fält: Kraftig röta i markbandet</i>	<i>Tomografibild av stolpe i rått tillstånd</i>
	
<i>Före behandling av kärnreagens</i>	<i>Efter behandling med kärnreagens</i>
<i>Splintvedsdjup: ca 40 mm</i>	<i>Inträngning: Svårbedömd</i>
<i>Upptagning: 7 kg/m³</i>	<i>Kreosotluk: Svag</i>

Kommentar

Stolpen är mycket kraftigt rötskadad, vilket uppenbarligen hänger samman med en bristfällig impregnering. Den ljusa ringen mellan splint och kärna, som framgår av tomograferingen är en betydande ansamling av fukt, se vidare avsnitt 3.3.7.

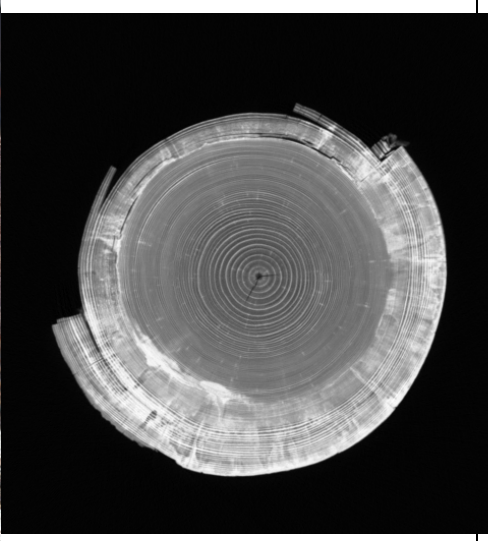
Kärnans kulör efter behandling med kärnreagens, liksom förekomsten av tydliga mörkspäckor, tyder på att stolpen är högttemperaturtorkad.

3.2.4 Stolpe nr 4 – impregneringsår 2001

*Kommentar*

Stolpen är kraftigt rötskadad, vilket hänger samman med bristfällig impregnering. Skadan kunde tydligt observeras från stolpens utsida. Det vita är en fruktkropp. Kärnans kulör efter behandling med kärnreagens, liksom förekomsten av märgspricka, tyder på att stolpen är högt temperaturtorkad.

3.2.5 Stolpe nr 5 – impregneringsår 2001

	
Okulär bedömning i fält: 120 mm mjuk runt om	Tomografibild av stolpe i rått tillstånd
	
Före behandling av kärnreagens	Efter behandling med kärnreagens
Splintvedsdjup: 40-45 mm	Inträngning: relativt stor miss mellan kl 9 och kl 12
Upptagning: 34 kg/m ³	Kreosotlukt: Stark

Kommentar

Stolpen har en flisig yta och delar av splintveden är avskalad. Ingen markant mjuk fläck eller några rötskador kunde observeras även om den vid besiktning i fält bedömdes vara mjuk runt om. Möjligen kan de uppkomna tangentiella sprickorna (ringsprickor) förklara att stolpen bedömdes som mjuk runt om.

Stolpen förefaller inte ha några rötskador. Den analyserade upptagningen är låg, men det ska noteras att provet togs 4,4 meter från rotänden och den något låga upptagningen kan bero på omfördelningseffekten samt avdunstning.

Kärnans kulör efter behandling med kärnreagens, liksom förekomsten av märgspricka, tyder på att stolpen är högttemperatortorkad.

Någon entydig förklaring till uppkomsten av ringsprickor finns inte men hänger sannolikt samman med fuktdynamiken under torkningsprocessen.

3.2.6 Stolpe nr 6 – impregneringsår 2002

Okulär besiktning i fält: Flisig med mjuk fläck	Tomografibild av stolpe i rått tillstånd
Före behandling av kärnreagens	Efter behandling med kärnreagens
Splintvedsdjup: ca 35 mm	Inträngning: 100 %
Upptagning: 49 kg/m ³	Kreosotlukt: Stark

Kommentar

Stolpen förefaller inte ha några rötskador, även om det i fält noterades mjuk fläck. Kärnans kulör efter behandling med kärnreagens, samt avsaknad av märgsprickor, tyder på att stolpen är naturtorkad. Denna stolpe är ett typexempel på hur en naturtorkad stolpe ser ut, med en klarröd färg på kärnan.

Upptagningsanalysen är gjord på prov taget drygt 4 m från rotänden, varför det relativt låga värdet kan förklaras av omfördelningseffekten och avdunstning

3.2.7 Stolpe nr 9 – impregneringsår 2001

Okulär bedömning i fält: Mjuk fläck 15 cm från marken, 30 mm djup	Tomografibild av stolpe i rått tillstånd
Före behandling av kärnreagens	Efter behandling med kärnreagens
Splintvedsdjup: 30-35 mm	Inträngning: Svårbedömd
Upptagning: 174 kg/m ³	Kreosotlukt: Stark

Kommentar

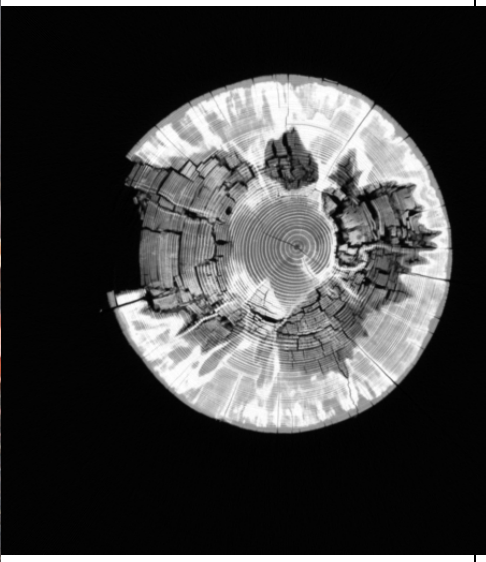
Stolpen förefaller inte ha några rötskador trots bedömningen av mjuk fläck.

Inträngningen är svårbedömd men tack vare extremt hög upptagning verkar stolpen klarat sig utan röta.

I tomografibilden framträder en fuktring tydligt mellan kärna och splint.

Kärnans kulör efter behandling med kärnreagens, liksom förekomsten av märgsprickor, tyder på att stolpen är högttemperaturtorkad.

3.2.8 Stolpe nr 10 – impregneringsår 2001

	
<i>Okulär bedömning i fält: Mjuka fläckar i markbandet, vit svamp</i>	<i>Tomografibild av stolpe i rått tillstånd</i>
	<i>Foto av acceptabel kvalitet saknas.</i>
<i>Före behandling av kärnreagens</i>	
<i>Splintvedsdjup: ca 50 mm</i>	<i>Inträngning: Kunde inte mätas</i>
<i>Upptagning: 25 kg/m³</i>	<i>Kreosotlukt: Svag</i>

Kommentar

Stolpen är kraftigt rötskadad, till synes också i kärnveden, vilket hänger samman med den bristfälliga impregneringen. Inträngningen kunde inte bedömas men är troligen bara några millimeter.

Huruvida stolpen är naturtorkad eller högttemperaturtorkad går inte att säkert avgöra, men förekomst av mindre margsprickor tyder ändå på att den är högttemperaturtorkad.

3.2.9 Stolpe nr 11 – impregneringsår 2002

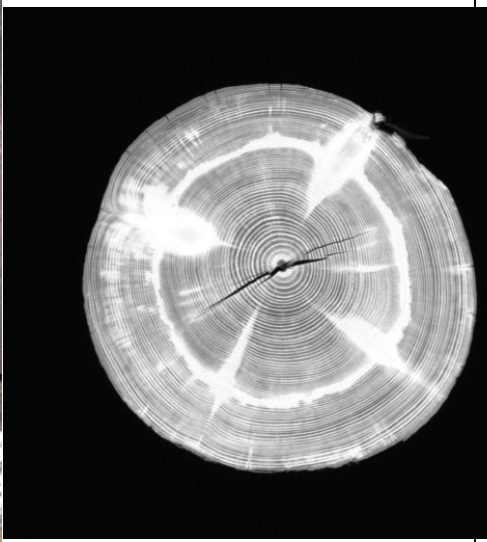
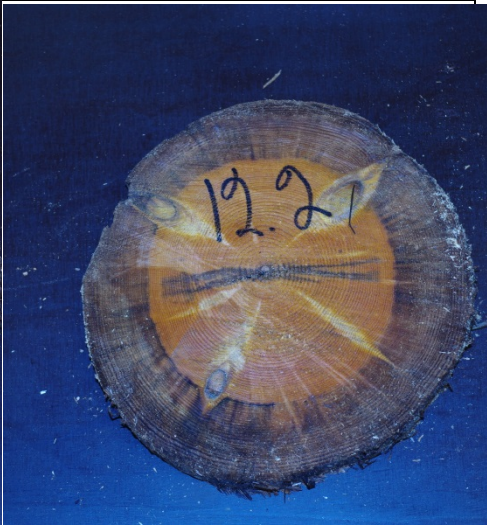
Okulär bedömning i fält: Många mjuka fläckar, varav en större än 50 mm	Tomografibild av stolpe i rått tillstånd
Före behandling av kärnreagens	Efter behandling med kärnreagens
Splintvedsdjup: 40-50 mm	Inträngning: mindre än 50%
Upptagning: 25 kg/m ³	Kreosotlukt: Stark

Kommentar

Skadan är knappt synlig på stolpens yta, men stolpen är rötskadad, vilket beror på bristfällig impregnering.

Kärnans kulör efter behandling med kärnreagens, liksom förekomsten av mäggsprickor, tyder på att stolpen är högttemperaturtorkad.

3.2.10 Stolpe nr 12 – impregneringsår 2001

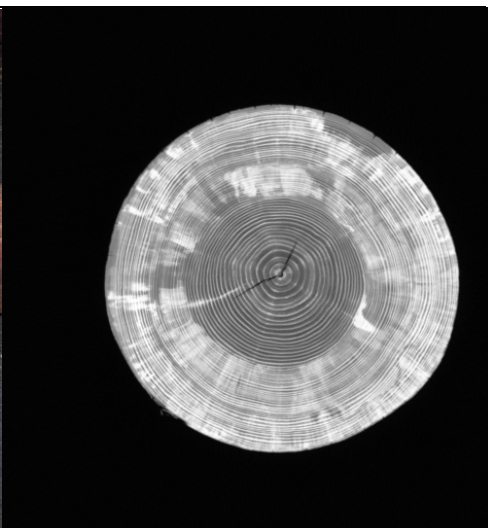
	
<i>Okulär bedömning i fält: Enstaka mjuka fläckar</i>	<i>Tomografibild av stolpe i rått tillstånd</i>
	
<i>Före behandling av kärnreagens</i>	<i>Efter behandling med kärnreagens</i>
<i>Splintvedsdjup: 35-45 mm</i>	<i>Inträngning: Svårbedömd</i>
<i>Upptagning: 47 kg/m³</i>	<i>Kreosotluk: Stark</i>

Kommentar

Stolpen förefaller inte vara rötskadad trots bedömning av enstaka mjuka fläckar. En tydlig fuktring framträder i tomografibilden.

Kärnans kulör efter behandling med kärnreagens, liksom förekomsten av märgspricka, tyder på att stolpen är högttemperaturtorkad.

3.2.11 Stolpe nr 13 – impregneringsår 2001

	
Okulär bedömning i fält: Mjuk fläck 1 m från marken, 40 mm djup	Tomografibild av stolpe i rått tillstånd
	
Före behandling av kärnreagens	Efter behandling med kärnreagens
Splintvedsdjup: ca 60 mm	Inträngning: Svårbedömd
Upptagning: 31 kg/m ³	Kreosotlukt: Stark

Kommentar

Stolpen är rötskadad på grund bristfällig impregnering.

Kärnans kulör efter behandling med kärnreagens, liksom förekomsten av margspricka, tyder på att stolpen är högttemperaturtorkad.

3.3 TOMOGRAFERING AV TORRA STOLPTVÄRSNITT

3.3.1 Allmänt

Tomografering av råa stolpar ger normalt inte den mest uttömmande informationen om förekomst av röta. Röta kännetecknas bland annat av viktförlust i veden. Förekomst av fukt kan dölja denna viktförlust och göra det svårt, för att inte säga omöjligt, att detektera röt förekomst. Tomografen ger ett mått på densiteten och kan normalt inte skilja på om det är röta i kombination med hög fuktighet eller helt enkelt trä med hög densitet. Torkat trä får viktförlusten att framstå tydligare. Furustolpar har normalt en torrdensitet på strax över 400 kg/m³. Dessutom är det så, att densiteten normalt ökar från mörken ut mot periferin. Detta kan användas för att tolka tomografibilder. Om densiteten i delar av ett stolptvårsnitt är mycket lägre än 400 kg/m³, så är det en indikation på röta. Likaså är lägre densitet i splintveden än nära mörken också en indikation på röta.

Notera att i diagrammen i det följande betyder 0 en densitet på 1000 kg/m³ och 1000 betyder 0 kg/m³.



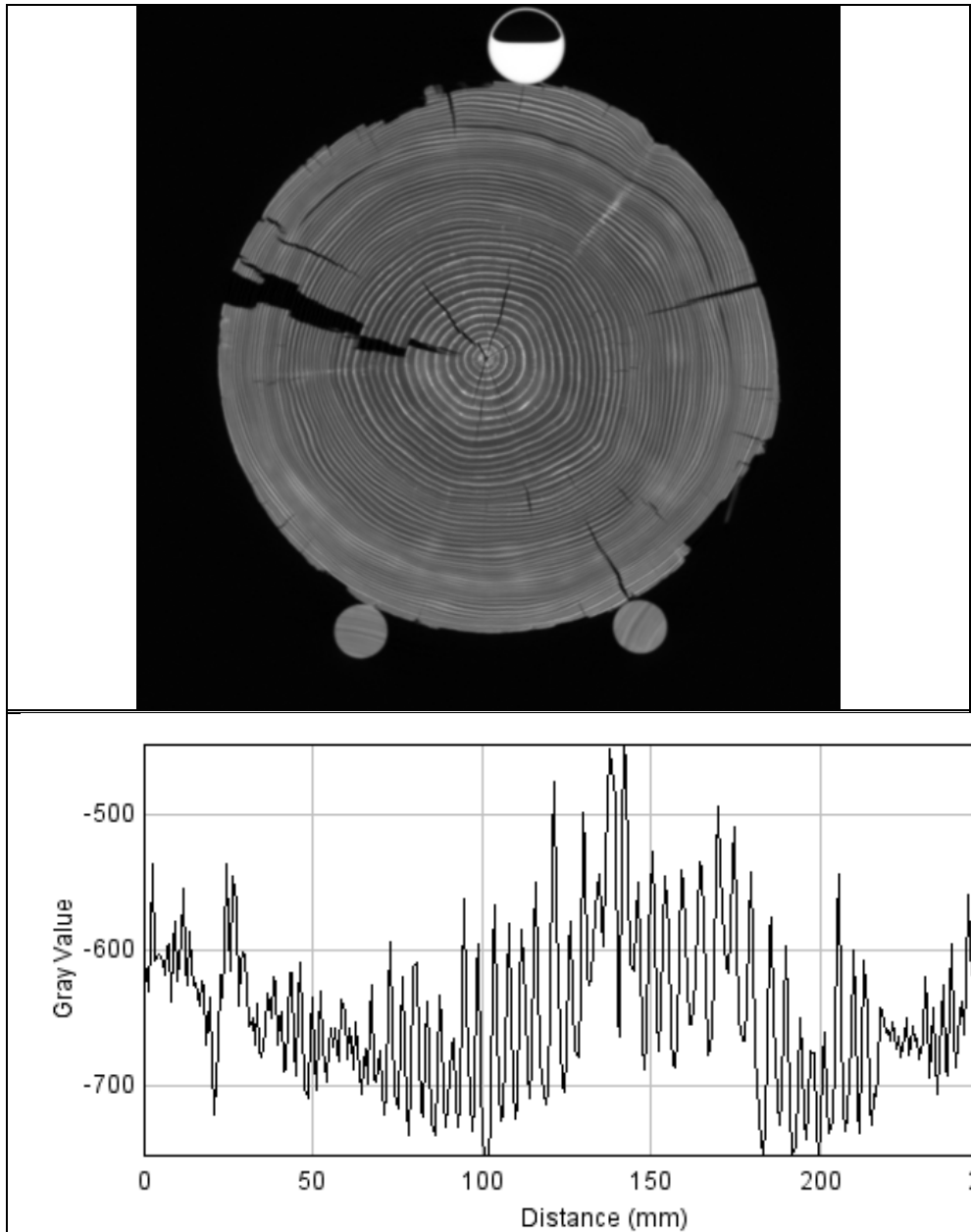
Bild 3.1 Torkat tvårsnitt monterat i tomografen.

Diagrammen under varje bild representerar densiteten längs en linje i bilden som registrerats i tomografen som normalt används i medicinskt syfte. Ett "Gray value" på -1000 ger densiteten för luft och värdet 0 är densiteten för vatten. Se bild på stolpe nr 3 eller nr 4, där en så kallad vattenfantom ligger ovanpå den utsågade trissan ger en referens på 1000 kg/m³.

Omräknat blir värdet -600 detsamma som 400 kg/m³, och ett lägre "Gray value" indikerar pågående materialnedbrytning. Värdet vid eller nära -1000 representerar ett hål.

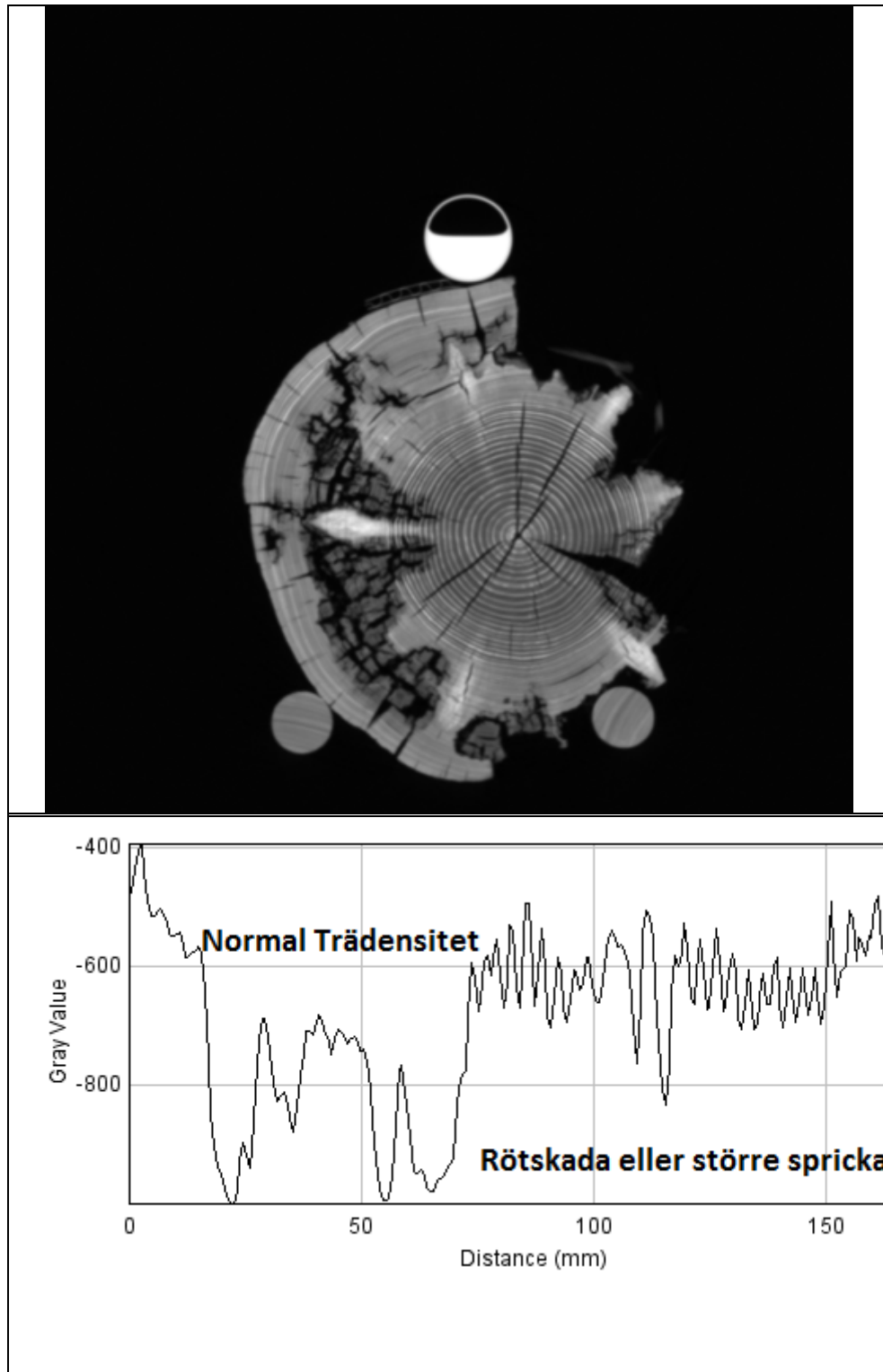
3.3.2 Stolpe nr 2

Densiteten i stora delar av splintveden är betydligt lägre än 400 kg/m^3 och dessutom är densiteten i splintveden lägre än i kärnveden, vilket sammantaget är en indikation på förekomst av röta.



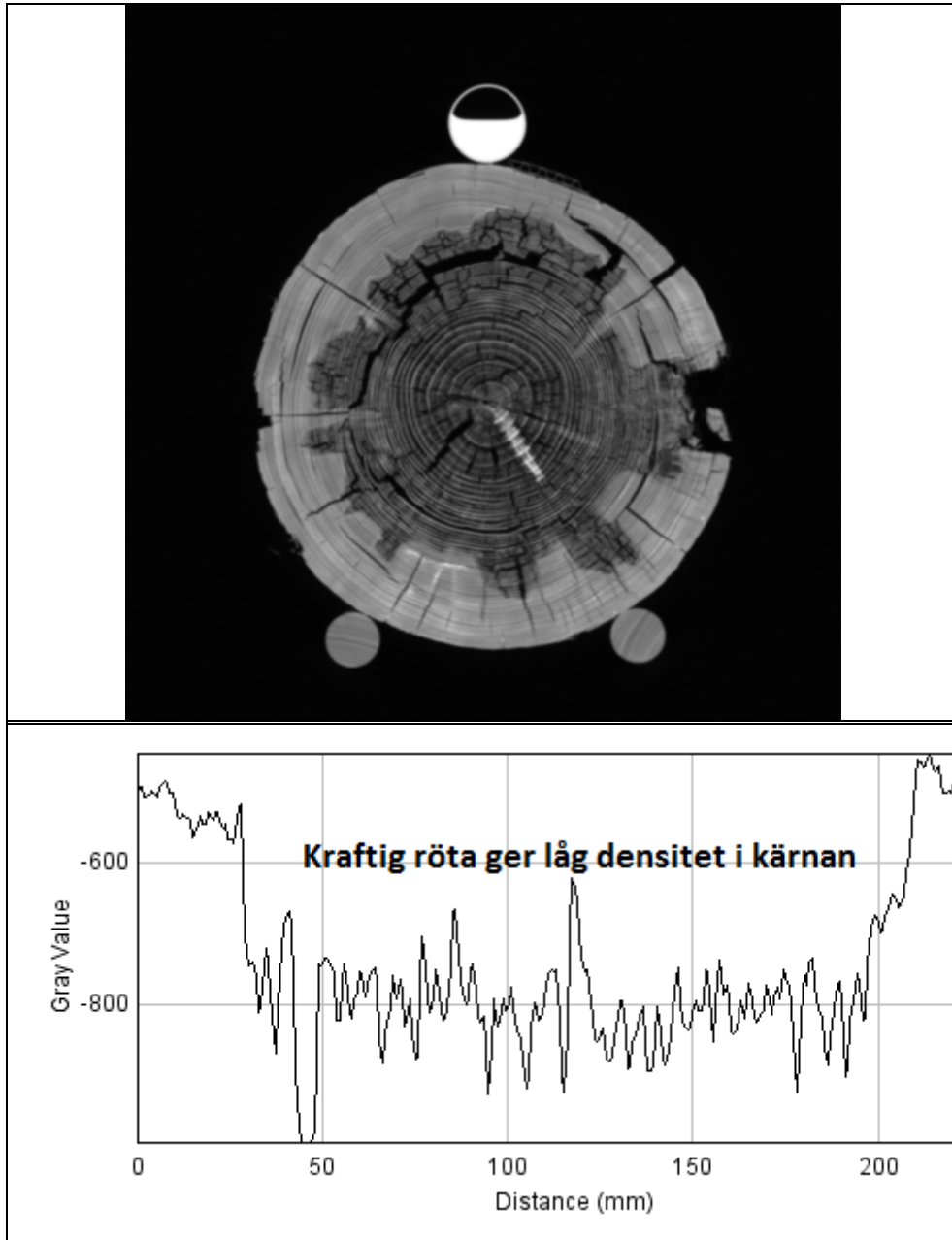
3.3.3 Stolpe nr 3

Rötan och den viktförlust den ger upphov till är mycket tydliga.



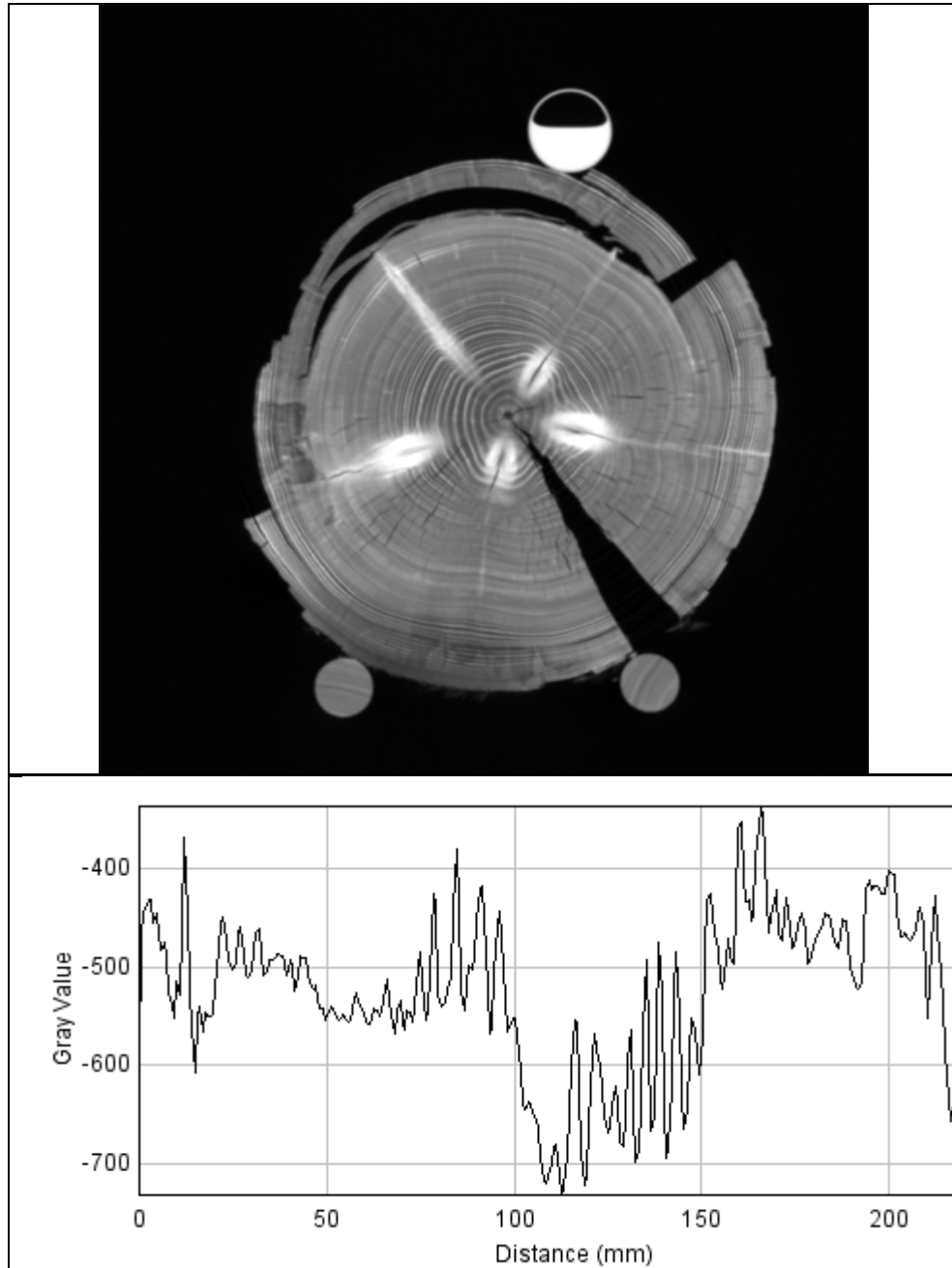
3.3.4 Stolpe nr 4

Mycket tydlig förekomst av röta både i tomografibilden och i densitetsdiagrammet. Det är framför allt kärnveden som är angripen. En kraftig viktförlust noteras där.



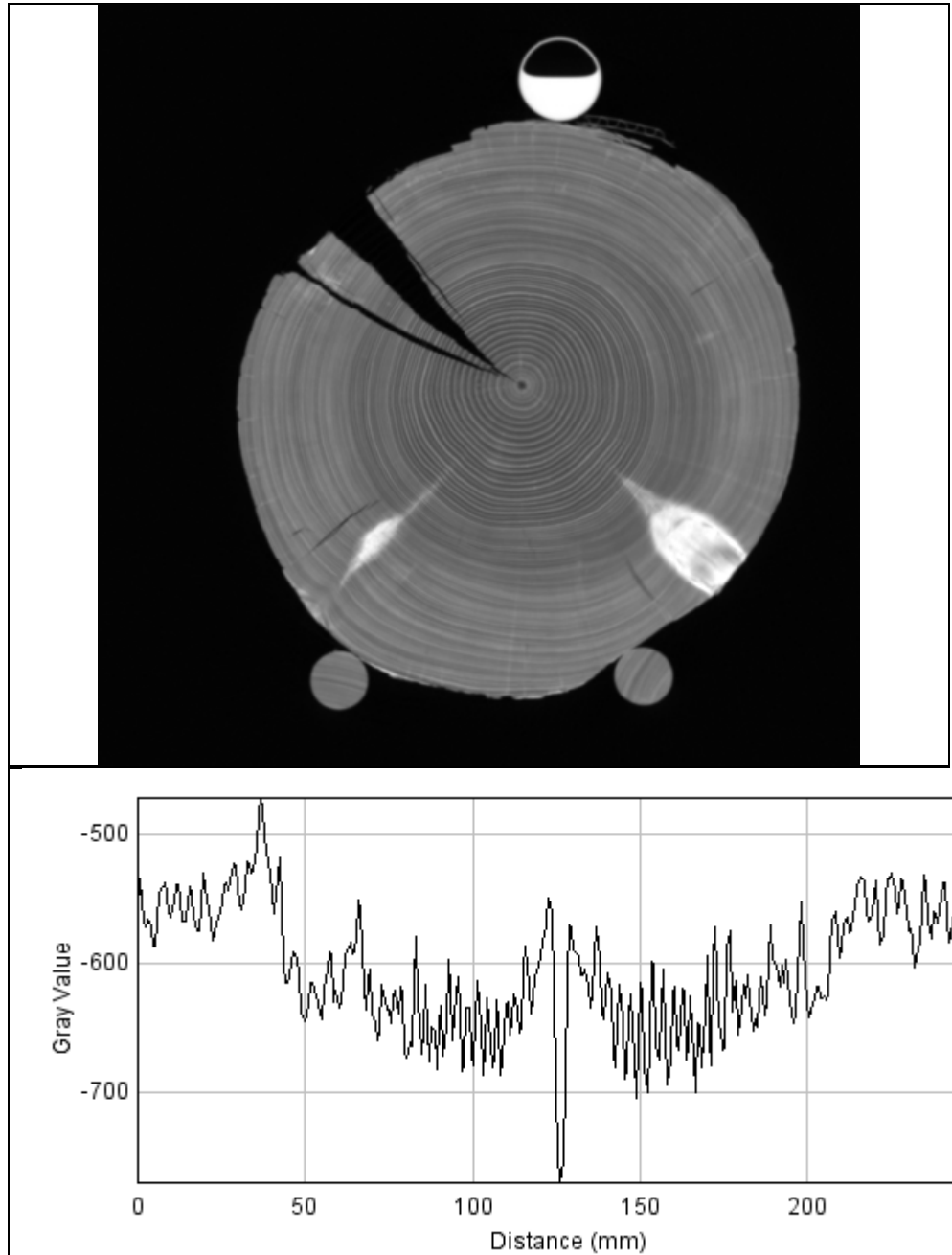
3.3.5 Stolpe nr 5

Inga tydliga tecken på röta kan observeras.



3.3.6 Stolpe nr 6

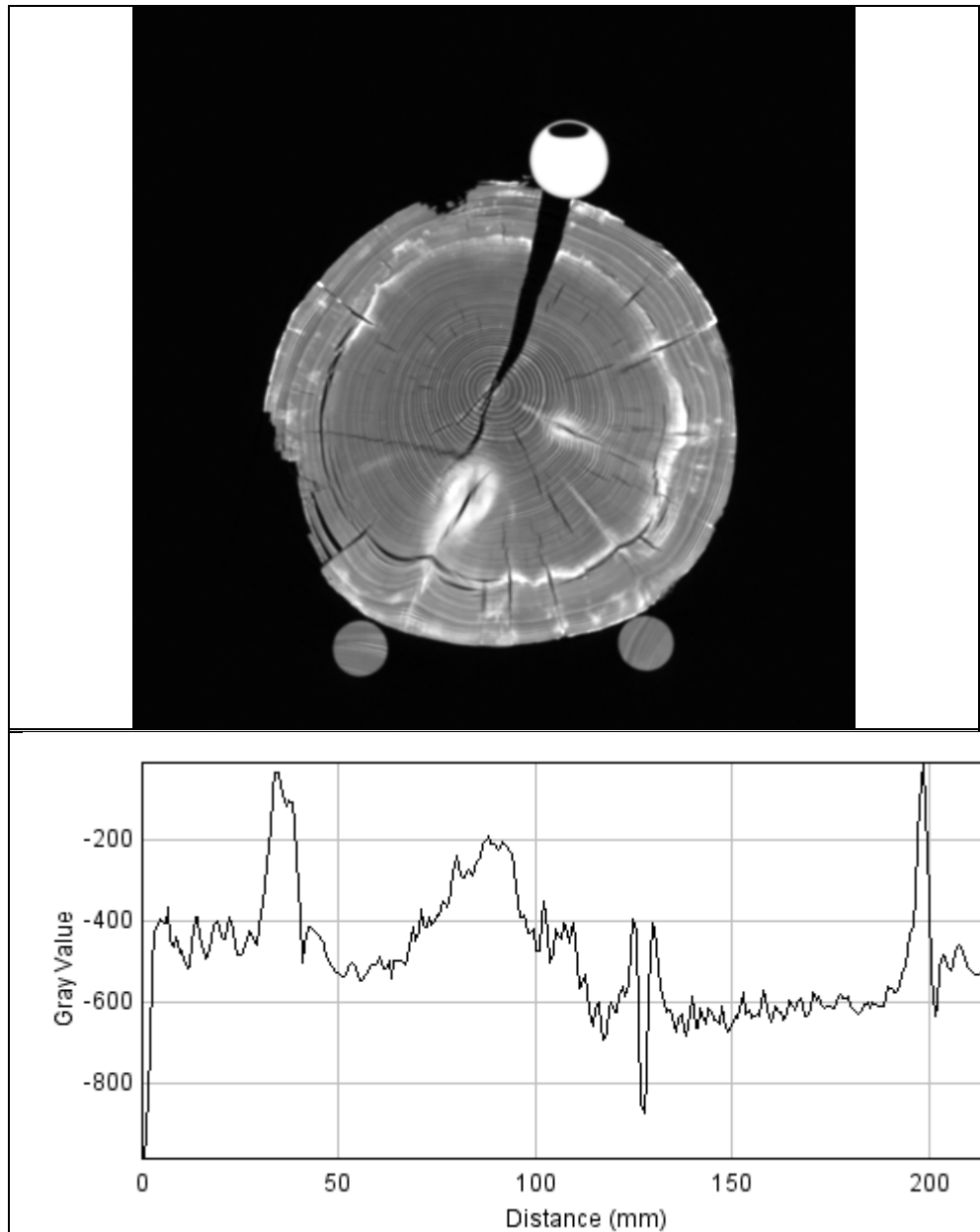
Varken tomografibild eller densitetsdiagram visar tecken på röta.



3.3.7 Stolpe nr 9

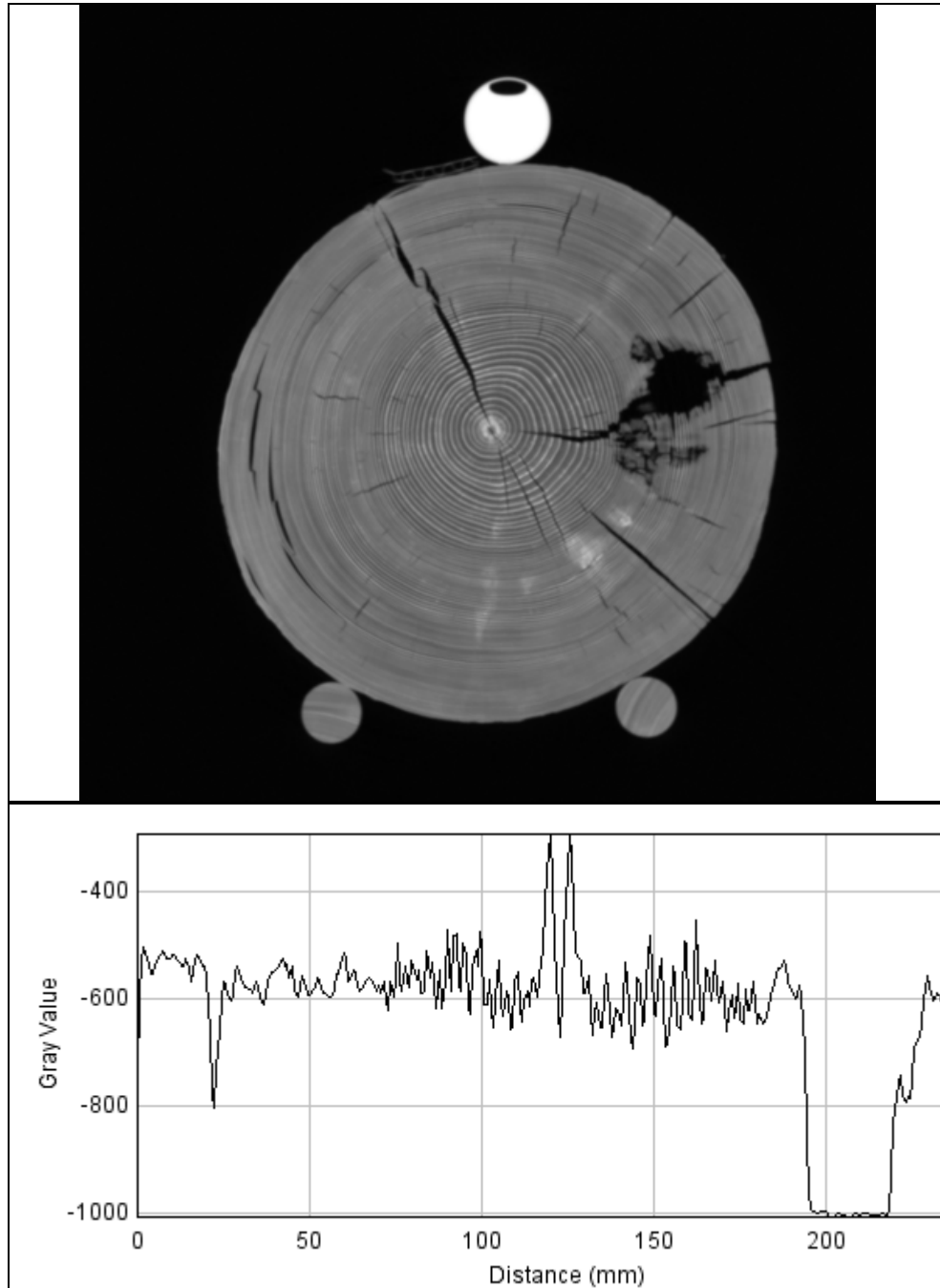
I tomografibilden syns en ljus ring en bit in i splintveden, sannolikt i gränsen mellan splintved och kärnved. Densitetsdiagrammet visar på hög densitet. Troligen rör det sig om vatten som inte har hunnit torka ut. Liknande fenomen med en fuktring har noterats i tidigare tomografiundersökningar.

Varken tomografibilden eller densitetsdiagrammet visar tecken på röta.



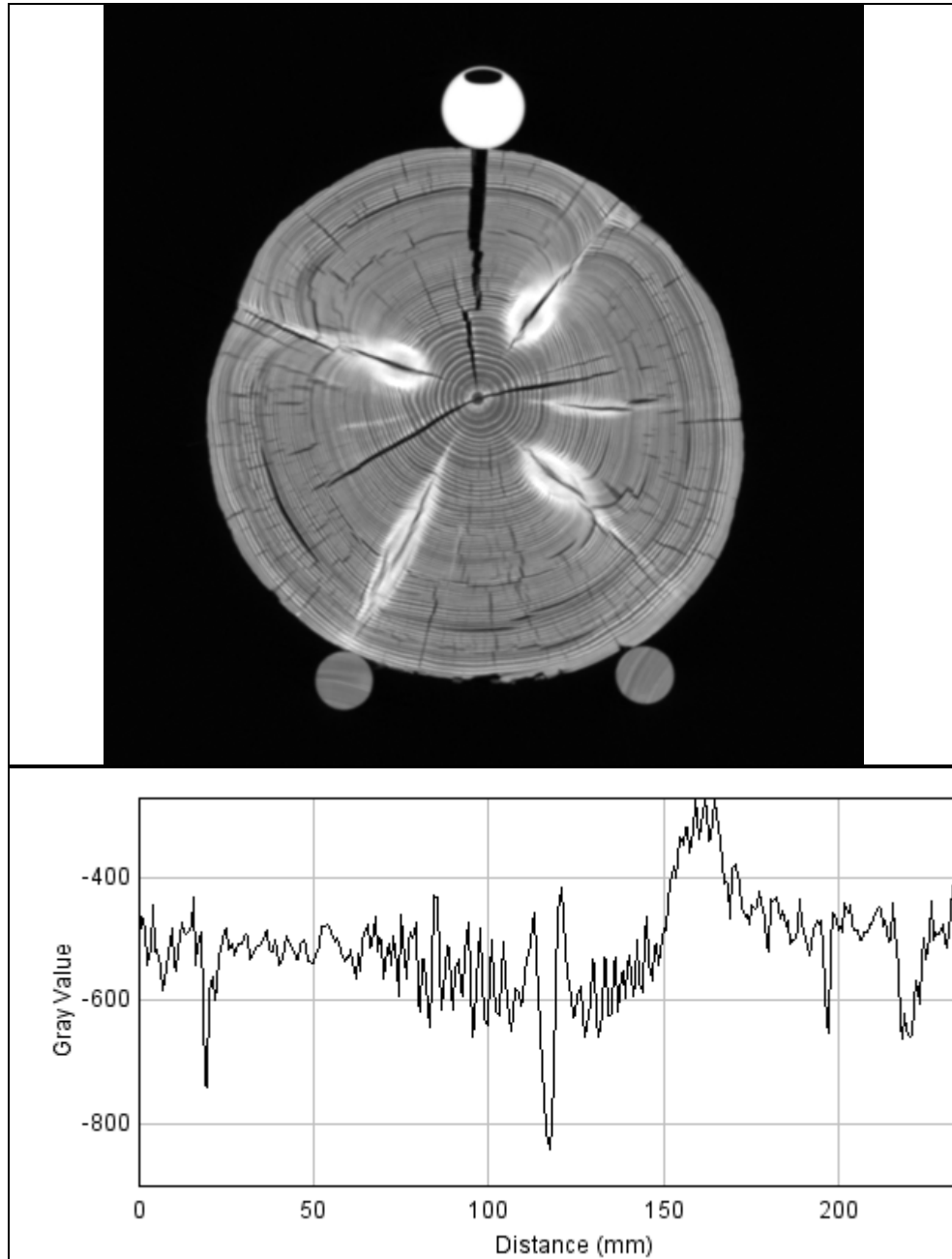
3.3.8 Stolpe nr 11

Tydlig rötskada framträder till höger.



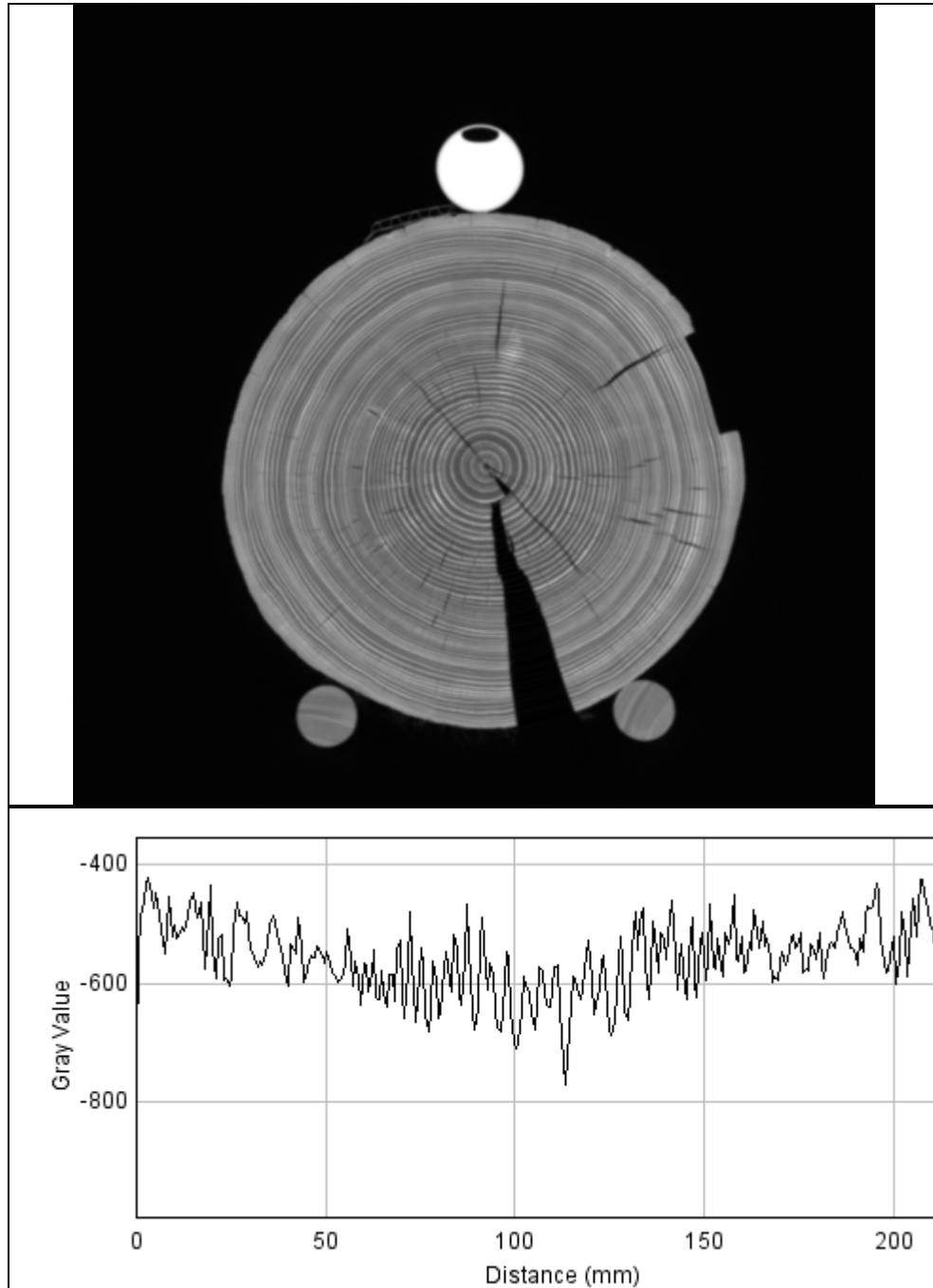
3.3.9 Stolpe nr 12

Inga tecken på rötskador framträder.



3.3.10 Stolpe nr 13

Inga tecken på rötskador framträder.



3.4 SAMMANFATTNING AV RESULTATEN

Tabell 3.2 sammanfattar de viktigaste resultaten från studien. Det skall noteras att de redovisade upptagningsvärdena skall tolkas med stor försiktighet med tanke på hur prov uttagits och stolparnas ålder.

Tabell 3.2 Sammanställning av genomförda analyser och iakttagelser.

Stolpe nr	Imp år	Noterat i fält avs mjuka fläckar/röta	Inträngning i splintved (%)	Upptagning i splintved (kg/m ³)	HT/NT*	Fuktring	Analyserat i lab avs mjuka fläckar o röta/läge i förh till rotände (m)
2	2002	Helrutten	<100**	14	HT	Nej	Kraftigt rötskadad/2,8
3	2002	Kraftig röta i markbandet	<100**	7	HT	Ja	Mycket kraftigt rötskadad/2
4	2001	Rötskadad	<100**	71	HT	Ja	Kraftigt rötskadad/2,75
5	2001	Mjuk runt om	<100	34	HT	Ja, antydan	Ej rötskadad/4,4
6	2002	Flisig, mjuka fläckar	100	49	NT	Nej	Ej rötskadad/4,1
9	2001	Mjuk fläck	<100**	174	HT	Ja	Ej rötskadad/2,1
10	2001	Mjuka fläckar, vit svamp	<100**	25	-	Nej	Kraftiga rötskador/3,4
11	2002	Många mjuka fläckar	<100**	25	HT	Nej	Lokalt rötskadad/3,5
12	2001	Enstaka mjuka fläckar	<100**	47	HT	Ja	Ej rötskadad/3
13	2001	Mjuk fläck	<100**	31	HT	Nej	Rötskadad/3,9

*HT = bedömd som högttemperaturtorkad; NT = naturtorkad

** Svårbedömd inträngning men säkert under 100 %

4 Kommentarer och slutsatser

- Tomografering av stolpsektioner och tvärsnitt har gett värdefull information om såväl materialets status beträffande rötskador, men inte minst när det gäller fuktfördelningen. I hälften av stolparna (allt tyder på att dessa är högttemperaturtorkade) uppträder fuktringar, dvs områden med en fuktkvot på 100% eller mer, i mer eller mindre oregelbundna mönster. Fenomenet har också noterats i en undersökning av telestolpar men har ännu inte kunnat förklaras. Att man får en fuktkvot på över 100 % på tvärsnitt som uttagits på oimpregnerad splintved nära markbandet är naturligt. Däremot är det svårare att förklara denna höga fuktkvot ca 3,5 meter från rotändan (stolpe nr 10 och 13 och i någon mån stolpe nr 5), dvs ganska långt upp i stolpen. Utmärkande för rötskadorna är också att de uppträder på olika höjd ovanför markbandet, medan de under normala förhållanden uppträder i och runt markbandet.
- Högttemperaturtorkningen av stolparna ger upphov till en mängd mikrosprickor i träet och gör dem mer permeabla än naturtorkade. En förklaring till de höga fuktkvoterna högt upp i stolparna skulle då kunna vara att träet suger mer vatten än det kan avge som vattenånga, men detta återstår att bevisa.
- I stolpe 4 och 9 förekommer ett slags flammighet i splintveden, ett särskilt mönster med olika mörka nyanser. Erfarenhetsmässigt är detta ett fenomen som uppträder i stolpar som legat i lager under lång tid och där det uppstått svampangrepp av olika slag, blånad eller röta.
- Av de totalt 10 stolpar som undersökts är det 6 stycken (nr 6-13) där man vid besiktning i fält uppgivit förekomst av mjuka fläckar. Vid den närmare analysen i laboratorium konstaterades att tre av dessa inte har några rötskador alls.

De 4 stolpar (nr 2-5), där man i samband med besiktningen i fält har uppgivit andra typer av fenomen än mjuka fläckar, har rötskador noterats i 3 fall (nr 2-4), medan en stolpe (nr 5), som bedömdes som "mjuk runt om", befanns vara helt utan rötskador.

Någon klar korrelation mellan det som bedömts som mjuka fläckar och stolpens status när det gäller rötangrepp kan inte påvisas i denna undersökning som heller inte tillfört någon ytterligare kunskap om hur mjuka fläckar ska definieras.

Slutsatsen man kan dra av detta är att begreppet "mjuk fläck" inte är en pålitlig indikation på att stolpen är rötskadad. Det är därför tveksamt om begreppet "mjuk fläck" ska användas i besiktningssammanhang över huvud taget. Det är förmodligen bättre att med hjälp av de redskap och besiktningssinstrument som står till förfogande försöka avgöra på ett mer påtagligt sätt om stolpen är rötskadad eller ej.

- Stolpar med full (nr 6) eller praktiskt taget full (nr 5) inträngning av kreosot i splintveden har inga rötskador även om analyserad upptagning är

låg. Att analyserad upptagning är låg behöver inte innebära att stolparna haft en låg upptagning från början, utan detta kan vara ett resultat av tidigare nämnd omfördelningseffekt samt stolparnas ålder.

Stolpar med undermålig inträngning, i något fall bedömd till bara någon millimeter, är i samtliga fall mer eller mindre rötskadade redan efter 12-13 år i bruk. En korrekt kreosotimpregnerad stolpe med full inträngning och en upptagning i splintveden som NTR föreskriver, har erfarenhetsmässigt en livstid på storleksordningen 50-60 år. Men med en inträngning på endast några få mm, så angrips mycket snart den oimpregnerade splintveden av såväl blånads- som rötsvampar. Även kärnveden kommer senare att angripas. Livslängden kommer då att reduceras väsentligt (vilket denna undersökning visar).

Materialet är för litet för att från denna undersökning dra några långtgående slutsatser om högtemperaturtorkningens betydelse för impregneringsresultatet. För att eventuellt kunna göra detta skulle resultaten kunna sammanställas med resultaten från en tidigare utförd undersökning av telestolpar.

ANALYS AV KRAFTLEDNINGS-STOLPAR MED "MJUKA FLÄCKAR"

Här har tio kreosotimpregnerade kraftledningsstolpar, som dömts ut i samband med en besiktning, undersökts med datortomograf. Syftet har varit att ta reda på vad som orsakar de mjuka fläckar som har registrerats i fält bland annat genom att analysera hur kreosotoljan har tagits upp och trängt in i trästolpen.

Av de totalt 10 stolpar som undersökts har 3 rötskador och mycket tyder på att de är högttemperaturtorkade. Rötskadorna beror på bristfällig impregnering, i något fall har impregneringen bara någon millimeters inträngning. Men något klart samband mellan det som bedömts som mjuka fläckar och stolpens status när det gäller rötangrepp kan inte påvisas. Slutsatsen är att begreppet "mjuk fläck" inte är en pålitlig indikation på att stolpen är rötskadad och därför inte bör användas i besiktningssammanhang. Det är bättre att med hjälp av redskap och besiktningssinstrument avgöra på ett mer påtagligt sätt om stolpen är rötskadad eller inte.

Materialet från den här studien är för litet för att dra långtgående slutsatser om högttemperaturtorkningens betydelse för impregneringsresultatet. För att eventuellt kunna göra det skulle resultaten kunna sammanställas med resultaten från en tidigare utförd undersökning av Skanovas telestolpar. Den här rapporten togs fram som ett resultat av ett projekt i Energiforsks program Underhåll av elnät 2015 och finns från augusti 2018 för fri nedladdning.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se