

UNDERSÖKNING AV BESTÄNDIGHETEN HOS FANÉRSTOLPAR

RAPPORT 2018:509



Undersökning av beständigheten hos fanéristolpar

JÖRAN JERMER, STIG BARDAGE, MAGDALENA STERLEY

ISBN 978-91-7673-509-1 | © ENERGIFORSK juli 2018

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

Förord

I över hundra år har den överlägset mest använda sortens ledningsstolpar varit trästolpar impregnerade med kreosot. Dessa stolpar har visat god beständighet mot väder och vind, och har i många fall stått i tiotals år. Kreosot har dock visat sig vara hälsovådligt, och flera nätägare har därför valt att undersöka alternativa material i stolparna.

Syftet med detta projekt har varit att undersöka beständigheten hos ett av dessa nya material: stolpar av fanér. Att systematiskt undersöka stolpar som har tillverkats på annat sätt än den beprövade kreosotimpregneringen, ger nätägarna bättre kunskaper om deras beständighet och hur de kan underhållas i framtiden.

Projektet har utförts vid RISE – Research Institutes of Sweden med Jöran Jermer, projektledare, och forskarna Stig Bardage och Magdalena Sterley som huvudsakligen ansvariga. En del av projektet som gäller fältprovningar i USA har utförts vid USDA Forest Products Laboratory i Starkville, Mississippi under Mark Mankowskis ledning.

Rapporten har expertgranskats av Carl-Johan Johansson, tidigare chef för SP Trätek, SP Bygg och Mekanik och tillika adjungerad professor i träbyggnadsteknik vid Linnéuniversitetet, samt Tomas Nilsson, professor emeritus vid Sveriges Lantbruksuniversitet.

Projektets referensgrupp har bestått av:

Mats-Erik Jansson, Jämtkraft AB
Arnold Solmar, Vattenfall
Kenneth Stefansson, Vattenfall

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet och publiceringen innebär inte att Energiforsk har tagit ställning till innehållet.

Sammanfattning

Osäkerheten när det gäller framtiden för kreosot för impregnering av ledningsstolpar och om det kommer vara tillåtet att använda inom EU efter 2021, då det nuvarande tillståndet löper ut har medfört att såväl träskyddsmedelstillverkare, impregneringsföretag och nätägare runt om i Europa sedan en tid tillbaka börjat söka efter alternativa produkter. Detta har medfört en satsning på träskyddsmedel baserade på koppar som huvudsakligt ämne, innebärande användning av på marknaden befintliga produkter men också en utveckling av nya system som skall lämpa sig bättre för ledningsstolpar, pålar och järnvägssliprar. I Sverige har dess-utom stolpar tillverkade i form av ett rör av granfanér som helt saknar träskyddsbehandling etablerats på marknaden sedan 2012 med löften från tillverkarna på brukstider om 25-45 år eller längre.

Det är mot bakgrund av osäkerheten beträffande fanérstolparnas förväntade brukstid som föreliggande studie har utförts. Studien har omfattat en inventering av fanérstolpar i ledningsnätet, accelererade fältprovningar samt inspektioner av stolpar i laboratorium och utsatta i ledningar på fem olika platser i södra Sverige. Studien omfattade också att ge en sammanfattande redovisning över hittills vunna erfarenheter med de kopparbaserade träskyddsmedlen.

Sammanfattningsvis kan man dra följande slutsatser från studien:

- Fanérstolparna utsätts tidigt utsätts för rötangrepp i och strax under markbandet samt i skarvar. Brukstider mellan 25 och 45 år, som hävdas av tillverkarna, kommer med mycket stor sannolikhet inte att kunna infrias och man får räkna med att beständigheten hos enskilda stolpar kommer att variera betydligt.
- Branschgemensamma riktlinjer för besiktning av fanérstolpar med avseende på rötangrepp måste snarast utarbetas. Särskilt angeläget är att se över tidpunkt för första besiktning samt intervall för påföljande besiktningar. Detta för att förebygga arbetsmiljörelaterade personskador samt oönskade avbrott i eldistributionen.
- Stolpar impregnerade med ”konventionella” kopparbaserade träskyddsmedel samt nyutvecklade träskyddsprodukter och -system baserade på koppar som aktivt ämne kan inte heller förväntas ge samma långa brukstider som kreosotstolpar, men brukstider på mer än 20 år torde ändå vara realistiskt att räkna med. Även för denna typ av stolpar finns det anledning att se över nuvarande branschgemensamma besiktningsrutiner.
- Nätägare måste räkna med kortare brukstider och andra besiktningsrutiner med de alternativa trästolpar som står till buds idag eller är på väg att kommersialiseras.

Summary

There is an uncertainty concerning the future use of creosote for preservative-treatment of poles and if it will be allowed after 2021 when the present EU approval expires. Thus, wood preservative manufacturers, treaters, utility and telecom network owners have begun to look for alternatives. For the time being, commercially available products based on copper as the main active ingredient, have replaced creosote to some extent and new copper-based systems are also under development. In Sweden, a new type of wood-based poles, namely veneer-based composite hollow utility poles manufactured from Norway spruce, have been available on the market since 2012. The poles are not preservative-treated but the manufacturers promise a service life of 25-45 years or longer.

Doubts concerning the service life of these initiated this study, which comprises an inventory of poles in utility networks, accelerated field trials, inspection of poles in the laboratory and at five different network sites in Southern Sweden. The study has also comprised a survey of experiences so far with poles treated with copper-based preservatives.

The following conclusions can be drawn from the study:

- Poles made of untreated Norway spruce veneer are subject to early decay at and below the ground line, as well as in horizontal joints between sections of the poles. 25-45 years of service-life, as claimed by the manufacturers, can very unlikely be reached. The service-life will vary considerably between individual poles at different locations.
- Common guidelines for network owners concerning inspection of veneer poles are urgently needed, in particular with respect to time for first inspection and intervals for follow-up inspections. This is necessary to avoid accidents in connection with climbing the poles as well as to avoid disruptions in the electricity distribution.
- Poles treated with “conventional” copper-based wood preservatives as well as new systems based on copper as active ingredient, cannot be expected to have service lives comparable to creosote, but perhaps 20 years or more. Also, for this type of poles it is recommended to review inspection guidelines.
- Network owners must prepare for shorter service lives and other decay inspection routines for the alternative wood-based poles available today or close to commercialization.

Innehåll

1	Bakgrund	7
2	Fanérstolpar – material och tillverkning	9
3	Fanérstolpar i bruk	11
4	Fältprovningar	13
4.1	Material	13
4.2	Besiktningsmetodik – försöksstolpar i Borås samt stolpar i bruk	16
4.3	Besiktningsmetodik – försöksstolpar i USA	17
4.4	Resultat från besiktningarna i Borås	17
4.5	Resultat från besiktningarna i USA	19
5	Fältförsök med pollare av Ecopole i Sjömarken, Borås	22
6	Undersökning av fanérstolpar i bruk	24
6.1	Inledning	24
6.2	Undersökning av fanérstolpar levererade till RISE laboratorium	24
6.3	Analys av prov från fanérstolpe från Bjurfors, Avesta	25
6.4	Undersökning av stolpar i Häringe	26
6.5	Undersökning av stolpar i Ånga, Nyköping	28
6.6	Undersökning av stolpar i Ekås, Borås	32
6.7	Undersökning av stolpar mellan Sättila och Fjärås	35
6.8	Undersökning av stolpar nära Allgunnen	38
7	Alternativ till kreosotimpregnerade trästolpar	41
7.1	Impregnering med kopparbaserade träskyddsmedel	41
7.2	Nyutvecklade träskyddsprodukter	44
8	Diskussion och slutsatser	47
9	Referenser	51

1 Bakgrund

Kreosot har använts för träimpregnering i Sverige sedan år 1899. Det finns fortfarande kreosotimpregnerade stolpar från 1930-talet i bruk! Se Figur 1.



Figur 1. Kreosotstolpe fotograferad i oktober 2016 längs riksväg 92 väster om Umeå. Märkspik med instansad beteckning T39, som betyder kreosotimpregnerad 1939.

Det råder emellertid stor osäkerhet när det gäller framtiden för kreosot för impregnering av ledningsstolpar, pålar och järnvägssliprar och om det kommer vara tillåtet att använda inom EU efter 2021, då det nuvarande tillståndet löper ut (Official Journal of the European Union 2017). Detta har medfört att såväl träskydds-medelstillverkare, impregneringsföretag och nätägare runt om i Europa sedan en tid tillbaka börjat söka efter alternativa produkter. Med begränsning till trä- och träbaserade material har detta i huvudsak inneburit en satsning på att använda naturvuxna stolpar impregnerade med kopparbaserade träskyddsmedel. Dessa består av koppar som huvudsakligt aktivt ämne. Koppar är också den viktigaste komponenten i de potentiella ersättningsprodukter för kreosot, som bl a varit föremål för studier inom det europeiska forskningsprojektet Creo-Sub (Hundhausen 2017), jfr avsnitt 7 nedan.

I Sverige har dessutom ett helt annat material etablerat sig på marknaden sedan 2012, nämligen stolpar tillverkade i form av ett rör av granfanér som helt saknar träskyddsbehandling? Det faktum att stolparna helt saknar ett skydd mot rötangrepp har medfört att deras beständighet och förväntade brukstid kommit att ifrågasättas. Är det verkligen möjligt att leva upp till brukstider på 25-45 år eller längre, som förespeglas av tillverkarna (www.forsnas.se, www.eco-pole.se).

Stora nätägare som Vattenfall (Arnold Solmar, personlig kommunikation 2018) och E.ON (Joakim Hammarlund, personlig kommunikation 2018) har fattat

principbeslut att inte längre använda kreosotimpregnerade stolpar. Undantag medges dock i särskilda fall. När det gäller stolpar av trä har alternativen hittills i första hand handlat om stolpar impregnerade med kopparbaserade träskyddsmedel eller fanéristolpar.

Mot bakgrund av osäkerheten beträffande fanéristolparnas förväntade brukstid gav Energiforsk 2016-05-25 i uppdrag (Projekt EV 10234) åt RISE (tidigare SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut) att inleda en studie rörande fanéristolpars beständighet med fokus på följande moment:

- Inventering av fanéristolpar i ledningsnätet
- Igångsättning av accelererade fältprovningar med fanéristolpar i Sverige och USA
- Studier av fanéristolpar i bruk med avseende på eventuella biologiska angrepp, mekaniska defekter och andra observationer av betydelse för stolparnas funktion och brukstid

Dessutom omfattade uppdraget att ge en sammanfattande redovisning över hittills vunna erfarenheter med de kopparbaserade träskyddsmedlen, som delvis börjat ersätta kreosot, samt en uppdatering av ansatser när det gäller att hitta helt nya träskyddsprodukter med potential att ersätta kreosot för i första hand ledningsstolpar men även pålar och järnvägssliprar.

2 Fanerstolpar – material och tillverkning

Att tillverka rörformiga stolpar av fanér är ingen ny idé. Casco Nobel AB ansökte redan 1983 om ett patent avseende "Förfarande vid rörformiga träkonstruktioner" (Patent- och Registreringsverket 1983), och några få stolpar av fanér tillverkades, sannolikt baserade på Casco Nobels patent, och sattes ut i Bjurfors utanför Avesta någon gång under 1980-talet. Det har inte gått att få bekräftat om stolparna verkligen var tillverkade enligt det aktuella patentet, men stolparnas form, jfr avsnitt 6.3, pekar mot att det med stor sannolikhet är så. Det har heller inte kunnat fastställas exakt vilket år de sattes ut.

I Australien har forskning bedrivits rörande hållfasthetsegenskaper hos fanérbaserade stolpar tillverkade av gallringsvirke av en särskild eukalyptusart (*Eucalyptus cloeziana*), vanlig i planteringar i delstaten Queensland (Gilbert m fl 2014). Efter kontakt med en av författarna (McGavin, personlig kommunikation 2018) har bekräftats att inga stolpar verkligen tillverkats för installation i ledningsnätet.

Även i Japan har tillverkning och mekaniska egenskaper hos cylindriska, limmade konstruktioner av fanér av sugi cypress (*Cryptomeria japonica*) studerats (Hara m fl 1994), men inga studier över beständighet har hittats.

I Tyskland har nyligen ett utvecklingsprojekt avseende stolpar av träskyddsbehandlad LVL (Laminated Veneer Lumber) påbörjats (Bicke m fl 2018). Materialet är snarlikt det som används för de svenska fanerstolparna, men de tyska försöksprodukterna tillverkas inte som rör utan som limmade produkter med rektangulärt tvärsnitt. I LVL är samtliga fanérsnitt orienterade i samma riktning med fibrerna i balkens eller stolpens längdriktning. I fanerstolparna är några fanérsnitt orienterade med fibrerna tvärs längdriktningen.

Kommersiell tillverkning av fanerstolpar i Sverige har förekommit sedan 2012, då företaget Forsnäs Form AB började med sådan tillverkning vid sin fabrik i Österbymo. Sedan 2014 finns ytterligare en tillverkare, Ecopole AB, med säte i Borås och tillverkning i Lönsboda.

Tillverkningsmetodiken och utformningen av de båda företagens produkter ser något annorlunda ut, men gemensamt för båda är att stolparna tillverkas av fanér av svenskodlad gran, att fanéren sammanfogas med melamin-urea-formaldehydlim (MUF) med hårdare samt att stolparna inte är behandlade med någon träskyddsprodukt. Båda stolptyperna är dimensionerade för klasserna N och G enligt SS 436 01 04 (SIS 1996). Fanerstolpar placeras på 2 m sättdjup, dvs samma som gäller för impregnerade, naturvuxna trästolpar. Resning sker med hjälp av Grab John eller motsvarande utrustning. Klättring sker med stolpskor på samma sätt som för vanliga trästolpar. Ecopole-stolpen är patenterad (Patent- och Registreringsverket 2016), och hållfasthetsegenskaperna provades av SP i ett Energiforsk-projekt, där olika stolpmaterial jämfördes med avseende på olika hållfasthetsegenskaper (Dartfeldt 2015).

Forsnäs-stolpen (www.forsnas.se) består av ett yttre rör med en längd av 2 m och en inre kärna. Den inre kärnan fungerar som skarvkomponent för att sätta samman

flera stolpsektioner på plats till en stolpe med 12 m längd och i vissa fall till längder på 13 och 14 m, se Figur 2. Vid skarvarna används fransk skruv över och under skarven. Förekomsten av skarvar innebär att ändträfanér exponeras i skarvarna. Godstjockleken är totalt 55 mm, räknat på yttre rör och den inre kärnan. Den yttre diametern är 250 mm.



Figur 2. Montering av Forsnäs-stolpe på plats. Foto: Bo Vading

Ecopoles (www.eco-pole.se) tillverkningsteknik skiljer sig avsevärt från Forsnäs-stolpens. Stolpen består av ett innerrör och ett ytterrör. Båda rören består av halvor som formpressas i ett särskilt verktyg. Genom tryck och värme härdar limmet och halvorna får sin form. Varje halva består av 11 faner. Genom egenutvecklad teknik sammanfogas halvorna, ytter- och innerrör samt i längd. Sammanfogningen sker i ytterligare en press där tryck och värme (110 °C) används och där stolpen får sin slutliga form. Godstjockleken är 44 mm och den yttre diametern är 280 mm. Ecopole exponerar inte ändträ på samma sätt som Forsnäs-stolpen, men det finns horisontella skarvar i yttre fanér.

3 Fanérstolpar i bruk

Enligt uppgifter från tillverkarna av fanérstolpar har det tillverkats totalt ca 1 000 fanérstolpar i Sverige sedan 2012. Samtliga stolpar som levererats av tillverkarna har ännu inte kommit att sättas ut i näten av olika skäl. De kan t ex ligga i lager hos nätägare eller grossister som tillhandahåller materiel till nätägare. Det har därför inte varit möjligt att ge en fullständigt heltäckande sammanställning över användningen av fanérstolpar i Sverige. I Tabell 1 nedan ges emellertid en förhållandevis god bild över var fanérstolpar av olika fabrikat finns installerade. Huvuddelen av fanérstolparna finns installerade i södra delen av landet. I Figur 3 ges en exposé av bilder av fanérstolpar på några olika platser.



Gislaved: Ecopole



Reftele, Hässleberg: Ecopole



Finspång, Lotorp: Forsnäs



Ånga, Nyköping: Forsnäs



Skebokvarn: Ecopole



Stavsjö: Forsnäs



Ingarö: Forsnäs



Sättila-Fjärås: Forsnäs



Häringe: Forsnäs

Figur 3. Fanérstolpar från olika delar av södra Sverige.

Tabell 1. Exempel på var fanéristolpar finns installerade i elnät i Sverige samt på Åland.

Nätägare	Plats/närmaste ort	Tillverkare	Installerade (år)
E:ON	Allgunnen	Ecopole	2015
E:ON	Gusum	Ecopole	2016
E:ON	Ljungby/Hässleberg	Ecopole	2016
E:ON	Målilla	Ecopole	2016
E:ON	Virserum	Ecopole	2016
E:ON	Gamleby	Ecopole	2017
E:ON	Kisa	Ecopole	2017
E:ON	Valdemarsvik	Ecopole	2017
E:ON	Väckelsång	Ecopole	2017
E:ON	Älmhult	Ecopole	2017
Ellevio	Grötö/Gbg skärgård	Forsnäs	2016
Ellevio	Lidingö	Forsnäs	2015
Ellevio	Sätilla	Forsnäs	2012
Gislaved Energi	Gislaved	Ecopole	2014
Göteborgs Energi	Göteborg	Forsnäs	2016
Sandhult-Sandareds Elektriska Ek Fören	Sjögården, Ekås/Borås	Ecopole	2015
Jönköping Energi	Jönköping	Ecopole	2015
Tekniska verken, Linköping	Linköping	Forsnäs	2015
Tranås Energi	Torpa	Forsnäs	2014
Vattenfall	Häringe	Forsnäs	2014
Vattenfall	Lotorp/ sydväst om Rejmyre	Forsnäs	2014
Vattenfall	Skebokvarn/Flen	Ecopole	2015
Vattenfall	Ånga/Nyköping	Forsnäs	2013
Vattenfall	Sågartorp, Stavsjöbruk	Forsnäs	2014
Vattenfall	Stockholms skärgård, flera lokaler	Forsnäs	2013 – 2015
Ålands Elandelslag	Gregersö/Åland	Ecopole	2017

4 Fältprovningar

4.1 MATERIAL

För att undersöka beständighetsegenskaperna hos fanérstolpar under mera kontrollerade former har provningar i försöksfält etablerats på två platser, på RISE försöksfält i Borås och i Harrison Experimental Forest, Saucier, Mississippi, tillhörande Forest Products Laboratory (FPL) i Starkville, Mississippi, USA. Sistnämnda plats valdes med tanke på att förutsättningarna för att snabbare få eventuella biologiska angrepp är betydligt bättre än i Borås. Årsmedeltemperaturen i Saucier är ca 20 °C, medan den i Borås är ca 6,5 °C. Den genomsnittliga nederbörden per år är i Saucier ca 1 750 mm (www.usclimatedata.com) och i Borås, som är Sveriges nederbördsrikaste stad, ca 900 mm (www.climate-data.org). Ansvarig för försöken i USA är Dr Mark Mankowski vid FPL.

Fem små stolpar (pollare) av både Ecopole och Forsnäs tillverkning har placerats ut på respektive fält. I Borås placerades stolparna ut i början av oktober 2016 och i Saucier i mitten av mars 2017.



Figur 4. Fanérstolpar på försöksfältet i Borås, nyligen utsatta i oktober 2016.



Figur 5. a. Fanerstolpar och andra provstolpar upplastade för transport till försöksfältet i Saucier, Mississippi. Lägga märke till stålnätet runt delen som ska stå i marken. b. Kontrollstolpar av gran med och utan stålnät.

Samtliga provstolpar är försedda med tak som tillhandahållits av tillverkarna. Stolparna i Saucier är från bottenändan och upp till 1 m höjd försedda med ett finmaskigt stålnät runt om för att i möjligaste mån renodla biologiska angrepp till rötsvamp och undvika angrepp av termiter, som förekommer frekvent i området där försöksfältet finns, Figur 5a. Med tanke på att provstolparna i Saucier är försedda med ett stålnät i nedre delen, tillverkades kontrollstolpar av lokal gran med tvärsnittsmåtten 38 x 140 mm. Hälften av kontrollstolparna försågs med samma typ av stålnät som användes på fanerstolparna, Figur 5b.

Stolparna i Saucier sattes ut slumpvis enligt Figur 6. I Figur 7 visas en bild av stolparna på fältet.



Figur 6. Plan över prov- och kontrollstolpar i fältet i Saucier, Mississippi.



Figur 7. Stolparna på försöksfältet Saucier då de var nyligen utsatta. Forsnäs-stolparna är de kortare stolparna. De allra kortaste proverna som syns på bilden är kontrollstolparna.

4.2 BESIKTNINGSMETODIK – FÖRSÖKSSTOLPAR I BORÅS SAMT STOLPAR I BRUK

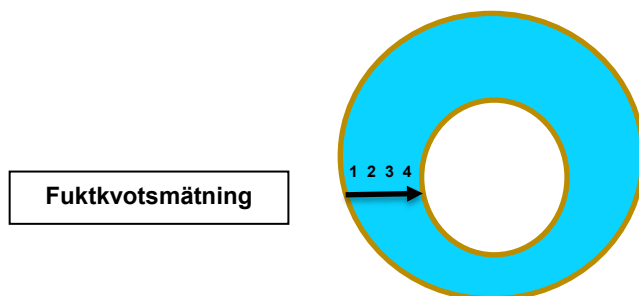
Avsikten är att följa utvecklingen av biologiska angrepp under ett ännu inte fastställt antal år framöver med årliga inspektioner av provstolparna i Borås enligt följande metodik, som även i princip tillämpats på de inspektioner av stolpar i bruk som genomförts under hösten 2017:

- I och omkring markbandet, och där det i övrigt kan vara relevant, undersöks provstolparna genom petning med en syl för att känna om stolpen är mjuk och därmed få en indikation om det föreligger ett angrepp av röta. Stolparna på försöksfältet i Borås bedöms enligt den bedömningsskala som finns i den europeiska standarden EN 252 (CEN 2014), se Tabell 2, medan sylens inträngningsdjup har tillämpats för stolparna i bruk.

Tabell 2. Bedömningsgrader för rötangrepp enligt EN 252.

Bedömning	Rötindex	Beskrivning
0	0	Helt frisk – inte ett spår av röta
1	25	Mycket lätt rötangrepp (böjhållfastheten opåverkad)
2	50	Måttligt rötangrepp
3	75	Kraftigt rötangrepp
4	100	Mycket kraftigt rötangrepp – staven utdömd (träet har förlorat sin böjhållfasthet och kan lätt brytas av)

- Fuktkvoten mäts i markbandet, strax under markbandet och, där det bedöms relevant, över markbandet, med hjälp av en elektrisk fuktkvotsmätare. Mätningar görs på fyra djup från stolpens yta och inåt, se Figur 8. Medelvärdet av de fyra mätvärdena redovisas i protokoll. Utslag på fuktkvotmätaren över 30 % betraktas som osäkra och redovisas som >30 %. Utslag på fuktkvotsmätaren som visar "HIGH", dvs mycket hög fuktkvot betraktas som mycket osäkra och redovisas som >>30 %.
- Observationer av intresse, t ex sprickbildning, synliga svampmycel på stolpytan, korrosion på fästdon etc noteras i protokoll.



Figur 8. Positioner från ytan och inåt för mätning av fuktkvot (stolpe i tvärsnitt).

Proverna i Borås inspekterades en första gång efter 12 månaders exponering den 18 oktober 2017.

4.3 BESIKTNINGSMETODIK – FÖRSÖKSSTOLPAR I USA

Den första inspektionen efter 6 månaders exponering av stolparna i Saucier den 21 september 2017 gjordes enbart visuellt. Den andra och senaste inspektionen efter 10 månaders exponering, som utfördes den 24 januari 2018, gjordes likaledes visuellt, men därutöver gjordes fuktkvotsmätningar på samtliga provstolpar. På stolpar med stålnät nedtill mättes fuktkvoten på två ställen på den sida som vette mot väst just ovanför stålnätet på ca 45 cm avstånd från markbandet. Eftersom det bedömdes som alltför arbetskrävande att ta bort stålnätet, och dessutom kunde innebära risk för angrepp av termiter, mättes inte fuktkvoten på några andra ställen på de stålnätsförsedda stolparna. På kontrollstolparna utan stålnät mättes fuktkvoten däremot på två ställen på den sida som vette mot väst ca 10 cm över markbandet, vid, och ca 10 cm under markbandet. Även om inga fuktkvotsmätningar kunde göras under markbandet på de stålnätsförsedda stolparna, frilades dessa ändå till ca 15 cm djup för observationer.

4.4 RESULTAT FRÅN BESIKTNINGARNA I BORÅS

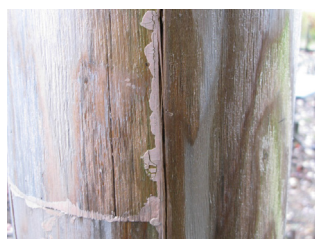
En sammanfattning av resultaten från inspektionen i Borås redovisas i Tabell 3 samt i Figur 9.

Resultaten från inspektionerna visar att:

- samtliga försöksstolpar redan efter ett års exponering fått begynnande angrepp av röta i yttre fanér under markbandet
- fuktkvoterna i och under markbandet var över 30 % och därmed gynnsamma för angrepp av svamp; på flera av stolparna fanns synligt svampmycel under markbandet
- man vid en jämförelse mellan Ecopole och Forsnäs-stolpen kan konstatera att Ecopole hade konsekvent högre fuktkvot både 10 cm från topp och runt markbandet än Forsnäs-stolpen. Det finns ingen omedelbar förklaring till det senare, men att Ecopole hade högre fuktkvot i toppen skulle möjligen kunna förklaras med att taken på provstolparna inte har samma överhäng som Forsnäs-stolpen på grund av radiell svällning av träet i utemiljön, vilket framgår av Figur 9.

Tabell 3. Sammanfattande resultat från inspektion av fanérstolpar efter 12 månaders exponering i RISE försöksfält i Borås.

Prov nr	Fuktkvot, medelvärde, (%)			Rötgrad EN 252	Observationer
	10 cm fr topp	Markband	Under markband		
Ecopole 7491	>>30	>30	>>30	1-2	Synligt mycel under markbandet; stor spricka i längsgående skarv; kvistar poppar ut från yttersta lamellen
Ecopole 7492	>30	>30	>30	1	Synligt mycel under markbandet
Ecopole 7493	28	>30	>30	1-2	Synligt mycel under markbandet
Ecopole 7494	28	>30	>30	1	Lång spricka i längsgående skarv
Ecopole 7495	>30	>30	>30	1	Rikligt med synligt mycel under markbandet
Forsnäs 7496	23	>30	>30	1	Längsgående spricka i yttre fanér; synligt mycel på ytan under mark
Forsnäs 7497	22	>30	>30	0-1	Inget särskilt
Forsnäs 7498	23	29	>30	1	Längsgående spricka; Vitt fält på stolpen under mark, sannolikt p g a luftspalt som orsakats av dålig igenfyllning vid stolpens installation
Forsnäs 7499	22	>30	>30	0-1	Inget särskilt
Forsnäs 7500	21	>30	>30	0-1	Inget särskilt



Ecopole 7491. Stor längsgående spricka



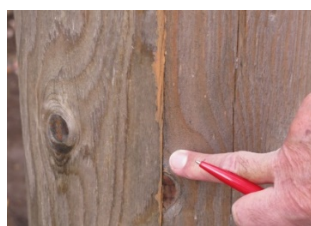
Ecopole 7491. Mycel under markbandet



Ecopole 7494. Lång spricka i skarv



Ecopole 7495. Rikligt med mycel



Forsnäs 7496. Spricka i yttre fanér



Forsnäs 7496. Lite mycel under mark



Ecopole med stolptak



Detalj som visar att stolptaket på Ecopole inte når ut helt över toppen på stolpen (pilen)



Forsnäs med stolptak

Figur 9. Illustrationer till första inspektionen av fanérstolpar på försöksfältet i Borås 2017-10-18.

4.5 RESULTAT FRÅN BESIKTNINGARNA I USA

Den första inspektionen som gjordes redan efter ca 6 månaders exponering kan sammanfattas enligt följande:

- samtliga stolpar med stålnät hade indikationer på höga fuktkvoter vid markbandet; på grund av stålnätet gjordes dock inga mätningar
- inga stålnätsförsedda stolpar hade angrepp av termiter, vilket var förväntat
- för fyra av fem kontrollstolpar utan stålnät fanns däremot termiter i marken runt stolparna, vilket indikerade god närvaro av termiter på försöksytan; i Figur 10 ses en tunnel som termiter byggt på utsidan av en kontrollstolpe utan stålnät.



Figur 10. Kontrollstolpe med termitangrepp.

Vid inspektionen efter 10 månader var samtliga kontrollstolpar utan stål nät angripna av termiter, hade en genomsnittlig fuktkvot på 32 % vid och 10 cm under markbandet och visade tecken på begynnande röta (Figur 11). Inga synliga tecken på angrepp av termiter eller röta observerades på de stål nät försedda provstolparna. Marken runt stolparna var emellertid fuktig (Figur 12) och togs som en indikation på att även de stål nät försedda stolparna kunde ha en fuktkvot över ca 30 % i och under markbandet med troliga begynnande rötangrepp som följd.



Figur 11. Kontrollstolpe nr 2 utan stål nät efter 10 månaders exponering. Medelfuktkvoten för kontrollstolparna var 19,4 % ca 10 cm ovanför markbandet. Vid och ca 10 cm under markbandet var den 32 %, indikerande höga fuktkvoter även i de stål nät försedda stolparna.



Figur 12. Ecopole nr 20 efter 10 månaders exponering. Medelfuktkvoten för Ecopole provstolpar var 16,5 % ca 45 cm ovan markbandet. Observera att marken vid och under markbandet i bilden t h är fuktig, vilket indikerar en fuktkvot i stolpen på över 30 %.

5 Fältförsök med pollare av Ecopole i Sjömarken, Borås

Fem pollare utsatta av Ecopole AB vid Vattenfalls ställverk i Sjömarken strax utanför Borås 2015-11-02, numrerade enligt Figur 13, besiktigades 2017-10-18. I princip samma besiktningsprocedur som beskrivs i avsnitt 4.2 tillämpades.



Ecopole pollare vid utsättning vid Vattenfalls ställverk i Sjömarken 2015-11-02



Ecopole pollare vid inspektionstillfället 2017-10-18



Hönsnät spänt över pollares topp

Figur 13. Pollare av Ecopole vid Vattenfalls ställverk i Sjömarken.

Marken där pollarna är utsatta utgörs av utfyllnad med sandig jord med inslag av små stenar. Pollarna saknar tak och botten men har ett hönsnät spänt över toppen, se Figur 13. Samtliga pollare var vid inspektionstillfället fyllda med vatten nedtill. Vattendjupet mättes dock ej.

Pollare nr 3 ytbehandlades med SiOO , en kiselbaserad träskyddsprodukt, före utsättning. Pollare nr 2 och 4 är försedda med ett bandage av PoleSaver fabrikat (www.postsaver.com). Pollare nr 5 är likaså försedd med ett bandage av krympslang-typ, men av annan karaktär än PoleSaver och av något tjockare plast. Uppgift om tillverkare/ursprung saknas. Pollarna försedda med bandage inspekterades inte med avseende på eventuella biologiska skador. Däremot mättes fuktkvoten i pollare nr 4 och 5.

En sammanfattning av resultaten från inspektionen redovisas i Tabell 4.

Tabell 4. Sammanfattande resultat från inspektion av Ecopole pollare efter närmare 24 månaders exponering i Sjömarken, Borås.

Pollare nr	Fuktkvot, medelvärde (%)			Inträngning av syl (mm) under markbandet	Observationer
	10 cm fr topp	Markband	Under markband		
1	>30	>30	>>30	Ca 5	Synligt mycel under markbandet.
2	-	-	-	Mättes ej	-
3	27	>30	>30	Ca 3	-
4	>30	>>30	>>30	Mättes ej	Fuktkvot >30 % strax ovanför bandage. Bandaget något skadat i överkant.
5	-	>30	-	Mättes ej	Fuktkvot 27% ovanför skarv. Liten skada i plastbandaget.

Resultaten från inspektionen i Sjömarken visar att:

- för proverna utan bandage (nr 1 och 3) hade röta etablerat sig i de yttre fanérskikten
- fuktkvoterna i och under markbandet var gynnsamma för etablerandet av röta
- skyddseffekten av bandagen kring markbandet inte var meningsfull att utvärdera efter så kort exponeringstid. För utvärdering krävs att bandagen avlägsnas.

6 Undersökning av fanérstolpar i bruk

6.1 INLEDNING

Denna del av studien har omfattat tre olika moment:

- Undersökning på RISE laboratorium av två stolpar som tagits upp från ledningsnät tillhörande Vattenfall
- Undersökning på RISE laboratorium av en sektion från fanérstolpe, tillverkad på 1980-talet och i bruk i 25-30 år
- Inspektioner av stolpar i bruk på fem olika platser: Häringe söder om Stockholm, Ånga nordost om Nyköping, Ekås strax norr om Borås, Jöddesgård mellan Sätilla och Fjärås i nordöstra Halland samt Allgunnen mellan Nybro och Högsby i Småland.

6.2 UNDERSÖKNING AV FANÉRSTOLPAR LEVERERADE TILL RISE LABORATORIUM

Innan några inspektioner av stolpar installerade i ledningsnätet gjordes, genomfördes inledande studier av två stolpar av Forsnäs tillverkning, levererade av Vattenfall, i RISE laboratorium i Stockholm. En stolpe levererades den 14 september 2016 och kom från linje Ånga, nordost om Nyköping. Den hade knäckts i samband med nedfallande träd på en ledning tidigare under hösten. Den andra stolpen kom från linje Häringe och hade tagits upp, eftersom den vid intern inspektion hade bedömts som ovanligt mjuk med misstänkt röta i markbandet. Denna stolpe levererades den 5 december 2016. Båda dessa stolpar hade varit utsatta i ledningsnätet i ca 2 år innan de togs upp.



Stolpen från Ånga levereras.

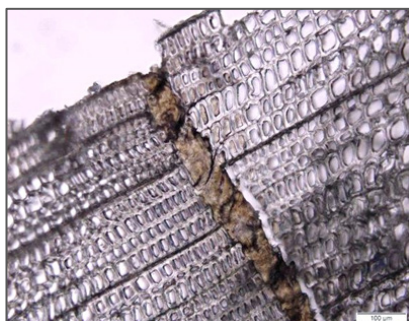


Stolpen från Häringe utanför RISE laboratorium.

Figur 14. Stolpar för undersökning i RISE laboratorium i Stockholm.

Vid en okulär besiktning av stolparna kunde inga andra biologiska angrepp än missfärgande svamp konstateras. Prover från båda stolparna analyserades genom mikroskopering, varvid konstaterades begynnande angrepp av mjukröta (soft rot).

En analys med hjälp av ljusmikroskopi visade också att limmet i fogarna mellan fanéren hade en inträngning i trämaterialiet på maximalt ca 0,1 mm, se Figur 15.



Figur 15. Ljusbild på tvärsnitt av limmad fanér med limfogen i mitten av bilden.

Försök gjordes med en sk resistograf för att se om detta instrument skulle kunna fungera vid kommande inspektioner av stolpar i ledningsnätet med avseende på eventuell rötskada. Inga tillförlitliga resultat erhöles vid inledande mätningar på laboratorium, vilket ledde till beslutet att inte använda resistografen vid inspektionerna i fält.

6.3 ANALYS AV PROV FRÅN FANÉRSTOLPE FRÅN BJURFORS, AVESTA

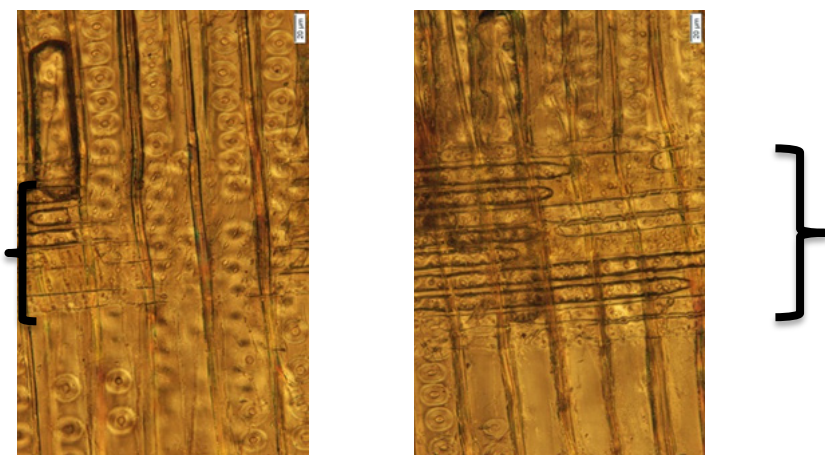
En sektion från en fanérstolpe från Bjurfors utanför Avesta, som enligt uppgift skall ha tillverkats av Stora Kopparberg och installerats 1986, levererades under maj 2017 till RISE för analys. Sektionen var uttagen strax ovanför markbandet från en stolpe som tidigare lyfts ut från nätet, Figur 16. Exakt när har inte gått att klarlägga, men det får antas att stolpen varit i bruk under 25-30 år.



Figur 16. Bjurforsstolpen på plats (t v) och sektion levererad för analys (t h).

Stolpen var sammansatt av två halvor tillverkade av 12 lager fanér av gran, i stolpens längdriktning orienterade längs (L) och tvärs (T) fiber enligt följande mönster LTLTLLTLLTL. Formen på röret är något ovals. Fenolformaldehydlim hade använts och densiteten på stolpgodset uppmättes till 520-570 kg/m³.

Vid en okulär besiktning konstaterades att ytan på utsidan var anfräkt av tidens tand med omfattande sprickbildning men såg för övrigt frisk ut, se Figur 16. Vid mikroskopisk analys kunde inga biologiska angrepp konstateras, jfr Figur 17.



Figur 17. Ljuskopibild på longitudinella radiella snitt av fanér från stolpen från Bjurfors. Porerna mellan träfibrerna och mörkstrålen i mitten av bilden är små och karakteristiska för gran. Inga angrepp av röttsvamp kunde noteras.

Eftersom stolpsektionen hade en svagt grönaktig färg tydde detta på att fanéren var träskyddsbehandlade med något träskyddsmedel som var i bruk i mitten av 1980-talet. En kemisk analys utfördes därför vid RISE kemilaboratorium i Borås. Analysen visade att provet innehöll ca 0,22 % m/m koppar, men inget krom eller arsenik. Halten koppar ger en klar indikation på att fanéren varit tryckimpregnerade, sannolikt med en produkt som hette Cuprinol Tryck (Nordiska Träskyddsrådet 1986).

6.4 UNDERSÖKNING AV STOLPAR I HÄRINGE

Sex stolpar, benämnda VZ688, VZ686, VZ685, VZ684, VZ683 samt VZ703, av Forsnäs tillverkning inspekterades 2017-09-12 i en linje tillhörande Vattenfall nära Häringe slott i Haninge kommun, söder om Stockholm. Stolparna var installerade 2014.

De undersökta stolparna var utsatta i något olika miljöer: längs ett dike, i skog med leraktig jord nära en rastplats, i fuktig skog med höga buskar samt i ekskog med torra markförhållanden.

Stolparna undersöktes i stort sett enligt metodiken beskriven i 4.2 ovan, och en sammanfattning av resultaten från inspektionen redovisas i Tabell 5.

Tabell 5. Sammanfattande resultat från inspektion av fanéristolpar i Häringe efter ca 3 års exponering.

Stolpe nr	Fuktkvot, medelvärde (%)			Inträngning av syl (mm) vid markbandet	Observationer
	Ca 1,5 m över markbandet	Markband	Under markbandet		
VZ683	29	-	>30	12-13	Placering: torr mark i ekskog; synliga svamphyfer under mark; rostangripen skruv 1 cm i spetsen
VZ684	24*	>30	25	6-7	Placering: längs ett dike; *40 cm ovan markbandet
VZ685	22	-	29	2	Placering: längs ett dike; träet kändes förhållandevis hårt
VZ686	20	-	29	10	Placering: längs ett dike
VZ688	20*	24	>30	10	Placering: i skog bredvid rastplats, lerjord; *Baserat på 12 mätningar; Fuktkvot (medelvärde av sex mätningar) på ytan runt skarv, 21 %; spetsar på undersökta skruvar var rostiga
VZ706	21	26*	>30	6-7	Placering: fuktig skog med höga buskar; *50 cm ovan markbandet

Resultaten från inspektionerna i Häringe kan sammanfattas med att:

- samtliga inspekterade stolpar hade mer eller mindre utvecklade angrepp av röta; mest angripen var stolpen i ekskog med synligt mycel under markbandet
- fuktkvoterna under markbandet var generellt gynnsamma för angrepp av röta

Ett fotocollage sammanställt av Arnold Solmar, Vattenfall, från inspektionen i Häringe visas i Figur 18.



Figur 18. Fotocollage från inspektionen i Häringe 2017-09-12. Bilden överst t v är från RISE laboratorium, där stolpar som inkommit för analys enligt avsnitt 6.2 inspekterades.

6.5 UNDERSÖKNING AV STOLPAR I ÅNGA, NYKÖPING

Sex stolpar, numrerade 7 till 13, av Forsnäs tillverkning inspekterades 2017-10-11 i en linje tillhörande Vattenfall vid Ånga, strax nordost om Nyköping. Stolparna var enligt företagets märkskylt, Figur 19, tillverkade 2013, och enligt tillgängliga uppgifter från Vattenfall sattes de ut samma år.



Figur 19. Märkskylt på stolparna vid Ånga.

Fem av de inspekterade stolparna står längs en linje nära en havsvik och på betesmark med fuktig lerjord. Den sjätte stolpen är utsatt i samma linje men i granskog i högre terräng.

Inspektionen genomfördes enligt metodikbeskrivning i avsnitt 4.2, och en sammanfattning av resultaten från inspektionen redovisas i Tabell 6.

Tabell 6. Sammanfattande resultat från inspektion av fanérstolpar i Ånga, Nyköping efter närmare 4 års exponering.

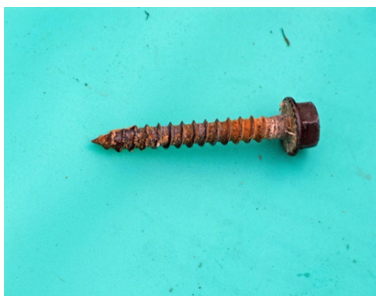
Stolpe nr	Fuktkvot, medelvärde (%)				Inträngning av syl (mm) vid markbandet		Observationer
	Första skarv över mark	ÖVER	Markband	Under markbandet	MARK	Under MARK	
7	17	24	28	>30	7-9 16	14-	Svampfruktkroppar strax ovanför markbandet; fuktspår från skruvhål nära markbandet; rostangripen skruv
8	26	24	>>30	>>30	5 3		Svampfruktkroppar o algpåväxt strax ovanför markbandet; skruv helt rostangripen
9	23	>30	>>30	>>30	2 3		Fritt vatten strax under markbandet; knivblad trängde in 5 mm i öppen skarv
10	>>30	24	>30	>30	3-4 7		Fritt vatten strax under markbandet; knivblad trängde in 5 mm i öppen skarv
11	27	>30	>>30	>>30	10-11 5-6		Fritt vatten strax under markbandet; knivblad trängde in 5 mm i öppen skarv; svampfruktkroppar samt algpåväxt strax ovanför markbandet; vatten sipprade ner från skada ovanför markbandet; delaminering av fanér vid skarv; skruv helt rostangripen
13	24	21	25	>>30	4-5 10-15		Skruvspets rostangripen; stolpen står i dränerad skogsjord och får bara lite solljus; ser förhållandevis fräsch ut

Några karakteristiska bilder från inspektionen redovisas i Figur 20.

En tid efter besiktningen lyftes stolpe nr 7 ut och en drygt 4 m lång sektion från nedre delen av stolpen transporterades till RISE laboratorium i Stockholm för närmare analys med avseende på biologiska och mekaniska skador.



Stolpe nr 7. Syl trängde in 14-16 mm strax under markbandet



Stolpe nr 8. Skruv helt rostangripen



Stolpe nr 9. Fritt vatten under markbandet



Stolpe nr 10. Knivblad trängde in 5 mm i öppen skarv



Stolpe nr 11. Fruktkroppar och algpåväxt strax ovan markbandet



Stolpe nr 11. Delaminering vid skarv

Figur 20. Bilder från inspektionen vid Ånga.

Före uppsågning av den erhållna stolpsektionen i tre delar – 1 övre delen, 2 mittdelen inklusive markbandet, 3 rotänden från strax under markbandet och nedåt - noterades att:

- rotänden var täckt med lera
- rotänden var nedtill försluten med en bottenplatta
- det fanns synlig påverkan av röta i markbandet
- i den övre skarven stack den undre delen ut ca 2 mm och hade fungerat som en fuktfälla. Petning med syl resulterade i 8 mm inträngning under skarven och 5 mm ovanför skarven.

I samband med uppsågningen, som gjordes så att varje sektion kom att innehålla en skarv, observerades att:

- Skruvar vid övre skarven var rostiga i spetsen; skruvarna vid nedre skarvar var helt angripna av rost
- Vid kapning strax ovanför bottenplattan rann det ut en hel del vatten som samlats i stolpen, sannolikt genom inträngning utifrån via skarvar. Genom att det inre röret inte gick ända ner till bottenplattan, bildades en sorts ficka som kunde hålla vatten även om stolpen låg horisontellt.
- Vid den översta skarven fanns påväxt av missfärgande svamp i exponerade tvärsnitt
- Sektion 1 såg fin ut på insidan med en fuktkvot på 19-21 %
- Sektion 2 uppvisade färgskiftning invändigt på grund av fukt vid markbandet samt uppkomst av missfärgande svamp mellan yttre och inre rör. Fuktkvoten i

övre delens insida var 23 %, medan den var över 30 % på insidan vid markbandet samt på utsidan av det inre röret

- Sektion 3 var mycket tyngre än övriga på grund av högre fuktupptagning; flera mätningar på insidan gav värden över 30 %. Insidan uppvisade också färgskiftning invändigt på grund av missfärgande svamp.

Några bilder från uppsågningen och inspektionen av stolpe nr 7 på RISE laboratorium visas i Figur 21.

Resultaten från inspektionerna i Ånga samt analysen på laboratorium av stolpe nr 7 som lyfts ut kan sammanfattas med att:

- samtliga stolpar hade mer eller mindre utvecklade angrepp av röta i och under markbandet; synliga svampfruktkroppar och algpåväxt förekom, det senare ovan markbandet
- stolpar som står i extremt, och sannolikt mer eller mindre konstant, fuktig miljö med fritt vatten kring rotänden (stolpe nr 8, 9, 10, 11 (under markbandet)) hade inte lika fullt utvecklad röta som stolpar där fuktförhållandena inte var lika extrema. Om träet är vattenmättat utvecklas röta långsammare.
- flera undersökta skruvar var kraftigt rostangripna, vilket tyder på gynnsamma fuktbetingelser i träaterialet, möjligen i kombination med att skruvarnas korrosionsskydd inte är tillräckligt bra.



Sektion från nedre delen av stolpe nr 7 vid leverans till RISE



Uppsågning av stolpsektionen



Insidan av sektion 1, 2 och 3



Närbild av rötskada i markbandet



Närbild av skarv



Det inre röret går inte ända ner till bottenplattan

Figur 21. Bilder från uppsågning och analys av stolpe nr 7 från Ånga.

- begynnande delaminering förekom med början vid skarvar mellan sektioner
- skarvarna utgör fuktfällor; mer fukt ansamlas under skarven varvid den undre sektionen sväller och på sikt ökar risken för fuktansamling och ökad risk för rötangrepp
- uppsågningen av stolpe nr 7 visade att det förelåg god korrelation mellan den bedömning av stolpens kondition som gjordes vid inspektionen och den analys som sedan gjordes på RISE laboratorium. Särskilt rötskadan kring markbandet framträder tydligt när stolpen klyvts på längden.
- ingen begynnande röta noterades ännu på insidan av stolpen, däremot hade påväxt av missfärgande svamp börjat etablera sig, där det uppenbarligen var rätt kombination av ytfukt och temperatur.

6.6 UNDERSÖKNING AV STOLPAR I EKÅS, BORÅS

Tre Ecopole-stolpar utsatta i februari-april 2015 i Sjögården, Ekås, strax norr om Borås besiktigades 2017-10-18. Stolparna tillhör Sandhult-Sandareds Elektriska Ekonomiska Förening. Den för projektet använda numreringen framgår av Figur 22.

Stolpe nr 1 stod i vattensjuk mark av jord med inslag av lera. Stolparna nr 2 och nr 3 står i högre terräng i till synes väl dränerad mark bestående av sandig jord.

Inspektionen genomfördes enligt metodikbeskrivning i avsnitt 4.2, och en sammanfattning av resultaten från inspektionen redovisas i Tabell 7. Ett prov för mikroskopisk analys togs ut från stolpe nr 3.



Figur 22. Stolparnas numrering.

Tabell 7. Sammanfattande resultat från inspektion av fanéristolpar i Ekås, Borås efter ca 2,5 års exponering.

Stolpe nr	Fuktkvot, medelvärde (%)				Inträngning av syl (mm) strax under markbandet	Observationer
	Första skarv över mark	ÖVER	Markband	Under markbandet		
1	21	28	>30	>>30	Ca 5	6 stora hackspettthål i toppen av stolpen; delaminering ca 1 m ovan mark; en lamell släppt; klämskada nedtill orsakad av Grab John; Ganska mjuk även 1,5 m från markbandet
2	30	30	>30	>30	3-4	2 hackspettthål i toppen av stolpen; klämskada nedtill orsakad av Grab John
3	>30	>30	>30	>30	Ca 3	3 stora hackspettthål i toppen av stolpen; delaminering under markbandet

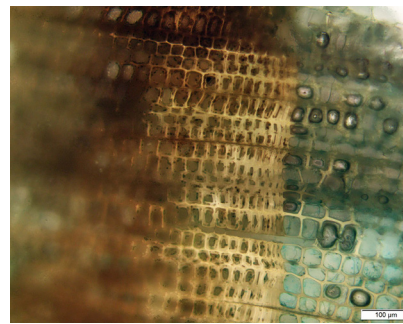
Några karakteristiska bilder från inspektionen redovisas i Figur 23.



Stora hackspettthål i stolpe nr 1



Delaminering i ytan av stolpe nr 1



Ljuskroskopisk bild på mjukröte-kaviteter i cellväggarna. Svamphyfer (blåa streck) syns i vårveden.

Figur 23. Foton från inspektionen i Ekås.

En tid efter besiktningen lyftes stolpe nr 1 ut och transporterades 2017-11-03 till RISE laboratorium i Borås för närmare analys med avseende på biologiska och mekaniska skador.

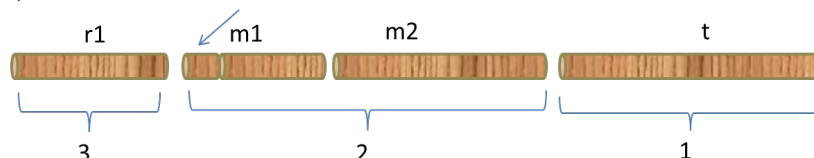
Före uppsågning av stolpen i tre delar – 1 övre delen, 2 mittdelen inklusive markbandet, 3 rotändan från strax under markbandet och nedåt - noterades att:

- stolpen var 12 lång och försedd med ett tak av plåt förankrat med tre spikar
- i markbandet (ca 1,75 m från rotändan) fanns mekaniska skador orsakade av Grab John, jfr Tabell 7, med söndertrasade fibrer vilket lett till fuktackumulering och begynnande rötangrepp till ca 10 mm djup
- ca 1 m nedåt från toppen fanns påväxt av alger och missfärgande svamp på insidan
- totalt 6 stora hackspettshål fanns i över- samt mittdelen av stolpen.

- sektion 3 kändes avsevärt tyngre än de övriga på grund av högt fukttinnehåll.

Uppsågnen gjordes enligt Figur 24 nedan.

1,38 m från botten till markbandet



Figur 24. Mönster för uppsågning av stolpen.

I samband med uppsågnen gjordes följande observationer:

- insidan av stolpen över markbandet var frisk och torr; det fanns en markant gräns vid markbandet, där insidan av sektion r1 var fuktig ända ned till rotänden, vilket verifierades med fuktmätningar enligt Tabell 8
- överskott av lim fanns i fläckvisa klumpar på insidan
- angrepp av missfärgande svamp fanns på insidan av markbandssektionen m1

Tabell 8. Fuktmätningar i de uttagna sektionerna

Stolpsektion	Fuktkvot på ytan (%)	Fuktkvot i mitten av stolpgodset (%)
Topp (t)	11	11
Mellan (m2)	10	11
Markband (m1)	25	20
Rotände (r1)	>>30	>>30

Resultaten från inspektionerna i Ekås samt analysen på RISE laboratorium i Borås av stolpe nr 1 som lyfts ut kan sammanfattas med att:

- stolparna hade måttliga angrepp av mjukröta (soft rot) i de yttre fanéren
- fuktförhållandena under mark var gynnsamma för rötangrepp
- samtliga stolpar hade hål i toppen orsakade av hackspettar
- klämskador orsakade i samband med resning kan medföra att fuktfällor uppstår, som i sin tur kan medverka till etablering av röta och orsaka delaminering

Uppsågnen av stolpe nr 1 visade att det förelåg god korrelation mellan den bedömning av stolpens kondition som gjordes vid inspektionen och den analys som sedan gjordes på RISE laboratorium. Rötangreppen i de yttre fanéren verifierades när stolpen klövs på längden. Inga rötangrepp noterades på insidan av stolpen, medan däremot riklig påväxt av missfärgande svamp förekom där stolpen var som fuktigast.

I Figur 25 visas några bilder från uppsågnen av stolpen.



Angrepp av missfärgande svamp på insidan i rotänden av stolpen



Klämskada orsakad av Grab John



Insidan av toppsektionen



Fläck av överskottslim på insidan av stolpen



Insidan av övre delen av mittsektionen m2 såg torr och fin ut



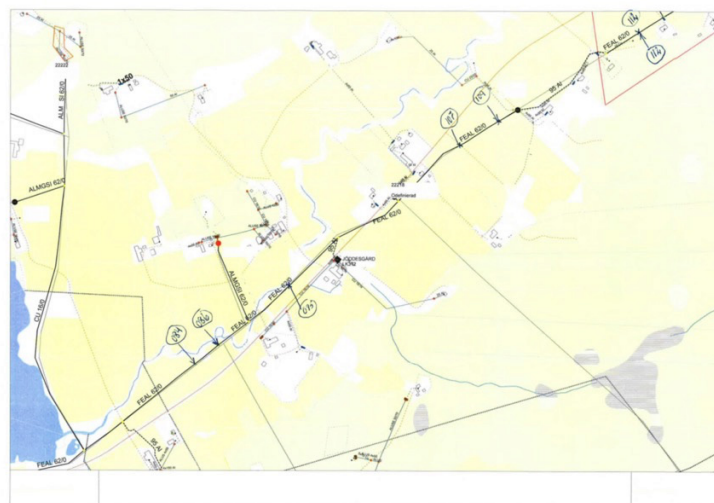
Nedre delen av mittsektionen visar markbandet med tydlig påväxt av missfärgande svamp på insidan och angrepp av röta i de yttre fanéren på utsidan

Figur 25. Några bilder från uppsägningen av Ecopole-stolpe från Ekås, Borås.

6.7 UNDERSÖKNING AV STOLPAR MELLAN SÄTILA OCH FJÄRÅS

Fyra Forsnäs-stolpar, tillhörande Ellevios område OT261 Ålgårda L222 Sätila, längs vägen mellan Sätila och Fjärås i Hallands län och installerade år 2012 inspekterades enligt gängse rutiner 2017-10-19. Stolparna som inspekterades var numrerade 107, 109, 086 och 095, och placering framgår av Figur 26. På grund av problem med den elektriska fuktmätaren kunde inga fuktkvotsmätningar göras på stolparna 086 och 095.

Resultat från inspektionerna redovisas i Tabell 9 samt i Figur 26.



Figur 26. Stolparna med nummer 86, 95, 107 och 109 nära Jöddesgård, längs vägen mellan Sätla och Fjärås inspekterades 2017-10-19.

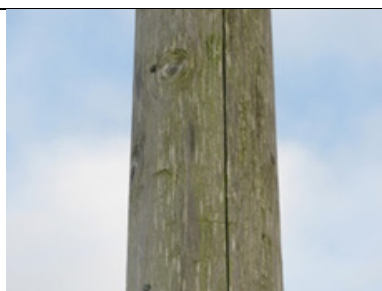
Tabell 9. Sammanfattande resultat från inspektion av fanérstolpar mellan Sätla och Fjärås efter ca 5 års exponering.

Stolpe nr	Fuktkvot, medelvärde (%)			Inträngning av syl (mm)	Observationer
	Första skarv över markbandet	Markband	Under markbandet		
107	24	>>30	>>30	Ca 5, 25 cm ovan mark; ca 10 under markbandet; 5-10 vid klämskada; 10-25 ovanför nedre skarv	Placering: gödslad jordbruksmark, jord med inslag av lera; fuktkvot >> 30 % ovan och under nedre skarv; Långa yttre sprickor upp till ca 5 mm breda; riklig algpåväxt på ytan
109	>30	>>30	>>30	10-15 vid skruv ca 2 m över mark; 3-5 strax ovanför mark; ca 25 vid markbandet; 5-6 under markbandet	Placering: gödslad jordbruksmark, jord med inslag av lera; mycket blött i marken runt stolpen; synligt mycel strax under markbandet; något bättre fysiskt skick än stolpe 107, men delamineringar vid skarv ca 2 m över mark
095	-	-	-	Ca 30 över skarv ca 2 m över mark; ca 50 (hela sylspetsen) under skarven; 25-30 runt skruv ovan skarv; 5-15 på flera ställen i första sektionen ovan mark; ca 15 vid	Placering: gödslad jordbruksmark, jord med inslag av sand; stora längsgående sprickor 5-8 mm breda; i nedre sektionen djupa sprickor; fläckvis algpåväxt och synliga fruktkroppar på ytan; fuktfälla skapas p g a att nedre stolpsektionen har svällt något i över kanten och

086	-	-	-	markband; ca 5 under markband	sticker ut jämfört med den övre sektionen
				Ca 5 över och under skarv ca 2 m över mark; ca 10 vid markband; 5-6 under markband	Placering: gödslad jordbruksmark, jord med inslag av lera; gräs och vass växer runt stolpen; Längsgående sprickor, några i bara yttre fanér, några upp till 10-20 mm djup; synligt mycel strax under markbandet; fläckvis algpåväxt på stolpytan



Stolpe 107. Algpåväxt



Stolpe 107. Längsgående spricka



Stolpe 109. Spricka och delaminering

Stolpe 109. Synligt mycel under
markbandetStolpe 095. Hela sylspetsen trängde
in under skarvenStolpe 095. Djup spricka och
fläckvisa svampfruktkroppar på ytanStolpe 095. Fuktfälla p g a att nedre
sektionen sticker ut något jämfört
med övre sektionenStolpe 086. Synligt mycel under
markbandet

Stolpe 086. Flera längsgående sprickor

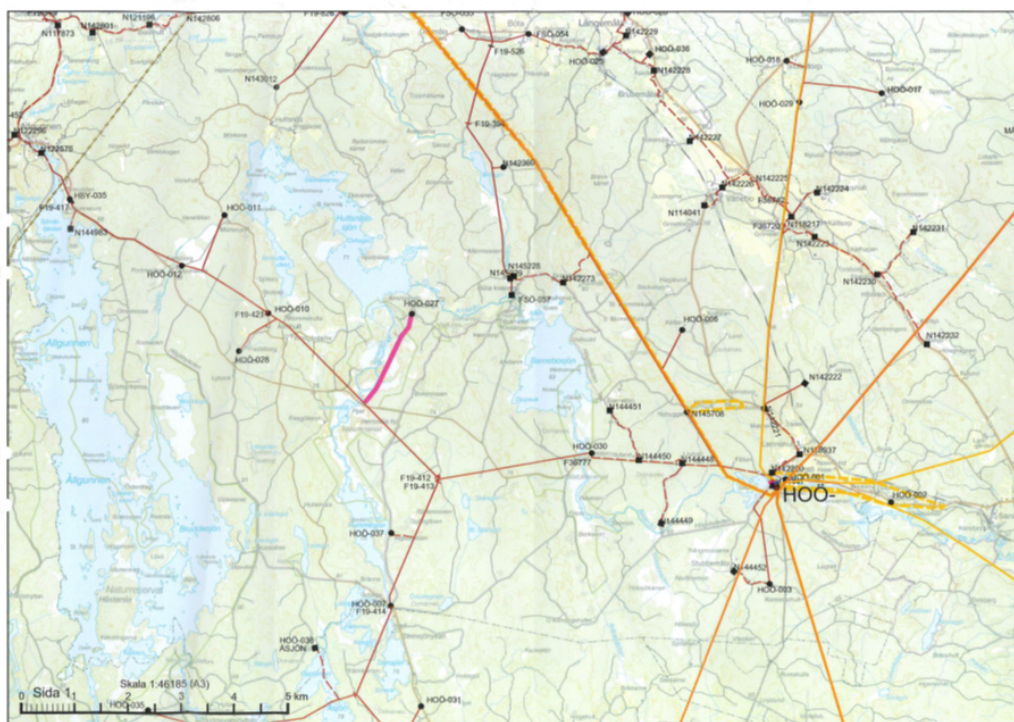
Figur 27. Bilder från inspektionen vid Jöddesgård mellan Sätilla och Fjärås.

Resultaten från inspektionerna vid Jöddesgård kan sammanfattas med att:

- samtliga stolpar hade förhållandevis kraftiga rötangrepp i och under markbandet samt kring skarven ca 2 m över mark
- sylens inträngning var något större i själva markbandet än längre ner, vilket tyder på att träet längre ner var närmare vattenmättad och att rötutvecklingen där var långsammare än vid markbandet
- algpåväxt och synliga fruktkroppar förekom
- längsgående sprickor av varierande bredd (5-8 mm) och djup (10-20 mm) förekom på samtliga stolpar
- att skarvarna mellan de olika sektionerna fungerar som fuktfällor bekräftades även för dessa stolpar

6.8 UNDERSÖKNING AV STOLPAR NÄRA ALLGUNNEN

Den sista inspektionen i fält inom ramen för projektet genomfördes 2017-11-30 av åtta stolpar av Ecopole tillverkning i en linje tillhörande E.ON vid Hornsö, nära Allgunnen mellan Högsby och Nybro, se Figur 28. Stolparna var utsatta under 2015.



Figur 28. Inspektionen gjordes längs rosa-markerad linje.

Resultat från inspektionerna redovisas i Tabell 10 samt i Figur 29.

Mätningar och observationer från inspektionen i linjen nära Allgunnen kan sammanfattas med att:

- samtliga inspekterade stolpar hade fått måttliga rötangrepp; stolpar satta med stenkilning hade mindre grad av angrepp än övriga stolpar satta i skogsjord respektive sankmark
- mekaniska skador och långsgående sprickor ökar risken för delaminering

Tabell 10. Sammanfattande resultat från inspektion av Ecopole fanérstolpar nära Allgunnen efter närmare tre års exponering.

Stolpe nr	Fuktkvot, medelvärde (%)			Inträngning av syl (mm) vid markbandet		Observationer
	Ca 1,5 m över markbandet	Markband	Under markbandet	MARK	Und. MARK	
S120320	22	26*	-	3-5	3-5	Placering: stolpen är stenkilad, mycket luftigt med relativt stora stenar; *strax ovanför
S120321	24	26*	26	3-5	3-5	Placering: stolpen är stenkilad, mycket luftigt med relativt stora stenar; upp till ca 2 m höjd är stolpen mörkfärgad, högre upp något ljusare; *strax ovanför
S120444	24	>30	>30	3-4	5	Placering: i skogsmylla, röd och porös, blandad med stora stenar; stolpen är något mjukare under marken; mekanisk skada på 1 m höjd med delaminerad fanér; synligt svampangrepp under markbandet
S120322	24	27	29	Ca 5	10	Placering: stolpen står nära ett vattendrag i morän blandad med sten
S120358	25	29	>30	Ca 5 10-12		Placering: stolpen står i sankmark med svart jord med inslag av lera, ingen sten; synlig påväxt av svampmycel under markbandet
S120356	23	28	>30	5-7	10	Placering: stolpen står i vatten med sten och lera; fritt vatten 30 cm under markbandet; begynnande delaminering i långsgående spricka
S120353	22	>30	-	Ca 3	7	Placering: stolpen är stenkilad, synligt vatten ca 20 cm under markbandet
S120348	25	>30	>30	3-7	7-10	Placering: stolpen står i sankmark med lerjord; fritt vatten ca 20 cm under markbandet



Stolpe 120320 med stenkilning



Stolpe 120444. Synligt mycel under markbandet



Stolpe 120444 uppvisade begynnande delaminering



Stolpe 120322.



Stolpe 120358.



Stolpe 120358. Mycket fuktigt under markbandet. Synlig påväxt av svampmycel



Stolpe 120356. Längsgående sprickor i fanéren



Stolpe 120356. Stolpen står i vattensjuk mark



Stolpe 120348. Fritt vatten nära markbandet

Figur 29. Bilder från inspektionen av stolpar nära Allgunnen mellan Nybro och Högsby.

7 Alternativ till kreosotimpregnerade trästolpar

7.1 IMPREGNERING MED KOPPARBASERADE TRÄSKYDDSMEDEL

Som nämnts inledningsvis har den osäkerhet som råder beträffande den framtida användningen av kreosotolja som träskyddsmedel för stolpar, pålar och järnvägssliprar inneburit att alternativa träskyddsmedel, framför allt konventionella träskyddsmedel baserade på koppar som huvudsakligt aktivt ämne börjat användas för impregnering av stolpar. De kopparbaserade träskyddsmedel som är godkända i Sverige av Kemikalieinspektionen samt Nordiska Träskyddsrådet NTR för träskyddsklass NTR A Pole framgår av Tabell 11. Angivet upptagningsvärde beräknas på produkt och skall uppnås efter provuttagning och analys av borrhövar.

Av de listade produkterna är det för närvarande (maj 2018) bara Wolmanit CX-8 och Tanalith E3463 som används för impregnering av stolpar i Sverige, och volymerna är ännu små jämfört med produktionen av kreosotimpregnerade stolpar. Leveranserna av stolpar impregnerade med kopparbaserade träskyddsmedel ökar på bekostnad av de kreosotimpregnerade på den svenska marknaden, enligt Tommy Karlsson, VD för Sveriges enda producent av impregnerade trästolpar, Rundvirke Poles AB (personlig kommunikation 2018). Import av stolpar impregnerade med Wolmanit CX-8 förekommer i viss utsträckning. Då stolparna impregnerade med kopparbaserade medel, dvs de som baseras på koppar som huvudsakligt aktivt ämne och utan krom och arsenik, endast använts under några få år i Sverige, är det ännu alltför tidigt att dra några slutsatser om erfarenheter rörande beständigheten under olika användningsförhållanden.

Tabell 11. Kopparbaserade träskyddsmedel godkända i Sverige för träskyddsklass NTR A Pole (Sv Träskyddsföreningen 2018).

Träskyddsmedel	Aktiva ämnen	Upptagning kg/m ³ splintved
Celcure AC 500	koppar, bor, N-alkylbensyldimetylammoniumklorid	25,0
Celcure AC 800	koppar, N-alkylbensyldimetylammoniumklorid	36,0
Celcure C4	koppar, N-alkylbensyldimetylammoniumklorid, cyprokonazol	20,0
impralit KDS	koppar, polymerisk betain, bor	14,0
impralit KDS 4	koppar, polymerisk betain, bor	28,0
impralit ACQ 2200	koppar, bor, N-alkylbensyldimetylammoniumklorid	25,0
Tanalith E3463	koppar, tebukonazol, propikonazol	20,0
Wolmanit CX-8	koppar, koppar-HDO, bor	18,0
Wolmanit CX 8 WB	koppar, koppar-HDO	18,0
Wolmanit CX-10	koppar, koppar-HDO, bor	15,0

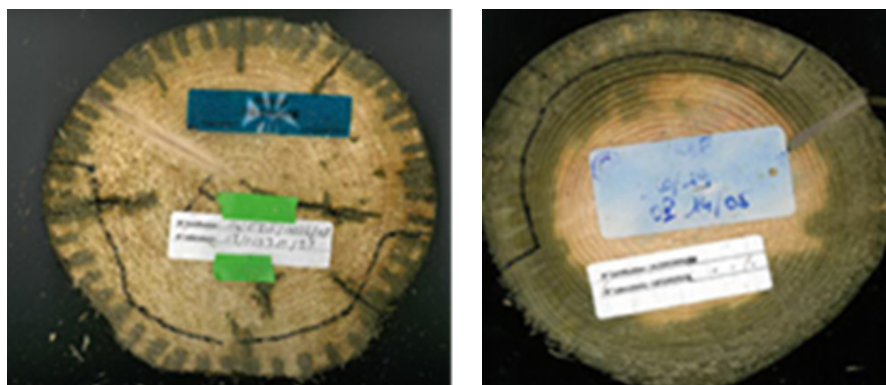
För att få en uppfattning om erfarenheterna om användningen av kopparbaserade träskyddsmedel för stolpar i några andra länder i Europa, där trästolpar är vanliga, har ett antal experter i Finland, Frankrike, Storbritannien och Tyskland kontaktats.

Enligt Tommi Tähkälä (personlig kommunikation 2017), den finska träimpregneringsindustrins branschorganisation Kestopuuteollisuus ry, så har produktionen av impregnerade trästolpar förändrats kraftigt under de senaste åren. Idag dominerar de kopparimpregnerade stolparna med ca 13 000 m³/år, jämfört med kreosot på ungefär 2 000 m³/år.

I Frankrike impregneras numera endast en liten andel elstolpar med kreosot (Heisel, personlig kommunikation 2017). De franska myndigheterna arbetar för att få bort kreosot från marknaden, men järnvägsbolaget SNCF bedriver en stark lobby-verksamhet för att få behålla kreosot för impregnering av eksliprar.

Sedan 7-10 år tillbaka impregneras därför de flesta stolparna med kopparbaserade träskyddsmedel, och den produkt som företrädesvis används är det tyska medlet Korasit KS2 i en upptagning som motsvarar ca 2,5 kg koppar/m³. Enligt Heisel är detta ett minimikrav för att få en acceptabel brukstid på stolparna, och erfarenheterna med detta träskyddsmedel är hittills goda. En avgörande skillnad när det gäller impregnering av stolpar i Frankrike jämfört med Sverige är att man i Frankrike använder sig av mera svårimpregnerbara träslag som gran och Douglasgran i stället för furu. Eftersom de är svårimpregnerbara krävs att de incisas (perforeras med en särskild utrustning), framför allt i den nedre delen av stolpen, före impregnering. Korrekt utförd kan *incising* ge ett bra impregneringsresultat, men risken är att man får en ojämn inträngning, se Figur 30. Enligt Heisel har de incisade stolparna hittills klarat sig beständighetsmässigt bra. Mindre än 2 % har blivit föremål för utbyte under en 10-årsperiod. Detta inkluderar stolpar som bytts ut p g a påkörningar, stormar etc.

Heisel rapporterar också att i Portugal används huvudsakligen stolpar av furu, där upptagningskravet är 25 % över vad som normalt krävs för trä i markkontakt. Portugals telefonbolag räknar med en brukstid på ca 15 år för stolpar som impregnerats på detta sätt.



Figur 30. Foton från ett franskt försök med impregnering av stolpar efter *incising*. Bilden t v visar ett exempel på ojämn inträngning, medan bilden t h visar på en jämn och djup inträngning. Foto: E Heisel.

Generalsekreteraren i Deutscher Holzmastenverband e.V., Uwe Halupczok (personlig kommunikation 2017) rapporterar att redan 2008 började den första medlemmen använda stolpar impregnerade med kopparbaserade träskyddsmedel. Sedan ungefär 2 år tillbaka har alla medlemmar nu bytt från koppar-krom- till kopparbaserade träskyddsmedel, företrädesvis från tillverkarna BASF Wolman GmbH (Wolmanit CX-8) och Kurt Obermeier GmbH & Co KG (Korasit KS). Erfarenheterna hittills är positiva med få fallerande stolpar på grund av rötskador. Höga upptagningar av träskyddsmedlen, 25 kg/m³ resp 33 kg/m³, som krävs av kraftbolaget RWE (Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerke) med de ovan nämnda träskyddsmedlen, och frekvent användning av en mekanisk barriär, Permatur®, se Figur 31, som förhindrar direkt kontakt mellan trä och jord, bidrar på ett positivt sätt till att få en tillfredsställande brukstid.

Användning av Permatur®, som består av en kopparfolie och krympplast, bedöms som särskilt värdefullt i områden där förekomst av koppertoleranta svampar, företrädesvis tillhörande arten *Antrodia*, konstaterats. Enligt Prof Dr Holger Militz och Dr Antje Gellerich (personlig kommunikation 2017) vid Georg-August-Universität i Göttingen så har man funnit tidiga rötskador med stolpar impregnerade med koppar-krombaserade träskyddsmedel efter bara några få år i bruk. Rötskadorna har inte i första hand berott på impregneringens kvalitet utan just på angrepp av koppertoleranta svampar. Angrepp av denna typ av svampar är inte korrelerad till någon särskild typ av jord och är därför omöjliga att förutse.

Enligt Militz och Gellerich räknar flertalet kraftbolag samt Deutsche Telekom med brukstider på 30-35 år, där upptagningen av koppar är minst 3,0 kg/m³ impregnerbar ved. De äldsta stolparna impregnerade med kopparbaserade träskyddsmedel har hittills varit i bruk i endast ca 15 år.



Figur 31. Stolpar försedda med Permatur® i markbandet. Foto: Fürstenberg Holz

I Storbritannien är andelen stolpar som impregneras med kopparbaserade träskyddsmedel mindre än 2 % (Clason, personlig kommunikation 2017) och används endast där det finns uttalade restriktioner mot användning av kreosot.

Kopparbaserade träskyddsmedel, (Osmose AC 500) gjorde sitt inträde på marknaden för framför allt telestolpar 2007, men visade sig inte hålla måttet, och

redan efter 4 år uppstod problem med begynnande rötskador och reklamationer, sannolikt på grund av att en alltför låg upptagning användes, 16 kg/m³. Denna upptagning höjdes 2010 till den mer realistiska 28 kg/m³. Problemen med de fallerande trästolparna medförde dock att telecom-bolagen mer och mer började använda stålstolpar. Det finns praktiskt taget ingen erfarenhet i Storbritannien med impregnering av elstolpar med kopparmedel. Osmose AC 500 används i mycket små volymer med en förväntad brukstid på 30 år. Viss import sker från Finland med stolpar impregnerade med Tanalith E och Celcure C4 med upptagningar på 24 kg/m³ respektive 28 kg/m³, dvs upptagningar som är högre än de som gäller i Norden för NTR A Pole. Enligt Clason verkar industrins organisationer för högre upptagningar av de kopparbaserade medlen för att de skall kunna ge stolparna rimliga brukstider.

7.2 NYUTVECKLADE TRÄSKYDDSPRODUKTER

En ny typ av träskyddsprodukter baserade på koppar som huvudsakligt aktivt ämne och upplöst i biobaserade oljor eller mineraloljor har varit föremål för studier i det europeiska forskningsprojektet Creo-Sub, som avslutades under 2017 (Hundhausen 2017).

Koppers Performance Chemicals har tagit fram en produkt, PoleProtect, och Lonza Wood Protection en liknande produkt, Tanasote, som nu är under kommersialisering. Båda dessa produkter är i första hand tänkta att användas till stolpar, pålar och järnvägssliprar. Offentlig information om exakt sammansättning av aktiva ämnen utöver koppar, samt detaljer om vilken typ av olja som används, saknas. I PoleProtect används emellertid en biobaserad olja, medan en mineralbaserad olja används i Tanasote. Båda tillverkarna rekommenderar upptagningar på ca 100 kg/m³ motsvarande en upptagning av koppar på 3 kg/m³ i den impregnerade zonen och räknar med brukstider upp emot 40 år. Inget av dessa träskyddspreparat är ännu (maj 2018) godkänt av Nordiska Träskyddsrådet för träskyddsklass NTR A Pole, och inget är heller godkänt i Sverige av Kemikalieinspektionen.

Erfarenheterna beträffande beständighetsegenskaperna är av naturliga skäl också ännu mycket begränsade, men fältprovningar pågår på flera ställen. Fleråriga provningar i fält är nödvändiga för att på ett trovärdigt sätt dokumentera skyddsförmågan mot rötangrepp. Offentlig information saknas också när det gäller t ex inträngningsegenskaper vid impregnering av olika träslag som används för stolpar samt vilken urlakning av framför allt koppar man kan förvänta sig över tid.

Rundvirke Poles AB har under flera år arbetat med att ta fram ett alternativt system till kreosot, RVP Repellent. Detta är baserat på koppar som huvudsakligt aktivt ämne. Här handlar det om en tvåstegsprocess, där man först impregnerar stolparna med ett kopparbaserat träskyddsmedel till någon specifikation, t ex NTR A Pole, och därefter i ett andra steg görs en impregnering med en blandning av mineraloljor och biobaserade oljor. Med detta system är man i princip fri att använda sig av vilket godkänt kopparmedel som helst för det första steget. Upptagningen avseende aktuell specifikation kan då lätt kontrolleras före den

avslutande oljebehandlingen. Man slipper också de eventuella problem med inträngningen, som kan uppstå med de aktiva ämnena upplösta i en oljeblandning.

Kemisk modifiering med furfurylalkohol omnämndes som ett potentiellt intressant alternativ för stolpimpregnering i den utredning som Elforsk lät göra 2008 (Jermer 2008). Med tanke på att stavar impregnerade med furfurylalkohol i en upptagning på 50 % WPG (Weight Percent Gain) klarat sig förhållandevis bra i fältprovningar i markkontakt (Westin 2007), så fanns förhoppningar om att furfurylalkohol skulle kunna vara ett intressant alternativ även för stolpimpregnering. I ett EU-finansierat projekt, EcoBinders, impregnerades därför fullstora stolpar (8 m) till ett WPG på i genomsnitt 43 % och utsattes för olika provningar på SP; böjhållfasthet och styvhet (E-modul) (Ziethén m fl 2008), utdragskraften för varmgalvaniserade spikar (Jermer och Clang 2007) samt korrosionspåverkan på olika metaller i furfurylalkoholimpregnerade prover av bl a furu (Jermer m fl 2017). I samband med rapporteringen från hållfasthetsprovningen (Ziethén m fl 2008) konstaterades att den exceptionella sprickbildningen, utöver osäkerheten beträffande beständigheten, var ett hinder för att kunna betrakta furfurylalkoholimpregnerade stolpar som ett kommersiellt intressant alternativ. För att få mera information om beständigheten igångsattes ett fältförsök med furfurylalkoholimpregnerade provstolpar 2006 på SPs (numera RISE) försöksfält i Borås. Ingen avrapportering från detta försök har ännu publicerats.

Ett nytt koncept för ledningsstolpar och pålar för marint bruk har utvecklats av det norska företaget WOPAS AS (www.wopas.net). Det rör sig om naturvuxna stolpar av furu eller gran som kapslas in i ett skal av polyetenplast, Figur 32. De uppges klara brukstider på 60-80 år, besitta oöverträffade mekaniska egenskaper, vara säkrade mot hackspettsskador samt klättringsbara med konventionella stolpskor. Dessutom marknadsförs de med argument som att de erbjuder mindre miljöpåverkan och förbättrad arbetsmiljö än vad som gäller för kreosotimpregnerade stolpar. Arbete pågår sedan slutet av 2017 med att kommersialisera WOPAS-stolpen. Enligt uppgifter från företaget har en stolpe levererats till Alingsås Energi Nät's träningsanläggning samt ett antal stolpar till Hallingdal Kraftnett i Norge för inbyggnad i deras ledningsnät. E.ON har i början av 2018 installerat en 16 m WOPAS-stolpe i 50 kV-nätet mellan Åseda och Sävsjöström i Småland, se Figur 33.



Figur 32. Tvärsnitt av WOPAS plastbelagda ledningsstolpe



Figur 33. En WOPAS-stolpe ersätter den ena kreosotstolpen i en parstolpe.
Källa: www.wopas.net

8 Diskussion och slutsatser

Projektet har gett värdefulla erfarenheter när det gäller fanéristolpars beständighets-egenskaper, även om stolparna som inspekterats i fält inte varit äldre än mellan 2,5 och 5 år och att accelererade fältförsök bara pågått i ett år i Sverige och knappt ett år i USA. Resultaten hittills kan sammanfattas som följer:

- Rötsvampstillväxt etableras redan före ca ett års exponering och uppträder företrädesvis i och under markbandet samt, särskilt när det gäller Forsnäs-stolpen, kring skarvar mellan de olika sektionerna som bygger upp stolpen, där det är svårt att undvika fuktfällor. De äldsta stolparna som inspekterades var ca fem år gamla och bedömdes ha förhållandevis allvarliga rötskador.
- Genom stickprovsmässig analys konstaterades att tidiga rötangrepp orsakats av sk mjukrötesvamp (soft rot). Angrepp av mjukröta karakteriseras av att den börjar på utsidan av stolparna och sedan tillväxer inåt. En allvarlig konsekvens av detta är att den friska godstjockleken successivt minskar, vilket i sin tur innebär en betydande nedsättning av hållfastheten med tiden (Henningsson m fl 1975).
- Vid analys av stolpar som levererats till RISE laboratorium för analys har inga begynnande rötangrepp konstaterats på insidan av stolparna. Däremot har påväxt av missfärgande svamp observerats, vilket ändå tyder på att lämpliga förhållanden för etablering av rötsvamp kan uppstå med tiden även från insidan.
- Rötangrepp etableras långsammare i stolpar som står stenkilade än i stolpar som är satta direkt i mark av olika typ. Likaså tycks rötangreppen i stolpar som står extremt fuktigt, t ex i fritt vatten en bit ner från markbandet, utveckla sig förhållandevis långsamt, sannolikt beroende på att träet blir mer eller mindre vattenmättat och tillgången på syre begränsas.
- Limfogarna mellan fanéren kan ha en viss uppbromsande effekt på spridningen av röta men kan inte förhindra den. Analys av limfogar med mikroskop visade att inträngningen av den aktuella limtypen i fanéren är praktiskt taget obefintlig.
- Sprickor av varierande bredd och djup förekommer frekvent, mer ju äldre stolpen är. Dessa utgör fuktfällor och inkörsport för etablering av rötsvamp samtidigt som mekaniska defekter som delaminering ofta utgår från sprickor.
- Hanteringsskador, t ex uppkomna vid resning av stolpar, kan på samma sätt som sprickor underlätta etablering av rötangrepp och delaminering.

Mot bakgrund av redovisade resultat finns det starka skäl att ifrågasätta de uppgifter om förväntade livslängder på 25 till 45 år, som redovisas av tillverkarna av fanéristolpar (www.forsnas.se, www.eco-pole.se). Den fanéristolpe från Bjurfors, Avesta, som RISE undersökt och som stått i markkontakt i 25-30 år var visserligen tillverkad av granfanér, men tillika impregnerad med ett kopparbaserat träskyddsmedel, varför alla jämförelser avseende brukstid med denna stolpe inte är relevanta. Resultaten från denna studie pekar i en helt annan riktning.

Borde då inte uppkomsten av tidiga rötskador i fanéristolparna kunnat förutses? Svaret på den frågan är ett obetingat "ja", om följande fakta hade beaktats. Den naturliga beständigheten hos kärnved av gran, splintvedens är något sämre,

klassificeras enligt den europeiska standarden EN 350 (CEN 2016) i beständighetsklass 4, den näst lägsta klassen "ringa beständighet". Detta demonstreras också väl i nordiska fältprovningar med stavar i markkontakt enligt EN 252. Fältprovningar från 1986 som utförts i Simlångsdalen i Halland och Sørkedalen nära Oslo av Nordiska Träskyddsrådet (Edlund, Bergman 2000) med kärnved och splintved av gran, visar på medellivslängder för den dimensionerande splintveden på mellan 1,7 år i Simlångsdalen och 8,1 år i Sørkedalen. För kärnveden gäller 2,8 år i Simlångsdalen och 9,5 år i Sørkedalen (Edlund, Bergman 2000 samt Nordiska Träskyddsrådet opublicerat material 2018). Den relativt stora skillnaden mellan Simlångsdalen och Sørkedalen förklaras med att försöksfältet i Simlångsdalen domineras av brunröta, medan fältet i Sørkedalen domineras av soft rot (Edlund 1998), som inte är lika aggressiv som brunröta.

Det kan också vara värt att i sammanhanget påminna om Televerkets erfarenheter av rötundersökningar i sina stolplinjer (Holmgren, Fjelkegård 1965). Televerket började sin verksamhet 1853, och under perioden 1853-1955 installerades drygt 800 000 oimpregnerade stolpar, huvudsakligen av furu. De oimpregnerade stolparna var grovt överdimensionerade med största möjliga andel kärnved. Stolparna var också mycket långa, vilket möjliggjorde avkortning och omsättning, när rötangreppen blivit för starka. Omfattande statistik visade att medellivslängden för sådana stolpar var 13 till 15 år för riket i sin helhet. I södra Sverige, Skåne, Blekinge och Halland, rörde det sig om ca 11 år och om ca 17,5 år i Norrland och Dalarna. Någon uppgift om spridningen i dessa siffror redovisades inte. Under de första sex åren, dvs 1853-1858, fick emellertid stolpbyten p g a rötskador ibland göras redan två år efter inbyggnaden, och medelvaraktigheten uppges ha varit så kort som fem år. Holmgren och Fjelkegård har svårt att förklara de ogynnsamma erfarenheterna från de första verksamhetsåren men tror att det möjligen berodde på att man då använde granstolpar i trakter, där det var svårt att få fram furustolpar. Den naturliga beständigheten hos kärnved av furu, splintvedens är något sämre, klassificeras enligt den europeiska standarden EN 350 (CEN 2016) i beständighetsklass 3-4, "måttlig till ringa beständighet", något bättre än gran.

Uppdragets andra del, nämligen att i första hand ge en sammanfattande redovisning över erfarenheter med de kopparbaserade träskyddsmedlen, visar att dessa ännu så länge är relativt begränsade. Användningen av stolpar impregnerade med kopparbaserade träskyddsmedel ökar emellertid i Europa. När det gäller beständigheten hos sådana stolpar är det framför allt två faktorer som är avgörande, nämligen upptagningen, beräknad som kg koppar/m³ impregnerbar ved, samt förekomsten av koppartoleranta svampar i marken.

Som framgår av 7.1-7.2 ovan, så menar man i Frankrike och Tyskland att upptagningar på minst 2,5 respektive 3,0 kg koppar/m³ impregnerbar ved är nödvändigt för att ge förväntade brukstider på bortåt 30 år eller mer under förutsättning att risken angrepp av koppartoleranta svampar är låg. De upptagningar som föreskrivs av NTR är generellt mycket lägre eller utgör gränssfall med avseende på upptagningen av koppar. För exempelvis Wolmanit CX-8 gäller en kopparupptagning på ca 1,4 kg/m³, för Tanalith E3463 ca 1,8 kg/m³ och för impralit ACQ 2200 ca 2,5 kg/m³ i klass NTR A Pole.

Nordiska Träskyddsrådet har i bl a fältprovningar med stavar utsatta 1971, 1978 och 1984 (Edlund, Bergman 2000 samt Nordiska Träskyddsrådet opublicerat material 2018) i Simlångsdalen och Sørkedalen undersökt beständigheten hos några kopparbaserade träskyddsmedel i upptagningar på drygt 3 kg koppar/m³ splintved. Inget av de provade medlen har exakt samma kemiska sammansättning som de som listas i Tabell 11, varför redovisade resultat måste tolkas försiktigt. I Simlångsdalen får emellertid inget av de aktuella träskyddsmedlen en medelvaraktighet på över 20 år, utan det rör sig om 13-19 år. Motsvarande för Sørkedalen handlar om ca 25 år i medelvaraktighet.

I den statistik från Televerket som Holmgren och Fjelkegård redovisade (Holmgren och Fjelkegård 1961) och som också omfattade ca 1 100 000 stolpar som impregnerats med kopparvitriol (kopparsulfat) enligt den s k Boucheriemetoden, så var medel-varaktigheten 23,3 år när rapporteringen från besiktningstatistiken upphörde. Varje nytilkommen rapport hade då under en följd av år verkat stegrande på medelvaraktigheten. Om rapportering fullföljts bedömde Holmgren och Fjelkegård att medelvaraktigheten åtminstone nått 25 år. Dessa förhållandevis långa brukstider tyder på att koppartertoleranta svampar inte är så vanligt förekommande.

Impregneringen med kopparsulfat uppges generellt (Hunt och Garratt 1953) ha gett en upptagning på ca 4 kg koppar/m³ impregnerbar ved. Några svenska undersökningar som verifierar detta har dock inte hittats, varför siffran får betraktas med viss försiktighet. Man kan dock räkna med att impregneringen med den aktuella impregneringsprocessen inte gav samma kvalitet avseende inträngning, upptagning och fixering av kopparn i träet som de modernare träskyddsmedlen. Dessutom innehåller dessa ytterligare några aktiva ämnen som bidrar till skyddseffekten.

Sammanfattningsvis kan man dra följande slutsatser från projektet:

- Studien har visat att rörformiga stolpar av granfanér utan någon träskyddsbehandling tidigt utsätts för rötangrepp i och strax under markbandet samt i skarvar. Brukstider mellan 25 och 45 år, som hävdas av tillverkarna, kommer med mycket stor sannolikhet inte att kunna infrias. Men hänsyn taget till känd kunskap om beständighetsegenskaperna hos gran borde detta kunnat förutses. Under alla förhållanden kan man räkna med att beständigheten hos enskilda stolpar kommer att variera betydligt. Rötangrepp i mark kommer styras helt av förekomsten av mikroorganismer i marken där brunröta utgör den största riskfaktorn. Rötangrepp vid skarvar, infästningar etc, som utgör fuktfällor ovan mark, styrs i stället av klimatiska faktorer, jfr Thelandersson m fl 2011 och Isaksson m fl 2014.
- Mot bakgrund av de besiktningar som gjorts i fält av inbyggda stolpar av såväl Ecopole som Forsnäs tillverkning samt avsaknaden av kunskap om förekomsten av olika mikroorganismer i marken, framför allt då brunröta, så är det nödvändigt att branschgemensamma riktlinjer för besiktning av fanerstolpar med avseende på rötangrepp snarast utarbetas. Detta för att förebygga arbetsmiljörelaterade personskador samt oönskade avbrott i eldistributionen. Särskilt angeläget är att se över tidpunkt för första besiktning samt intervall för påföljande besiktningar. Det är också nödvändigt att beakta

risken för rötangrepp ovan mark, framför allt gällande Forsnäs-stolpen, som med sina skarvar på flera ställen ovan mark kan kräva särskild utrustning vid besiktning.

- Stolpar impregnerade med ”konventionella” kopparbaserade träskyddsmedel samt nyutvecklade träskyddsprodukter och -system baserade på koppar som aktivt ämne kan inte förväntas ge samma långa brukstider som riktigt impregnerade kreosotstolpar ger. Längre erfarenhet saknas med dessa produkter, men brukstider på mer än 20 år torde ändå vara realistiskt att räkna med.
- Mot bakgrund av framför allt tyska och franska erfarenheter samt erfarenheter från fältprovningar, bör upptagningarna för klass NTR A Pole ses över samt på vilket sätt denna träskyddsklass definieras. De upptagningar som föreskrivs idag förefaller vara i underkant mot vad som rimligen kommer att krävas för att få en tillfredsställande brukstid.
- Det främsta hotet mot stolpar som impregnerats med kopparbaserade träskyddsprodukter är de koppartoleranta rötsvamparna som kan förekomma här och var och som kan vara mycket aggressiva. Användning av mekaniska barriärer av olika slag kring markbandet, kan vara ett sätt att minska risken för angrepp av koppartoleranta svampar.
- Då stolpar impregnerade med kopparbaserade träskyddsprodukter inte betar sig vad gäller beständighetsegenskaperna på samma sätt som kreosot- eller CCA-impregnerade stolpar, finns även här ett motiv för att se över nuvarande branschgemensamma besiktningsrutiner (EBR 2017).
- Impregnering med furfurylalkohol synes för närvarande inte vara något realistiskt ersättningsalternativ till kreosot.
- För oimpregnerade stolpar av furu eller gran helt inkapslade i plast enligt företaget WOPAS koncept saknas underlag i form av offentliga provningsrapporter, bl a rörande beständigheten, för att kunna avgöra den framtida potentialen som en konkurrenskraftig ersättningsprodukt till kreosotstolpar. Konceptet med inkapsling i plast är inte helt oproblematiskt, då skador på plastskiktet kan innebära fuktinträngning med rötskador som konsekvens.
- Nätägare måste räkna med kortare brukstider och andra besiktningsrutiner med de alternativa trästolpar som står till buds idag eller är på väg att kommersialiseras.

9 Referenser

- BICKE, S., BIZIKS, V., MILITZ, H. (2018). Underlag för presentation vid *Energiforsk seminarium* 2018-04-19.
- CEN (2014). EN 252:2014. Field test method for determining the relative protective effectiveness of a wood preservative in ground contact.
- CEN (2016). EN 350:2016. Durability of wood and wood-based products – Testing and classification of the durability to biological agents of wood and wood-based materials.
- CLASON, W. (2017). Personlig kommunikation avseende erfarenheter med stolpar impregnerade med kopparbaserade träskyddsmedel i Storbritannien. President, European Institute for Wood Preservation (WEI), Bryssel.
- DARTFELDT, E. (2015). Alternativa stolpmaterial. Utvärdering av hållfasthetsegenskaper. *Energiforsk Rapport* 2015:163.
- EBR (2017). Underhållshandbok kraftledning. Rötskadebesiktning – U303I:99
- EDLUND, M-L. (1998). Durability of wood in ground contact tested in field and laboratory. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestra* 81. Uppsala 1998.
- EDLUND, M-L., BERGMAN, Ö. (2000). NWPC Field Test with Wood Preservatives. Results from Trials 1968 to 1989. *NWPC Information No 36/00*.
- GILBERT, B. P., UNDERHILL, I. D., BAILLERES, H., EL HANANDEH, A., MCGAVIN, R. L. (2014). Veneer based composite hollow utility poles manufactured from hardwood plantation thinned trees. *Construction and Building Materials*, 66, 458–466.
- HALUPCZOK, U. (2017). Personlig kommunikation avseende erfarenheter med stolpar impregnerade med kopparbaserade träskyddsmedel i Tyskland. Deutscher Holzmastenverband eV, Bingen.
- HAMMARLUND, J. (2018). Personlig kommunikation avseende E.ON principbeslut betr användning av kreosotimpregnerade stolpar.
- HARA, Y., KAWAI, S., SASAKI, H. (1994). Manufacture and mechanical properties of cylindrical laminated veneer lumber. *Wood Research* 1994 No. 81, pp. 28-30.
- HEISEL, E. (2017). Personlig kommunikation avseende erfarenheter med stolpar impregnerade med kopparbaserade träskyddsmedel i Frankrike. Consultant expert in durability and wood preservation. Aytré.
- HENNINGSSON, B., NILSSON, T., HOFFMEYER, P., FRIIS-HANSEN, H., SCHMIDT, L., JACOBSSON, S. (1975). Soft rot i saltimpregnerade ledningsstolpar från åren 1940-1954. *Svenska Träskyddsinstitutet Meddelande nr 117*.
- HOLMGREN, H., FJELKEGÅRD, G. (1965). Rötundersökningar i Televerkets stolplinjer, *Träskyddskommittén Meddelande nr 81*.

- HUNDHAUSEN, U. (2017). New protection technology to substitute creosote for the protection of railway sleepers, timber bridges, and utility poles (CreoSub). *WoodWisdom-Net Research Programme*. Final Report.
- HUNT, G. M., GARRATT, G. A. (1953). Wood Preservation. *McGraw-Hill Book Company, Inc.*
- ISAKSSON, T., THELANDERSSON, S., JERMER, J., BRISCHKE, C. (2014). Beständighet för utomhusträ ovan mark. *Guide för utformning och materialval. Rapport TVBK-3066*, Lunds universitet.
- JERMER, J. (2008). Trästolpar – alternativ till stolpar impregnerade med CCA och kreosot. *Elforsk rapport 08:67*.
- JERMER, J., ANDERSSON, B-L., SCHALNAT, J. (2017). Corrosion of fasteners in furfurylated wood – final report after 9 years exposure outdoors. The Int'l Research Group on Wood Protection IRG/WP 17-40810.
- JERMER, J., CLANG, A. (2007). Furfurylated wood – withdrawal load for fasteners. The Int'l Research Group on Wood Protection IRG/WP 07-40381.
- KARLSSON, T. (2018). Personlig kommunikation. Rundvirke Poles AB, Ludvika.
- MCGAVIN, R. L. (2018). Personlig kommunikation avseende fanérstolpar i Australien.
- MILITZ, H., GELLERICH, A. (2017). Personlig kommunikation avseende erfarenheter med stolpar impregnerade med kopparbaserade träskyddsmedel i Tyskland. Georg-August-Universität, Göttingen.
- NORDISKA TRÄSKYDDSRÅDET (1986). Förteckning över godkända träskyddsmedel.
- NORDISKA TRÄSKYDDSRÅDET (2018). Opublicerat material från fältförsök.
- OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN UNION (2017). Commission implementing decision (EU) 2017/2334 of 14 December 2017 postponing the expiry date of approval of creosote for the use in biocidal products of product-type 8. OJ 15.12.2017.
- PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET (1983). Utläggningsskrift 8305840-4. Förfarande vid tillverkning av rörformiga träkonstruktioner.
- PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET (2016). Svenskt patent SE 538658 C2. Pole.
- SIS (1996). Svensk Standard SS 436 01 04 Dimensionering av friledningar för starkström – Stolpar.
- SOLMAR, A. (2018). Personlig kommunikation avseende Vattenfalls principbeslut betr användning av kreosotimpregnerade stolpar.
- SVENSKA TRÄSKYDDSFÖRENINGEN (2018). Förteckning över godkända träskyddsmedel 2018-01-30

- THELANDERSSON, S., TORATTI, T., VIITANEN, H., GRÜLL, G., JERMER, J., SUTTIE, E. (2011). Service life of wood in outdoor above ground applications. *Engineering design guideline. Rapport TVBK-3060*, Lunds universitet.
- TÄHKÄLÄ, T. (2017). Personlig kommunikation. Kestopuuteollisuus ry, Helsingfors.
- WESTIN, M. (2007). Sammanställning av försöksresultat från fältprovningar med furfurylalkohol-impregnerade stavar. Dokumentation från EcoBinders.
- www.climate-data.org (2018). Hemsida för Climate-Data.Org
- www.eco-pole.se (2017). Hemsida för Ecopole AB.
- www.forsnas.se (2017). Hemsida för Forsnäs Form AB.
- www.postsaver.com (2017). Hemsida för Postsaver Europe Ltd
- www.usclimatedata.com (2018). Hemsida för U.S. Climate Data
- www.wopas.net (2018). Hemsida för WOPAS AS.
- ZIETHÉN, R., JERMER, J., CLANG, A. (2008). Cantilever bending tests of furfurylated poles. *The Int'l Research Group on Wood Protection IRG/WP 08-40424*.

UNDERSÖKNING AV BESTÄNDIGHETEN HOS FANÉRSTOLPAR

Här redovisas resultaten av en studie av fanéristolpars förväntade brukstid eftersom det i Sverige sedan 2012 har tillverkats stolpar i form av ett rör av gran-fanér som saknar träskyddsbehandling. Tillverkarna av dessa stolpar har lovat en brukstid på mellan 25 och 45 år eller längre.

Orsaken till att tillverkare av träskyddsmedel, impregneringsföretag och elnät-ägare söker efter alternativa produkter är att det nuvarande tillståndet för kreo-sot som impregnering av ledningsstolpar i EU löper ut efter år 2021.

Det har medfört en satsning på träskyddsmedel som huvudsakligen är baserade på koppar. Det betyder också att nya system som är lämpligare för lednings-stolpar, pålar och järnvägssliprar håller på att utvecklas. Resultaten visar bland annat att nätägare måste räkna med kortare brukstider och andra besiktning-srutiner med de alternativa trästolpar som idag finns eller är på väg att kommersialiseras.

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