

Miljøprojekt Nr. 838 2003

Anti-pæleorm

Olsen Design ApS

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

1	FORORD	8
1.1	REFERENCER	9
2	RESUMÉ	10
3	SUMMARY AND CONCLUSIONS	12
4	INDLEDNING	14
4.1	PROBLEMSTILLING	14
4.2	FORMÅL	14
4.3	METODE	14
4.4	OLIER	14
4.5	TRÆSORTER.	14
4.6	KLODSTESTEN	15
4.7	PLADETESTEN	16
4.8	ANVENDELSE AF RESULTATER	17
4.8.1	<i>Klodserne</i>	17
4.8.2	<i>Pladerne</i>	17
4.9	VIGTIGHEDEN AF ENTYDIG IKKEDESTRUKTIV DIAGNOSTISERING.	17
5	BIOLOGI	19
5.1	MARINE TRÆSKADEGØRERE I DANSKE FARVANDE	19
5.2	PÆLEORM	19
5.3	PÆLEKREBS	22
6	IMPRÆGNERING AF TRÆ	24
6.1	IMPRÆGNERINGSMETODER	24
6.2	IMPRÆGNERINGSMIDLER	25
6.2.1	<i>Oliebaserede</i>	25
6.2.2	<i>Creosot:</i>	25
6.2.3	<i>Petroleums baseret</i>	25
6.2.4	<i>Vandopløselige</i>	26
7	UDVÆLGELSE AF IMPRÆGNERINGSMIDLER	27
7.1	LINOLIE	28
7.2	TERPENER	29
7.3	TEATREE-OLIE	30
7.4	TUNGOLIE	31
7.5	EUCALYPTUS OLIE	33
8	SAMMENSÆTNING AF OLIER	34
8.1	TEATREE-OLIE	34
8.2	TUNG-OLIE	34
8.3	LINOLIE	34
9	VALG AF TESTLOKALITETER	35
9.1	FREDERIKSHAVN	35
9.2	HIRTSHALS	35

9.3	SKÆRBÆK	35
9.4	ROSKILDE	36
9.5	HELSINGØR	36
9.6	RØNNE	36
10	FORSØGSMATERIALER – TRÆSORTER.	37
10.1	TRÆSORTER	37
10.1.1	Fyrretræ	37
10.1.2	Egetræ	38
10.1.3	Lærketræ	40
10.1.4	Tropiske hardwood-typer	41
11	PRØVEEMNER - KLODSTEST	42
12	EVALUERING AF MIDLER OG METODER	43
12.1	VÆRDIER FOR ANGREBSGRADER	43
13	TEMPERATURFORHOLD OG SALINITETSDATA	46
13.1	TIDLIGERE SALTFORHOLD	48
13.2	NUVÆRENDE SALTFORHOLD, ÅR 2002	48
13.2.1	Hirtshals:	48
13.2.2	Frederikshavn:	49
13.2.3	Helsingør:	49
13.2.4	Rønne:	49
13.2.5	Roskilde:	49
13.2.6	Skærbæk:	49
13.3	TABEL 4– SALT KONCENTRATION OG TEMPERATUR FOR TESTPERIODEN	50
13.4	ILTSVIND	51
14	HAVNELOG	52
14.1	SKÆRBÆK HAVN	52
14.2	FREDERIKSHAVN HAVN	56
14.3	HIRTSHALS	57
14.4	HELSINGØR	59
14.5	RØNNE	60
14.6	ROSKILDE	61
15	PLADETESTEN	63
16	EKSEMPEL PÅ VURDERINGSGRUNDLAG	64
16.1	FØR UNDERSØGELSESPERIODE	64
16.2	EFTER UNDERSØGELSESPERIODE – BAGSIDE	64
16.3	EFTER UNDERSØGELSESPERIODE – FORSIDE	65
16.4	RØNTGENOPTAGELSE	65
16.5	VURDERING OG RESULTAT	65
17	SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	66
17.1	DELKONKLUSIONER	66
17.1.1	Er mit skib i farezonen ?	66
17.1.2	Er mit skib angrebet og hvor meget ?	66
17.1.3	Hvad kan jeg gøre ved det ?	66
17.1.4	Hvordan kan jeg forebygge angreb ?	66
17.2	KONSTATETERET ARTER AF PÆLEORM OG PÆLEKREBS	67

18	RESULTAT AF KLODSTEST	68
	18.1.1 Skærbæk:	68
	18.1.2 Hirtshals:	68
	18.1.3 Frederikshavn:	68
	18.1.4 Roskilde:	69
	18.1.5 Helsingør:	69
	18.1.6 Rønne:	69
	18.2 FORDELING AF ANGREB PÅ FLÅDER.	70
	18.2.1 Skærbæk	70
	18.2.2 Hirtshals	70
	18.2.3 Frederikshavn	71
	18.2.4 Helsingør	71
	18.3 TABEL 6. DATAARK MED ANGREBSGRADER PÅ KLODSE	72
	18.4 SUMMERET ANGREBSGRAD - DANMARK	73
	18.5 ANGREBS FORHOLD HAVNES BIDRAG.	74
	18.6 PROCENTVIS BIDRAG	74
19	RESULTAT AF PLADETTEST	76
	19.1 LÆRKETRÆ	76
	19.1.1 Ubehandlet:	76
	19.1.2 Linolie:	76
	19.1.3 Teatreolie:	76
	19.1.4 Kobberforhudning:	76
	19.1.5 Kobberforhudning med mange søm:	76
	19.1.6 Kobberforhudning med spredte søm:	76
	19.1.7 Primer + bundmaling:	76
	19.1.8 Tungolie:	76
	19.1.9 Ældre lærketræ:	76
	19.2 EGETRÆ	77
	19.2.1 Ubehandlet:	77
	19.2.2 Linolie:	77
	19.2.3 Teatreolie:	77
	19.2.4 Kobberforhudning:	77
	19.2.5 Alternativ kobberforhudning:	77
	19.2.6 Bundmaling:	77
	19.2.7 Kinesisk tungolie:	77
	19.3 MAHOGNITRÆ	77
	19.4 EUCALYPTUSTRÆ	77
	19.5 FYRRETRÆ	78
	19.5.1 Primet:	78
	19.5.2 Sæltjære:	78
	19.5.3 Ubehandlede 2 måneders skift:	78
20	KLODSE GENERELT	79
21	PLADER GENERELT	80
22	PRØVEPLADER	81
23	IKKE-DESTRUKTIV ANALYSE	94
24	BILLEDDANNELSE OG ANALYSE	95
25	DIAGNOSTICERINGSMETODER	96
	25.1 RØNTGEN	96

25.1.1	<i>Den klassiske røngtenteknik.</i>	96
25.1.2	<i>Digital røngtenteknik</i>	98
25.1.3	<i>Industrielle røngtenanlæg</i>	99
25.2	ULTRALYD	99
25.2.1	<i>Industrien:</i>	101
25.3	TERMOGRAFI	101
25.4	CT-SCANNING	101
25.5	MR-SCANNING	104
25.6	SCINTIGRAFI	104
25.7	ISOTOPER	105
25.8	KONTRASTSTOFFER	105
25.8.1	<i>Røngtenkontraststoffer:</i>	106
25.8.2	<i>MR-kontraststoffer:</i>	106
25.8.3	<i>Ultralydskontraststoffer:</i>	106
26	STRÅLEHYGIEJNE	107
26.1	STRÅLESKADER	107
26.1.1	<i>Deterministiske skader:</i>	107
26.1.2	<i>Stokastiske skader:</i>	107
26.2	BAGGRUNDSSTRÅLING	108
26.3	ÅBNE ANLÆG	108
26.3.1	<i>Godkendelse</i>	108
26.3.2	<i>Ansvarsforhold</i>	108
26.3.3	<i>Beskyttelse</i>	108
26.3.4	<i>Teknisk udførelse</i>	109
26.3.5	<i>Eftersyn</i>	109
26.3.6	<i>Spredt stråling</i>	109
27	TEKNOLOGIVURDERING	110
28	RØNTGENSTRÅLING	112
28.1	TRADITIONEL RØNTGENOPTAGELSE	112
28.1.1	<i>Samlet teknologivurdering</i>	115
28.2	DIGITALE RØNTGENBILLEDER	115
28.2.1	<i>Eksempel på billede af pæleormsangreb</i>	119
28.2.2	<i>Eksempel på billede af pæleormsangreb i endetår</i>	120
28.2.3	<i>Samlet teknologivurdering</i>	121
28.3	CR-TEKNIK	122
28.3.1	<i>Røngtenoptagelse på skibsside</i>	122
28.3.2	<i>Samlet teknologivurdering</i>	125
29	ULTRALYDSOPTAGELSER	126
29.1	SAMLET TEKNOLOGIVURDERING	126
30	THERMOGRAFISKE OPTAGELSER	128
30.1	SAMLET TEKNOLOGIVURDERING	128
31	MIKROBØLGER OG DENSITET	129
31.1	SAMLET TEKNOLOGIVURDERING	129
32	SAMMENFATNING-ANALYSEMETODER	131
32.1	OVERSIGTSSKEMA ANALYSEMETODER TABEL 9.	132
33	TRÆSKIBSBYGNING OG SÆLTJÆRE – HISTORISK GENNEMGANG.	133

34	HISTORIE	134
34.1	TYPER	134
34.1.1	<i>Flåden</i>	134
34.1.2	<i>Egen / stammebåden</i>	135
34.1.3	<i>Stammebåde af flere stykker træ</i>	136
34.1.4	<i>Fartøj af flere stykker træ</i>	136
34.1.5	<i>Klinkbygget</i>	137
34.1.6	<i>Kravelbygget</i>	140
35	KONSTRUKTIONSDETALJER	143
35.1	DET BÆRENDE SKELET	143
35.2	KØL	144
35.3	FØR- OG AGTERENDE	145
35.4	KLÆDNING	146
36	KONSTRUKTIONSUDFORMNINGER	149
37	LITTERATUR	151

Bilag A:

Teknologivurdering af ikke-destruktive metoder for karakterisering af pæleormsangreb

Bilag B:

Billedmateriale, digitalt – information om bestilling.
Billeder af plader før og efter ophold i vand, samt røntgenbilleder.
Røntgenbilleder af samtlige klodser.

1 Forord

Denne rapport beskriver udførelsen af projektet ” Anti-pæleorm”, der med støtte fra Miljøstyrelsen, er gennemført fra januar 2001 til december 2002.

Projektet tager sit udgangspunkt i afdække de forhold der vil være aktuelle, hvis træslibes bundmaling ikke længere bruges.

Overordnet klarlægges følgende forhold:

1. Hvad er pæleorm og pælekrebs ?
2. Hvor stor er angrebsrisikoen rundt i landet ?
3. Hvilke træsorter er særligt udsatte ?
4. Sammenligning med test fra 1920, -30 & -40, har angrebsintensiteten ændret sig ?
5. Diagnosticering af træslibe for pæleormsangreb.

I forsøg på at finde metoder til at reducere angreb af pæleorm, er forskellige træsorter, især sorter anvendt til skibsbygning, imprægneret med naturlige olier, og er herefter testet.

Målgruppen for denne rapport er især træslibejere, samt folk der beskæftiger sig med maritime trækonstruktioner.

Der har desuden været mange kontakter til industrien og ressourcepersoner omkring havnemiljø. Dette er der gjort rede for under de enkelte afsnit.

Vi takker dem, der har bidraget i denne videnindsamling.

Skærbæk den 29. december 2002

Olsen Design ApS.

Steen Olsen

1.1 Referencer

Nedenstående firmaer og ressourcepersoner har bistået med viden i relation til emnet. Enten som egentlig rådgivere og aktører eller som medlemmer til relevante kontakter.

Firmaer og enkeltpersoner kan ikke stilles til ansvar for deres gode råd, udover hvad der indgår i eventuelle kontrakter.

Atlas Copco

Balslev, Odense

B-K Medical

Chemco, Kvistgård

Dansk Meteorologisk Institut

Diametro, Lyngø

Farvandsvæsenet, København

Force Technology, Brøndby og Esbjerg

Gollane ApS

Interflux Danmark Aps., Brørup

KSL-consult, Ramløse

Miljøafdelingen, Roskilde Amt

Miljøafdelingen, Vejle Amt

Miljøafdelingen, Nordjyllands Amt

Moesgaard Museum, Århus

Omron Elektronik, Glostrup

Philips Analyse, København V

Radiometer, Brønshøj

Risø – afdeling for materialeforskning

Siemens – Medicoafdeling, Ballerup

Statens Institut for Strålehygiejne
Sundhedsministeriet

Yxlon International, København S

2 Resumé

Denne rapport beskriver udførelsen af projektet ” Anti-pæleorm”, der med støtte fra Miljøstyrelsen, er gennemført fra januar 2001 til december 2002.

Projektets formål har været at skabe et samlet materiale om de forhold, der vil gøre sig gældende for træskibe, hvis biocidholdig bundmaling udfases. Dette set i relation til de marine træskadegørere pæleorm og pælekrebs.

Projektet belyser de forskellige problemstillinger træskibs-ejere har ved udfasning af bundmaling.

Hidtil har træskibene været beskyttet mod pæleorm af traditionel bundmaling. Vi har undersøgt hvad der sker hvis man i stedet imprægnerer træet med naturlige olier, og derefter forseglers denne imprægnering med almindelig primer til træ.

Følgende naturlige olier påført på de forskellige træsorter: Australsk teatreeolie, Kinesisk tungolie samt Dansk linolie.

I testen indgår også ubehandlet træ og træ der er behandlet med biocidholdig bundmaling. Dette for at kende yderpunkterne – ubeskyttet og meget beskyttet.

Ved udvælgelsen af træsorter til tests, er det især de typisk anvendte træsorter til skibsbygning der er valgt, d.v.s. eg, lærk og mahogni, da det er her fokus er rettet.

I havnene i Frederikshavn, Hirtshals, Skærbæk, Helsingør, Rønne og Roskilde har flåder med træstykker 20 x 7,5 x 2,5 cm været nedsænket ca. 1 år.

På teststationen i Roskilde blev der ikke konstateret angreb i testperioden. Overraskende har vi på teststationen i Rønne på Bornholm konstateret angreb af pæleorm.

På teststationen i Skærbæk er det også undersøgt om særlige områder på typiske skibsider er udsat, men dette lader ikke til at være tilfældet. Pladerne målte ca. 80 x 60 cm.

Angrebene tilstedeværelse er i overensstemmelse med de målte temperaturforhold og saltkoncentrationer på de enkelte lokaliteter målt i testperioden.

Endvidere er der overensstemmelse med tidligere undersøgelser tilbage i 1940'erne.

Effekten af oliebehandlingen og forseglingen er at angrebsgraden af pæleorm reduceres til ca. 1/7 af hvad ubehandlet træ viser.

Olierne har en effekt, og da de samtidig er med til at bevare træets styrkeegenskaber er det måske under alle omstændigheder en god ide at påsmøre olie inden primer og maling.

For at kunne undersøge prøverne er forskellige ikke-destruktive analysemetoder prøvet, og digital røngten er anvendt på samtlige træstykker.

Da pæleorm ikke er i stand til at skelne om træet, de har taget ophold i, er en del af et skib eller en del af en havnekonstruktion, vil resultatet af denne undersøgelse også delvist kunne bruges i havneregi eller andre med interesse for trækonstruktioner i saltvand.

3 Summary and conclusions

This report describes the execution of the project "anti-shipworm". The project was carried out with support from the Danish Environmental Protection Agency from January 2001 to December 2002.

The goal of the project was to gather information about the conditions that influence wooden boats when phasing out biocide antifouling, relating to marine pests like shipworm and crayfish.

The project shows the different kinds of problems phasing out biocide antifouling experienced by owners of wooden boats.

Until now the wooden boats have been protected against shipworm by the traditional biocide antifouling agents. During the project the consequences of waterproofing the wood with natural oils were examined. Afterward treatment, the wood was sealed with ordinary primer for wood.

The following natural oils were used on different types of wood: Australian tea tree-oil, Chinese tung oil as well as Danish linseed oil.

The tests includes untreated wood and wood treated with biocide antifouling. The aim was to show the extremities – untreated and well treated wood.

By the selection of types of wood, we have chosen the commonly used type of woods for the boat industry, like oak, larch and mahogany – and focus is on these types of wood.

Floats with wooden pieces of 20 x 7,5 x 2,5 cm were immersed in the harbours of Frederikshavn, Hirtshals, Skærbæk, Helsingør, Rønne and Roskilde for about one year.

At the test station in Roskilde attacks were not found during the test period. Surprisingly, an attack of shipworm was seen at the test station in Rønne, Bornholm.

Further, at the test station in Skærbæk, tests were made to see whether special parts of the shipside are especially exposed, but this seems not to be the case. The sheets measured approx. 80 x 60 cm.

The occurrence of attacks is in accordance with the temperature conditions and saltwater concentrations on each station measured during the test period. Further, these test results correspond to former tests made back in the 1940's.

The effect of the oil treatment and the sealing is that the attacks of shipworm is reduced to approx. 1/7 of what was demonstrated during the test of the untreated wood.

The oils do have an effect, and as at the same time they contribute to maintaining the quality of the wood, it seems to be a good idea to apply oil before primer and paint.

In order to examine the tests different kinds of non-destructive analysis methods as well as digital X-ray were carried on each piece of wood.

4 Indledning

Projektet belyser de forskellige problemstillinger træsksibs-ejere har ved udfasning af bundmaling.

1. Er mit skib i farezonen ?
2. Er mit skib angrebet og hvor meget ?
3. Hvad kan jeg gøre ved det ?
4. Hvordan kan jeg forebygge angreb ?

4.1 Problemstilling

Vi har lavet en undersøgelse af om forskellige olier, kan reducere risikoen for pæleorms- og pælekrebsangreb på typisk skibstræ.

4.2 Formål

Da formålet med at reducere brugen af traditionel bundmaling er at hindre udslip af giftige stoffer, har vi i vores søgen efter alternativer fundet naturlige olier, der ikke efterlader giftige stoffer i vandet.

4.3 Metode

Vi har valgt at undersøge om man, ved at påsmøre den rene træoverflade med en olie og forsegle denne bag en almindelig primer/grundmaling, kan reducere risikoen for angreb.

4.4 Olier

Følgende tre olier er prøvet:

1. Linolie.
2. Teatreeolie.
3. Kinesisk Tung olie.

De eksakte blandinger er beskrevet senere.

4.5 Træsorter.

Følgende træsorter er benyttet:

Lærk, Eg, Mahogni, da de ofte er anvendt i skibsbygning.
Eucalyptus da dette anvendes som havne-tømmer i Australien, kunne evt. bruges ved udbedringer af skader.
Endeligt er Fyr benyttet som indikator for om der er pæleorm tilstede.

4.6 Klodstesten

Afprøvningen af olierne er udført ved at vi har nedsænket behandlede og ubehandlede træklodser i seks havne spredt rundt i landet, nemlig Helsingør, Roskilde, Rønne, Hirtshals, Frederikshavn og Skærbæk ved Fredericia. Træklodserne blev søsat i november 2001 og indsamlet et år efter i november 2002.

Klodsernes dimension er 2,5 x 7,5 x 20 cm monteret på en galvaniseret stang ca. 50 cm under vandoverfladen.



Fig.1 Billede af flåde.

For fuldstændighedens skyld har vi også nedsænket ubehandlet træ, samt træ der er traditionelt bundmalet med biocid-holdig bundmaling. Endvidere er træklodser af fyr med primer testet for at se om en primerbehandling er nok i sig selv.

Tendensen er klar !

I de havne hvor der er pæleorm til stede er det ubehandlede træ angrebet, hvorimod det traditionelt behandlede træ ikke viste nogen angreb.

Klodser af fyr, der kun var primet, viste nogen angreb men ikke så mange som ubehandlede træ.

De olieimprægnerede klodser viste alle en yderligere reduktion af angreb, men er ikke 100% beskyttede

4.7 Pladetesten

Parallelt med klodstesten blev der i Skærbæk udført en test på kunstige skibssider.

Her blev klinkbygget og kravelbygget plader, 60 x 80 cm, ligeledes nedsænket et år.



Fig.2 Billede af plade.

Formålet var her at undersøge om der var steder i typiske skibskonstruktionen der var særlig udsat for angreb.

Som med klodserne var der ubehandlet, olieimprægneret og traditionelt bundmalet plader.

Yderligere var der både lærk og eg med kobberforhudning, samt plader med mere eller mindre spredte kobbersøm.

4.8 Anvendelse af resultater

Dette afsnit indeholder de overvejelser vi har gjort under planlægning af testen m.h.t. anvendelse af resultaterne.

4.8.1 Klodserne

Hvis fyrretræet ikke viser angreb, er der ingen pæleorm tilstede på lokaliteten. Hvis fyrretræet er angrebet, men **ikke** den primede/forseglede fyr, da er en intakt forsegling tilstrækkelig.

Hvis også den forseglede fyr er angrebet, da er det de enkelte oliers virkning, der påvirker angrebsgraden.

Endvidere bestemmes angrebsgraden på de enkelte klodser.
Alle klodser bliver systematisk røntgenfotograferet efter optagning.

4.8.2 Pladerne

Prøvearealet deles op i felter af samme areal som klodsernes, for at kunne sammenligne angrebsgraden.
Endvidere betragtes angrebens placering på pladen – er der nogle tendenser?

Hvad sker der i stødene, hvor plankerne mødes og hvordan med kalfatringen og fugerne.

Plader, der kræver nærmere undersøgelse, vil blive røntgenfotograferet, og hvis det skønnes hensigtsmæssigt, vil testperioden blive forlænget.

4.9 Vigtigheden af entydig ikke-destruktiv diagnostisering.

Såfremt brugen af biocidholdig bundholdig fremover begrænses yderligere, vil behovet for entydig ikke-destruktiv analyse af træskibets træ stige.

F.eks. i det tilfælde at et træskib skal skifte ejer er det i både sælgers og købers interesse at få dokumenteret træets tilstand. Køber vil helst ikke købe et pænt, men i virkeligheden ringe skib, og sælger vil gerne sikre sig at der med sikkerhed ikke er pæleormsangreb tilstede på salgstidspunktet.

Indtil nu er træets sundhedstilstand afgjort ved at stikke syle eller knive ind i træet, men dette er ikke en farbar vej at forsætte hvis det skal fortages jævnlige. Det er derfor vigtigt at redegøre for de forskellige teknikker og metoder der kan anvendes .

Senere i rapporten gennemgås de kendte teknologier.

5 Biologi

For at kunne vælge de mest effektive strategier til forebyggelse og/eller bekæmpelse af de træskadegørere, der forekommer i maritimt træværk præsenteres her

- 1) Hvilke arter af pæleorm og pælekrebs, der er af betydning i danske farvande.
- 2) Beskrivelse af disse skadedyrs basale biologi specielt med fokus på de dele af biologien, der vil kunne have betydning for de ovennævnte strategier.

5.1 Marine træskadegørere i danske farvande

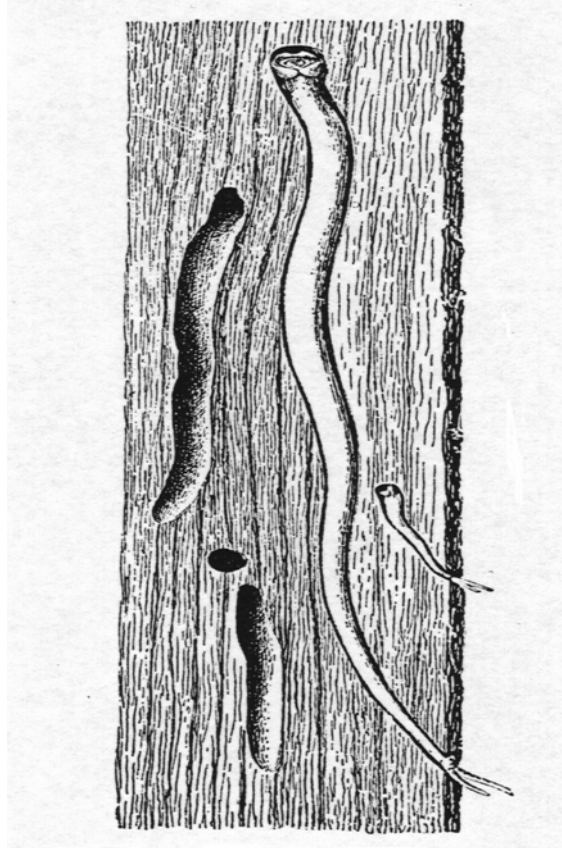
I danske farvande findes der fire forskellige arter af træskadegørere, der er af betydning. En særdeles præcis kortlægning af pælekrebssenes og pæleormenes udbredelse med angivelse af angrebnes styrkegrad på talrige lokaliteter er givet i en betænkning udgivet af Dansk Ingeniørforening i 1921. De fire arter af betydning er tre arter af pæleorm, nemlig *Teredo navalis*, *Psiloterodo megotara* og *Nototerodo norvegica*, og en enkelt art af pælekrebs, *Limnoria lignorum*. De tre arter af pæleorm vil blive behandlet under et, da de stort set har samme biologi.

5.2 Pæleorm

Den største pæleorm, *Nototerodo norvegica*, findes kun ved Jyllands vestkyst. Den vokser hurtigere end de to andre arter af pæleorm og kan på kortere tid ødelægge det angrebne træ, men *N. norvegica* angives heldigvis at være ret sjælden. Den almindeligste art ved Jyllands vestkyst er *Psiloterodo megotara*. Nogle få eksemplarer blev fundet ved Frederikshavn. Den tredje art, *Teredo navalis*, som tåler langt lavere saltholdighed end de andre arter, er udbredt ved de danske kyster bortset fra den del af Østersøen, der ligger øst for Falster og syd for Amager. En voksen *T. navalis* er som regel 20-30 cm lang og 9-10 mm i diameter, men kan i danske farvande nå en længde på op til ca. 60 cm. En pæleorm lever normalt 1¼-1½ år.

Pæleormene er ormelignende muslinger, der lever i træ, som den borer sig ind i (se fig.3). Træet tjener ikke kun til dens beskyttelse, men udgør også hovedparten af den føde. Ved undersøgelse af pæleormens ekskrementer har det vist sig, at træet mister ca. 95 % af cellulosestofferne undervejs i dens fordøjelsessystem; dvs. at cellulosen nedbrydes til lavmolekylære og let fordøjelige sukkerstoffer. Dette formodes at ske ved hjælp af en enzymsekretion i svælget, men også en nedbrydning der skyldes bakterier og fagocytter i svælget menes være en mulighed. For at opnå maksimal vækst er det dog nødvendigt for

pæleormen at skaffe sig proteiner. Det skaffer den sig som andre almindelige muslinger fra de små planktonorganismer, der føres ind med åndingsvandet og så filtreres fra i gællerne. I gællerne er der også fundet symbionte bakterier. Det er foreslået, at disse bakterier kan nedbryde såvel cellulose som fikserer nitrogen.



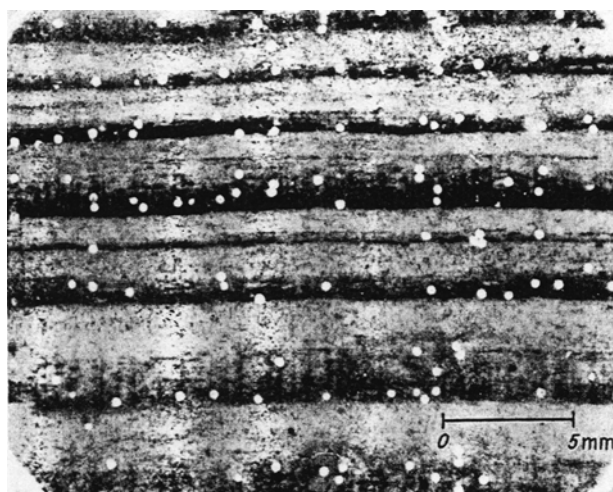
Figur 3:
Tværsnit af fyrreplanke med angreb af pæleorm. Bemærk ind- og udstrømningsåbningerne ved træets overflade.

Boringen, og dermed afraspningen af træ til føde, foregår ved hjælp af skallerne, som sidder i forenden og er forsynede med riflede flige. Efterhånden som ormen vokser, forlænger den gangen, således at den til stadighed udfylder denne (fig. 1). Bagenden af pæleormen, som er smallere end forenden, er fastvokset til gangens yderste del nærmest indgangshullet. Dette vedbliver at være ganske lille. Det kan derfor være vanskeligt at se udefra, at træet er angrebet, selv om træets indre måske er stærkt ødelagt. Pæleormens boregang er cirkelrund i tværsnit og beklædt med et lag kalk.

Pæleormen er hermafrodit, således er den skiftevis han og hun, men den starter altid som han. Forplantningsperioden angives at begynde, når temperaturen når op på ca. 15 °C og vedvarer, så længe temperaturen er derover, men er stærkest i sommertiden. P. L. Kramp fandt i 1934-36 fritsvømmende larver af pæleorm fra marts til november. Det tyder på at 1) enten har der været nogle meget varme forårsmåneder i disse år eller også 2) begynder pæleormenes forplantningsperiode ved en lavere temperatur end ovenfor angivet.

Pæleormslarvens første stadier, der varer ca. to uger, forløber i moderdyrets gællehule. Herefter udstødes larverne gennem udstrømningsåbningen og lever fritsvævende i vandet i 1-3 uger (sværmeperioden) til de finder et passende stykke træ, hvor de kan sætte sig fast og bore sig ind. Når larven kommer i kontakt med træets overflade, udskiller den en tråd, byssus, som tøjrer larven til træet.

Tidligere mente man, at forudsætningen for at pæleorm ville hæfte sig fast skulle træet have ligget i vandet så længe, at det yderste cellelag var vandmættet og delvis nedbrudt af svampe. Svenske undersøgelser peger imidlertid på at tilstedeværelsen af svampe i træet ikke er en nødvendighed for, at larverne hæfter sig til træet. Træ nedsat i havvand i kun 2 dage blev fundet med påhæftede pæleorm. Omvendt er det muligt, at svampene bevirker, at larverne hurtigere kan trænge ind i træet og svampene kan eventuelt også hjælpe ormen ved nedbrydningen af træets cellulose, som jo er deres primære føde. Når larven hæfter sig til træet, er skallerne ikke udviklet til boring i træet, men alligevel formår larven at lave en lille fordybning i træets overflade, muligvis ved hjælp af enzymer. Det først afskrabede træsmuld kittes sammen med et kalksekret der dækker larven som en lille kuppel (fig. 4).



Figur 4:

Pletter af kalksekret der angiver, hvor pæleormslarverne har sat sig fast. Bemærk at de primært sidder på den mørke del af træet (vinterved).

Under almindelige forhold er angrebene af pæleorm stærkest i træ i nærheden af vandets overflade. Er der urolig sø i larvens sværmeperiode bliver angrebet fordelt mere jævnt nedefter og kan forekomme aftagende ned til ca. 10 meters dybde. I modsætning til pælekrebsene kan pæleormens larver uden vanskelighed holde sig fast på glatte overflader, selv om disse udsættes for kraftige bølgeslag.

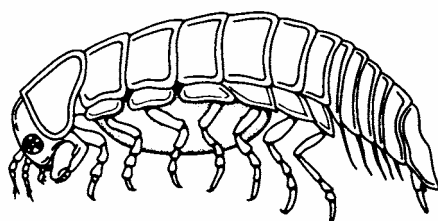
Til at begynde med borer den unge pæleorm sig næsten vinkelret ind, hvorefter den søger at gå på langs af træets fibre (se fig. 6). Det er ligegyldigt om tømmeret sidder lodret eller vandret, og i lodret siddende tømmer er det ganske tilfældigt, om ormen borer opefter eller nedefter. Væksten er hurtigere i blødt end i hårdt træ, og pæleormen vokser hurtigt, hvis den kan blive ved med at bore på langs af træets fibre. Den går helst uden om knaster, og er der flere pæleorm i samme stykke træ, går de aldrig ind i hinandens gange og de tvinges derfor ofte til at bore på tværs af træets fibre. Det er tit nævnt, at pæleorm ikke kan gå fra et stykke træ til et andet, som berører hinanden. Men, Kramp (1938) angiver, at det kan de. Samtidige angreb af pælekrebs hæmmer pæleormenes virksomhed, dels ved at krebsene gnaver træet væk omkring pæleormenes gange, hvorved pæleormene dør, dels ved at de fritsvømmende pæleormslarver ikke kan komme til for pælekrebsene.

Pæleorm vokser når temperaturen er 5 °C eller derover. Under 5 °C ophører boringen og temperaturer under 0 °C dræber pæleorm. Den nævnte temperaturafhængighed gælder dog kun under forudsætning af, at saltholdigheden er over gennemsnitlig 12-14 ‰. Aftagende saltholdighed nedsætter deres boreaktivitet og som følge heraf er der en

nedsat vækst. Ved 5 ‰ saltholdighed eller mindre lukker pæleormene røret. Der er lavet nogle få mindre forsøg, der belyser hvor længe pæleormene kan klare sig i vand med lav saltholdighed. Disse peger på, at pæleormene i den forseglede tilstand med lukkede rør kan overleve ca. 6 uger ved 5 ‰ og 14-19 dage i "rent" ferskvand. Der er dog behov for flere undersøgelser på dette område, hvor andre faktorer som f.eks. alder, ernæringstilstand, træsort, årstid, og specielt temperatur også tages i betragtning.

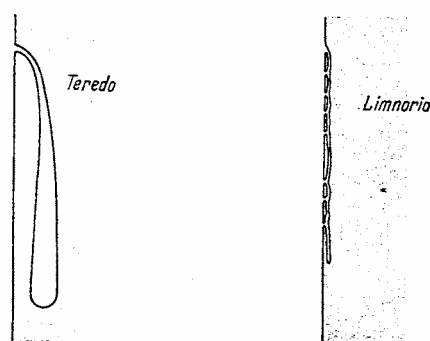
5.3 Pælekrebs

I de dansk farvande findes kun én art af pælekrebs, nemlig *Limnoria lignorum*, et lille bænkebideragtigt krebsdyr (Isopod) (fig. 5), som fuldt udvokset er ca. 3,5 mm langt og godt 1 mm bred, men som kan blive op til 5 mm lang. (Ved f.eks. den tyske og hollandske Vesterhavskyst lever *Limnoria lignorum* i et næsten symbiotisk forhold med en anden slags pælekrebs, nemlig amphipoden *Chelura terebrans*. Sidstnævnte er dog ikke fundet i danske farvande, og vi vil derfor her bruge betegnelsen pælekrebs kun for *Limnoria lignorum*.)



Figur 5:
Hun af pælekrebsen, *Limnoria lignorum*, set fra siden. Den runde sæk hun bærer under maven er æg.

Pælekrebsens korte brede halefødder er fortrinlige svømmeredskaber; de syv par kropsfødder er krogben, hvormed den holder sig fast. Dens kindbakker og kæber er stærkt kitiniserede, og med dem gnaver dyret gange tæt under træets overflade (fig.6).



Figur 6:
Boregange lavet af pæleorm (Teredo) og af pælekrebs (Limnoria). Bemærk at pæleormens gange er forholdsvis længere inde i træet, mens pælekrebsens gange er overfladiske.

Hvor der er mange pælekrebs, omdannes træets yderste lag i løbet af kort tid til en svampet masse af tynde lameller, der let skylles eller stødes af, hvorefter dyrene enten søger længere ind i træet eller svømmer ud og angriber et andet sted. Det er som regel voksne dyr, der angriber træet udefra. Pælekrebsen kan ikke, som pæleormene, fordøje cellulosen. Den bruger gangen i træet som opholdssted, hvor den sidder godt beskyttet,

mens den med sine halefødder sørger for en stadig vandstrøm, der bringer ilt og næring (plankton) til sig. I gangene foregår parringen og æglægningen, hvorefter de nyklækkede unger gnaver gange ud til begge sider fra modergangen (i stil med det man kender fra flere landlevende borebiller). Modergangen forlænges så det næste kuld unger ikke generer deres ældre søskende, når de ligeledes skal til at gnave "ungegange". Forplantningstiden strækker sig gennem næsten hele året og hvert pælekrebepar kan i årets løb få 3-4 kuld unger. Det første kuld klækkes sædvanligvis i maj, det sidste i februar-marts. Det er efter denne sidste klækning, at de fleste voksne individer forlader deres gange og indleder det voldsomme angreb der næsten altid finder sted i marts eller april. Derefter, med nogle ugers mellemrum, kommer der angreb af aftagende styrke indtil oktober. En pæl eller en planke kan på denne måde miste et lag af 1 cm tykkelse hvert år, ved særligt kraftige angreb betydeligt mere.

Et forhold af stor praktisk betydning er, at krebsene har vanskeligt ved at holde sig fast længe nok til at gnave sig ned i en glat overflade, specielt på træ der er udsat for bølgeslag. Det tager nemlig flere dage, før pælekrebsen har fået sig gnavet så langt ind i træet, at den er beskyttet. Derfor finder man sjældent angreb af pælekrebs i bundgarnspæle eller andet fritstående tømmer udsat for bølgeslag. Et tyndt lag slam, alger eller anden begroning på træets overflade hjælper den derfor til at holde sig fast (og nok også til at beskytte sig mod rovdyr). Krebsenes angreb er derfor kraftigst på rolige steder og i træ med sprækker, eller f.eks. hvor to stykker tømmer er sammenføjjet.

6 Imprægnering af træ

Træ angribes relativt nemt af en mængde organismer, der kan anvende træets cellulose som føde.

Ved anvendelse som skibsbygningsmateriale vil man naturligvis forhindre træets mulighed for at være fødeemne.

En del træsorter har en naturlig modstandsevne grundet naturligt forekomne olier, harpikser, garvesyre, o.s.v. , man vil da med fordel kunne vælge disse træsorter som byggemateriale.

Desværre findes der ikke en træsort der beskytter mod alle forekomne organismer, og da stort set slet ikke mod pæleorm.

Man har i de sidste 150 –200 år forsøgt at hindre pæleormsangreb på træ ved diverse imprægneringer.

Flere metoder har vist sig at fungere, specielt til havnebygningstømmer; mens træ til skibe har vist sig vanskeligere at imprægnere, så det er acceptabelt for industrien.

Generelt drejer det sig om kemikalier af forskellig art der kan beskytte træet imod, svamp, insekter og pæleorm.

Disse kemikalier kan enten være giftige eller forhindre organismer i at vokse på træet.

Kemikaliet skal også kunne bringes ind i træet, og forblive der i så lang en periode som muligt.

Naturligvis giver det problemer i valget af kemikalier da disse ikke bør være giftige for det omgivende vandmiljø.

Der er i princippet to typer:

- olier der indeholder kemikaliet
- uorganiske salte, der som oftest er opløselige i vand.

I det følgende beskrives metoderne for imprægnering og deres relevans for skibsbygning.

6.1 Imprægneringsmetoder

Der findes forskellige metoder til at imprægnere træ,

- lægge træet i kold væske
- lægge træet i varm væske, bedre end kold
- koge væsken med træet i
- presse væsken ind i træet gennem rodenden af stammen
- anbringe træet i en tank og trykke det ind fra alle sider

- påsmøring/sprøjtning

Den sidste metode er den eneste praktisk anvendelig. De andre metoder medfører, at der enten skal arbejdes i imprægneret træ eller at en imprægnering efter f.eks. planketilpasning, vil forsinke byggeriet meget. Det vil sige at man indenfor skibsbygning har et ringe udgangspunkt for at imprægner træ.

Påsmøring af et træskibs klædning bliver normalt udført flere gange:

- man smører spanter og plankekanter inden montage af ny planke.
- man smører efter plankemontage
- man smører efter klædningen er blevet afhøvlet

Samtlige disse påsmøringer skal forhindre at der går svamp i skibet under bygningen, hvilket man er bekymret for, da man har haft enkelte tilfælde hvor hele nybygninger måtte skrottes.

6.2 Imprægneringsmidler

6.2.1 Oliebaserede

Disse er normalt anvendelige på skibe da de forbliver længe i træet og ikke er vandopløselige. Yderligere vil olien ikke få træet til at svulme.

6.2.2 Creosot:

Dette kul-tjære-baserede imprægneringsmiddel er særdeles effektivt over for stort set alt der angriber træ.

Det har vist sig meget effektivt over for pæleorm.

Creosot har været anvendt siden 1889, men er nu under stramme regulativer. Disse reguleringer er sket løbende, men i EU Direktiv 2001/90/EF af 26. oktober 2001 skærpes brugen yderligere, og implementeres senest 30. juni 2003. (Teknologisk Institut)

Brugen af Creosot indebærer en større kræftrisiko end hidtil antaget. Der fastsættes grænseværdier, som beskyttelse af forbrugeren, i forbindelse med anvendelse af Creosot som træbeskyttelsesmiddel.

([www.danmark2002.dk/lovstof/vedtagne direktiver](http://www.danmark2002.dk/lovstof/vedtagne_direktiver))

6.2.3 Petroleums baseret

Diverse petroleums olier med enten kobbersulfater, zinkklorid eller kviksølvklorid i. Såfremt der er passende mængder kobber i opnår man en god modstandsdygtighed for pæleorm. Træet vil få en grøn farve af disse kobberopløsninger.

6.2.4 Vandopløselige

Her har man anvendt et uorganisk salt baseret på kobber og krom i vandig opløsning. Det er meget effektivt; men det kræver at imprægneringen udføres i det færdige materiale. Materialet vil også svulme, hvilket medfører at der skal en længere tørreperiode til inden montage. Desværre er det vandopløseligt, hvilket betyder det kan udvaskes af træet hvilket medfører nedsat imprægneringsevne, og naturligvis en forurening af havet.

Imprægnering af træskibe har vist sig yderst vanskeligt, hvis man ønsker at imprægnere mod alle former for organismer.

Hidtil har man imprægneret mod svamp; mens imprægnering mod pæleorme og pælekrebs ikke er udført.

Yderligere må det konstateres, at det er blevet endnu vanskeligere at imprægnere imod svamp, idet alle hidtil anvendte midler før eller siden udvaskes i vandet og derved medfører forurening.

Tidligere tiders skibe til f.eks. Østindien, holdt kun til denne ene tur. Ubehandlede skibe højst et år, dog op til tre år under forudsætning af kraftige reparationer.

Da konstruktionsformen er givet, bliver det nødvendigt at koncentrere fremtidige tiltag om at skabe en passende barriere imod angreb af disse organismer.

7 Udvælgelse af imprægneringsmidler

Da "patent-malingerne" i de sidste 75 år tilsyneladende har elimineret problemet med pæleormsangreb, har man som tidligere nævnt, imprægneret for at hindre råd og svamp allerede under bygningen af træskibene.

Da dette projekt handler om muligheder for at hindre pæleorm i træskibe, og samtidig undgå giftige bundmalinger, er vores blikke rettet mod imprægneringsmidler der ikke efterlader gifte eller unaturlige forbindelser i miljøet på lang sigt.

I vores søgning er vi stødt på mange forskellige imprægneringsmidler, der alle vil efterlade et eller flere stoffer i miljøet efter destruktion af træet. Eksempelvis kan nævnes Bor, Kobber, Zink, Tin, Krom eller Kviksølv.

Det er ikke muligt at afgøre hvor stor en udsivning de forskellige midler vil afstedkomme i marine miljøer, da producenterne ikke kender svaret. Enkelte produkter, specielt til træ i skibe, må ifølge brugsvejledningen ikke anvendes under vandlinien.

Teknikken vi vil afprøve er, at imprægner træet med naturlige olier, der er kendt for deres træbevarende egenskaber. Disse olier males på træet, og forsegles med en eftergivelig vandtæt maling. Herved er udsivning til det marine miljø begrænset til de steder hvor malingen bliver beskadiget.

Vi har i valget af olier til behandling af træet fokuseret på fire ting.

Olierne har, i den rette formulering, en god indtrængningsevne i træet. Er de først inde i træet forventer vi at de fleste af oliernes komponenter kun meget langsomt trænger ud. Dels vil de vandopløselige forbindelser fra olierne holdes inde af den efterfølgende overfladebehandling.

Vi har ikke i litteraturen fundet referencer, der peger på at disse olier brugt på denne måde skulle forvolde problemer af økotoksikologisk art. Tværtimod har f.eks. teatreolie været anvendt med held til bekæmpelse af svampeinfektioner på fiskeæg.

Olierne har biocide effekter som vi forventer gør dem til effektive komponenter i træskibsmalinger. De er baktericide dvs. de kan påvirke/dræbe pæleormenes symbionte bakterier og pæleormene vil dø. De har ligeledes en fungicid virkning. (svampedræbende) Sammen med den baktericide effekt skulle dette modvirke en nedbrydning af træet og dermed nedsætte de forskellige skadevoldende organismers etablering på og i træet.

Endelig er der påvist en insekticid effekt af nogle af indholdsstofferne i f.eks. teatreeolie. Det forventes at denne effekt vil kunne modvirke kolonisering af pælekrebs.

7.1 Linolie

Linolien har været anvendt som maling og træbeskyttelse i flere hundrede år, og relanceres netop for tiden, som et populært naturprodukt. Dog indeholder en del af linolierne sundhedsskadelige tilsætningsstoffer, ligesom nogle linolier anbefales opblanding med mineralsk terpentin.

Linolie er en vegetabilsk olie, der udvindes af hørfrø og findes både som koldpresset, varmpresset eller kogt. Linolien tilsættes nogle gange et tørrende middel under opvarmning, bruges ublandet eller som indholdsstof i forskellige malinger.

Linolien består af forholdsvis små molekyler, hvilket gør indtrængningsevnen i træ god. Når linolien tørrer, udvider den sig og bliver et fast stof, der udfylder træets porrer.

Olien har dog ingen direkte kemisk eller biologisk hæmmende virkning på råd eller svamp, men olien forhindrer træet i at optage fugt. (www.greeninfo.dk) Med andre ord, den gør træoverfladen tæt.

Linolie udvikler aldehyder i forbindelse med tørringsprocessen. Der sker endvidere en afdampning af formaldehyd, der indendørs kan forekomme i flere uger.

Typer af ren linolie:

- Koldpresset rå linolie er olie fra hørfrø, der er presset uden opvarmning. Olien renses ved at stå urørt i mindst 6 måneder.
- Kogt linolie er olie, der varmes op med lidt tørrelse (sikkativ). Kogt linolie foretrakkes til linoliemaling.
- Standolie er linolie, der uden tørrelse og uden ilt, er opvarmet til 250-300 grader. Den tyktflydende og er ligeledes god i maling og fernis.

Linolien skal være ren og effektivt renses for rester af hørfrø, vand o. lign. Den rå linolie uden tørremiddel hælder meget langsomt, og kan være flere uger om at tørre effektivt. Kogt olie og standolie tørre hurtigere, gerne i løbet af et par dage.

Linolie forhandles sjældent uden kemiske tilsætnings- og hjælpestoffer. Det kan være forskellige tørremidler, opløsningsmidler eller bindemidler. Lige fra ufarlige naturprodukter til sundhedsskadelige opløsningsmidler.

Som tidligere nævnt udfylder linolien træets porrer og smårevner. Den trænger bedst ind på tværs af træet og når den tørrer fungerer den som et skjold mod vand. Trænger dog naturligt nok ikke lige godt ind i alle typer træ. Fyrretræ er mere modtageligt end gran. Kan dog med fordel anvendes til andre typer træ. Olien fungerer udmærket på trykimprægneret træ, hvor olien forhindrer giftstoffer i at sive ud i vand. (Henriksen 2001)

7.2 Terpener

Terpener er betegnelsen for en stor gruppe af organiske stoffer, som typisk findes som naturlige indholdsstoffer i planter. Terpener består hovedsagligt af enheden isopren, som er et forgrenet kulbrinte-molekyle. Der findes mange forskellige opbygninger af isopren-molekylerne. De mindste kaldes monoterpener og er dem der udgør størstedelen af indholdet i de æteriske olier, som ofte består af 100 forskellige terpener. (Christensen 2000) Hver enkelt olie, har sin specifikke sammensætning. Eksempelvis indeholder en krydderiplante som timian en letflygtig olie, hvor nogle få terpener udgør størstedelen af olierne. Oftest forekommer terpener dog i ganske små mængder i de letflygtige olier.

De æteriske olier har i folkemedicinen været anvendt for deres bakterie- og betændelsehæmmende virkning, og senere videnskabelige forsøg har dokumenteret denne effekt. Samtidig er man dog blevet opmærksom på de allergiske reaktioner, der også kan opstå i forbindelse med brugen.

Vegetabilsk terpentin

Terpentinolie udvindes fra forskellige arter af fyrretræer. Den harpikslignende olie fås fra stammen, og denne olie renses og destilleres. Det rensede produkt indeholder ca. 70% harpikssyrer og 30% æteriske olier. I disse æteriske olier udgør monoterpenerne mellem 60-90%. (www.teatreeoil.dk).

Den vegetabiliske terpentin bruges primært som opløsningsmiddel i lak og malinger. Dampene fra denne olie kan være irriterende for slimhinder og give varige skader ved indånding gennem længere tid.

Mineralsk terpentin

Mineralsk terpentin er ligeledes et organisk opløsningsmiddel, som består af en mængde forskellige kulbrinter (eks. benzen), men ingen eller kun få terpener. De fleste indholdsstoffer i mineralsk terpentin er meget sundhedsskadelige.

Opløsningen udvindes ved destillation af jordolie og er en af dennes olier benzinfraktioner.

Sammenligning mellem forskellige terpener og teatreeolie.

Den mineralske terpentin afskille sig i indholdsstoffer fuldstændigt fra den vegetabiliske terpentin og teatreeolien. De sundhedsskadelige kulbrinter fra den mineralske terpentin findes ikke i teatreeolien.

Den vegetabiliske terpentin og teatreeolien er planteprodukter med indhold af letflygtige olier, der består af en række terpener. Dog er sammenfaldet mellem de to olier helt forskellig i kraft af forskellen i terpener. Kun nogle helt få terpener forekommer i begge olier, men i så små mængder, at det ikke vurderes som relevant. (Christensen 2000)

Der er således tale om forskellige olier, til trods for at teatreeolien ofte sammenkædes med terpentin i daglig tale.

7.3 Teatree-olie

Teatreoliens vigtigste egenskab i denne sammenhæng er, at den er svampe- og bakteriedræbende. Bruges primært til hudpleje, hvor den genopretter hudens naturlige bakterieflora og heler huden uden beskadigelse af normale celler og væv.

Teatreeolien er en naturlig æterisk olie der udvindes af bladene fra det australske træ – Tea Tree, også kaldet *Melaleuca alternifolia*. Træerne har sin naturlige udbredelse i et lille område i New South Wales, hvor træerne vokser i en svært tilgængelig sump. Plantager er dog opbygget på mere tilgængelige områder.

Olien udvindes ved dampdestillation af friske blade. Olieindholdet i bladene er forholdsvis lav med ca. 1-2%, hvilket dog varierer fra måned til måned og fra de forskellige år.

Der findes mange forskellige produkter indeholdende teatreeolie, men den fremstilles også i en 100% ren udgave. Den anbefales dog ikke til medicinsk brug i sin koncentrerede form. De øvrige produkter er primært hudcreme, shampoo eller salve. (www.teatreeoil.dk)

Der er en omfattende dokumentation med videnskabelige artikler i relation til oliens virkning og baktericide effekt. Studierne går 70 år tilbage og forskning har bl.a. vist at olien effektivt kan bekæmpe Staphylococcus Aureus, som ellers er blevet resistent overfor flere andre antibakterielle behandlinger (RIRDC 1993). Olien blev først fra dette tidspunkt brugt til medicinske kommercielle formål. Urbefolkningen i Australien har dog sandsynligvis kendt og anvendt dens helende virkning meget længere (Carson 1993).

Olien betragtes som det stærkeste antiseptiske naturmiddel man kender.

Udmærker sig ved at trænge dybt ind (i huden), og analyse af fedtceller i underhuden har vist aktivitet med teatreeolie efter 3-4 uger efter påsmøring (www.avro.co.za). Hvilke indholdsstoffer der mere præcist har den stærke antibaktericide effekt, er endnu ikke fuldt klarlagt, men tidligere forsøg peger på terpinen-4-ol. I øvrigt mener man, at det fulde udbytte af oliens effekt først opnås gennem yderligere forskning af de enkelte indholdsstoffers virkning (Carson 1993).

Dokumentationen går udelukkende på medicinske og farmakologiske formål, og ikke i retning af beskyttelse af træværk, som er vores sigte med brugen. Dog trækker vi de generelle konklusioner frem:

Farmakologi:

- antiseptisk
- svampebekæmpende
- god indtrængningsevne
- effektiv mod bl.a. Candida, Pseudomonas, Staphylococcus og Trichomonas

Kemisk sammensætning:

- olien indeholder ca. 100 forskellige komponenter
- hovedkomponenter:
- 1-terpinen-4-ol

- 1,8-cineol
- gamma-terpinen
- p-cymene
- andre terpener

Den australske standard for indholdet af teatreeolie er:

- mindst 30% terpinen-4-ol
- maksimalt 15% 1,8-cineol (hudirriterende)

Pæleorm har bakterier i sit fordøjelsessystem til at omdanne træmassen. Hvis disse bakteriers levevilkår kan forringes, vil pæleormen have ringere vækstbetingelser med reduceret angreb til følge.

7.4 Tungolie

Tungolie har været brugt til at beskytte træskibe gennem de sidste 600 år i Kina. Olien udmærker sig ved at trænge dybt ind i træet og derved beskytte mod forrådnelse, samtidig med at træet ikke mister elasticitet.

Man betragter tungolien, som en af verdens bedste muligheder for at beskytte træ. Har som tidligere nævnt været brugt i Kina gennem mange århundreder, men kom først til Europa i begyndelsen af 1800-tallet. Den blev kendt som "kina-lak" og langt den største del af olien produceres fortsat i Kina. Bruges også i møbel- og snedkerindustrien.

Tungolie udvindes af nødder fra Tungtræet i familien Euphorbia. Et skyggetræ med lyse blomster. Plantager med disse træer, findes nu foruden i Kina, også i Florida og Paraguay. Olien der udvindes er tynd, lys og transparent, og adskiller sig fra andre planteolier ved, dels at trænge dybt ind i træet, dels ved at være hurtigtørrende. Lignende planteolier, såsom amerikansk olie eller olie af hørfrø, tager længere tid om at tørre og efterlader en klæbrig overflade indtil det trænger ind i træet. Tungolien, som er hurtigtørrende, efterlader en stærk, glat, vandtæt overflade, hvor man nærmest kan sige den bliver en del af træet, fordi den trænger så dybt ind i træets porrer. Sammenlignet med koldpresset linolie, trænger tungolien 50% dybere ind. (Palms 2002)

Kemisk består olien af eleostearic syre, med mindre mængder af oliesyre, linolie og palmetic glycerider.

Strukturen hedder $\text{HC}(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$.
(www.tung-oil.com)

Det er netop de kemiske forbindelser med meget små molekyler i tungolien, der gør at den trænger dybere ind i træet end andre olier, der består af større molekyler.

Fra havnekonstruktioner kendes at højere vægtfylde/densitet forebygger angreb. Hvis det er fordi energimængden pæleormen "brænder af" på sit angreb er for stort i forhold til energimængden den kan optage fra sit angreb, kunne dette være vejen frem.

Anvendelsesområder i øvrigt:

- Beskyttelse af trykimprægneret, ubehandlet eller tidligere oliebehandlet træ i møbelindustrien.

- Som grundolie inden farvemaling.
- Anvendes på alle typer træ, også ædeltræ, der har en lille kapillærindsugning.
- Behandling af træværk indvendigt og udvendigt på skibe

Egenskaber:

- Vandafvisende og klæb-fri
- Smudsafvisende
- Trænger meget dybt ind i træet.
- Modvirker algevækst
- Kan overmales
- Hurtigtørrende

7.5 Eucalyptus olie

Eucalyptusolien udvindes fra bladene på eucalyptus-træerne, der er den mest udbredte trætype i Australien. Man kender omkring 700 arter, heraf flere der bliver meget høje og anvendes til værdifuldt tømmer.

Mange af eucalyptusarterne indeholder olier, som adskiller sig i duft og udseende fra art til art. I forskningsammenhænge bør man derfor kende oprindelsen. (www.grannyorig.com)

Til kommercielt brug inddeles olien i flg. klasser:

1. De medicinske olier, som indeholder forholdsmæssigt meget eucalyptol (cineol, der også er et af de virksomme stoffer i teatreolien).
2. De industrielle olier, med indhold af terpenener. Anvendes som flydende i bl.a. mineringsammenhæng.
3. Aromatiske olier.

Eucalyptsoolien har en dokumenteret antibakteriel effekt, og har til dette formål været udvundet siden 1788. Først anvendt mod lungesygdomme og kolik. De første videnskabelige artikler på området stammer fra 1870 (Dr.Cloez).

8 Sammensætning af olier

8.1 Teatree-olie

Den anvendte olie består af:

10% australsk teatree-olie (*melaleuca alternifolia*) + 90% vegetabilsk terpentin

8.2 Tung-olie

Den anvendte olie består af:

80% tung-olie + 10% teatree-olie (*melaleuca alternifolia*) + 5% vegetabilsk terpentin + 5% eucalyptus-olie

Der er desuden anvendt 100% ren tung-olie på enkelte plader.

8.3 Linolie

Den anvendte olie er 100% ren linolie af typen standolie, der er tykflydende og tørre indenfor et par dage.

9 Valg af testlokaliteter

I tre omgange (1918-19, 1934-36, 1940-49) er der blevet foretaget undersøgelser af pæleorms og pælekrebs' angreb forskellige steder i de danske farvande. På baggrund af erfaringerne fra disse undersøgelser og muligheden for også at tilføje projektet et historisk perspektiv samt af forskellige praktiske årsager (f.eks. personlige kontakter og geografisk placering), har vi valgt at bruge havnene ved Frederikshavn, Hirtshals, Helsingør, Skærbæk, Rønne samt Roskilde. Disse havne supplerer hinanden godt og dækker bredt.

9.1 Frederikshavn

Der har tidligere været registreret stærke angreb af pælekrebs, men kun i mindre grad angreb af pæleorm (næsten udelukkende *T. navalis* selv om enkelte eksemplarer af *P. megotara* og *N. norvegica* blev iagttaget).

9.2 Hirtshals

Her har der tidligere været registreret stærke angreb af såvel pælekrebs som pæleorm. Af pæleormene var *P. megotara* den dominerende art, men de to andre arter forekom også og var til tider ret almindelige. I forbindelse med udsætningen af flåden, fik vi vist et sted hvor træ påsat for et halvt år siden, var halvvejs fortæret.

9.3 Skærbæk

Ved undersøgelsen i 1918-19 fandtes der i den nærliggende Kolding Havn relativt mange pæleorm (grad 4 ud af en skala på 6) og lidt pælekrebs (grad 1 af 6). Skærbæk har for nylig haft svære skader på grund af pæleorm. Desuden ligger havnen nær kontoret for Olsen Design Aps., hvilket gør den specielt anvendelig bl.a. også til mindre preliminære tests.

Der er desuden lavet en undersøgelse af pæleorm i havnene i Vejle Amt.

Hav- og kystafdelingen under Vejle Amt udgav i foråret 2001 en kort redegørelse over de observerede problemer med pæleorm i et udvalg af havne. (Teknik og Miljø, Vejle Amt 2001). Der er resultater fra 14 lokaliteter (ud af 31 adspurgte).

Øvrige konklusioner:

- De fleste havne har stigende problemer
- Hovedparten melder om udskiftning af min. 10-20 pæle/år
- Enkelte vurderer at problemet er steget 50%
- Man anvender typisk marin-imprægneret grantræ. Tidligere er anvendt egetræ, men det angribes også.

- Hardwood-træ koster i snit 1000 kr. mere end grantræ pr. pæl. Dette begrænser brugen.
- Udskiftning af 1 stk. hardwood-pæl er ca. 2800,- kr.
- Udregnet for de to største havne betyder dette udgifter i størrelsesorden 600.000-2 millioner kr. for at imødegå problemet over de næste år.
- Flere havne planlægger at anvende beton, stål, plast eller glasfiber i stedet for træ.
- Enkelte små havne har valgt at slå kobbersøm i pælene
- Træbådsejere tager bådene op midt på sommeren for at give båden ekstra bundmaling.

9.4 Roskilde

Denne havn blev kun kortlagt i undersøgelsen i 1918-19. Her fandtes hverken pælekrebs eller pæleorm. Men – da vi etablerede et samarbejde til marinearkæologer på Vikingemuseet i Roskilde omkring ”projekt pæleorm”, blev vi gjort opmærksomme på, at der forekom periodevise angreb af pæleorm i Roskilde havn.

9.5 Helsingør

Der var ikke pælekrebs i Helsingør, mens der til gengæld blev fundet stærkere angreb af pæleorm (udelukkende af *T. navalis*) end i de andre havne.

9.6 Rønne

Rønne er medtaget i testen, da lokale melder om pæle der brækker. Desuden kunne andre marine træskadegørere evt. påvises.

10 Forsøgsmaterialer – træsorter.

Valget af forsøgsmaterialer tager sit udgangspunkt i

- 1) at kunne registrere forekomsten af pæleorm og pælekrebs i forsøgsperioden
- 2) at anvende de træsorter som almindeligvis bruges til udvendig beklædning på træske.

10.1 Træsorter

Til forsøget anvendes prøveemner af nyt træ af følgende sorter:

- fyr (skovfyr, *Pinus silvestris*)
- lærk (europæisk lærk, *Larix decidua*)
- eg (almindelig eg, *Quercus robur*)

Derudover bliver Mahogni og Eucalyptus testet.

For at prøvestykkerne bliver så ensartede som muligt, vil det for de enkelte træsorter blive tilstræbt, at anvende prøveemner lavet fra samme træer eller i det mindste fra samme område.

Desuden vil der være en tilfældig, men ens, fordeling af prøveemnerne henholdsvis til forsøgsgrupperne ubehandlet (kontrol) eller behandlet (med midler).

Ubehandlet fyrretræ vil blive anvendt til at registrere forekomsten af pæleorm og pælekrebs på forsøgslokaliteter, da erfaringerne fra tidligere tests er, at fyr angribes relativt hurtigt.

Desuden er der placeret fyrretræ, der kun er forsejlet med primer, for at kunne afsløre effekten af forsejlingen.

10.1.1 Fyrretræ

Fyr udgør en meget stor andel af det træ, der bruges i industrien til utallige formål. Fra møbelproduktion, planker, lister og pæle. Der anvendes ofte tryk- og vacuum-imprægnering for at sikre længere holdbarhed for træ der bruges til udendørsbrug og jordkontakt.

Det yderste ved har en 3-5 cm bredde og er lyst og hvidgulligt, sammenlignet med den mere rødbrune kerne. Det yderste ved er ikke holdbart, men kerneveddet i overdækket tilstand kan holde sig op til 50 år udendørs. Kerneveddet er indplaceret i holdbarhedsklasse "mindre til moderat" (som lærk).

Fyrretræ er let at forarbejde, men harpiksudfældning kan dog give problemer. Overfladebehandling giver ikke anledning til problemer.

Ved imprægnering af massivt fyrretræ har Nordisk Træbeskyttelsesråd udarbejdet et regelsæt. Kerneved er klassificeret som ”vanskelig – ekstrem vanskelig imprægnerbart” Det yderste ved angives som ”let imprægnerbart”.

Nedenstående oversigt over træets egenskaber er udarbejdet af Teknologisk Institut – Træteknik, og bl.a. gengivet på Træbranchens Portal www.trae.dk. De store variationer skyldes den naturlige variation i fyrretræets ved.

Parameter	Enhed
Densitet	
Beregnet tørvægt	470-490-510 kg/m ³
Lufttørt -12%	500-520-540 kg/m ³
Svind fra frisk træ til tørt træ	
Radielt	4%
Tangentielt	7,7%
Volumen	12,4%
Mekaniske egenskaber i prøver med 12% træfugt	
Træstyrke i fiberretningen	104 Mpa
Trykstyrke i fiberretningen	45-47 Mpa
Bøjningsstyrke i fiberretningen	83-89 Mpa
Elasticitetsmodul i fiberretningen	10.000-12.000 Mpa
Hårdhed i endetræ	30 Mpa

10.1.2 Egetræ

Egetræ bruges til utallige formål, grundet gode styrkeegenskaber, moderat svind og god holdbarhed. Anvendes bl.a. til gulve, hegnspæle, redskaber, møbler og bundgarnspæle.

Har netop været anvendt til krumtræ i skibe (se i øvrigt bilag om skibskonstruktion). P.g.a. egetræets høje indhold af garvestoffer, har det også været anvendt til garvning af huder samt ved lagring af vin og spiritus.

Strukturen i træets ved er varieret med tykke vedstaver og marvstråler. Det yderste ved er ikke varigt, mens kernevedet i overdækket udemiljø kan holde sig i mere end 50-125 år.

Eg er i DS/EN350-2 klassificeret i imprægneringsklasse ”ekstremt vanskeligt imprægnerbart” for kerneved, mens det yderste ved klassificeres som ”let imprægnerbart” (www.trea.dk)

Eg giver ikke anledning til specielle problemer ved overfladebehandling. Som alt andet træ vejrgrånes eg i løbet af få år på grund af solens fotokemiske nedbrydning.

Nedenstående oversigt over træets egenskaber er udarbejdet af Teknologisk Institut – Træteknik, og bl.a. gengivet på Træbranchens Portal www.trae.dk.

Parameter	Enhed
Densitet	
Beregnet tørvægt	630-670-710 kg/m ³
Lufttørt -12%	670-710-760 kg/m ³
Svind fra frisk træ til tørt træ	
Radielt	4%
Tangentielt	7,8%
Volumen	12,2%
Mekaniske egenskaber i prøver med 12% træfugt	
Træstyrke i fiberretningen	90 Mpa
Trykstyrke i fiberretningen	53-65 Mpa
Bøjningsstyrke i fiberretningen	90-100 Mpa
Elasticitetsmodul i fiberretningen	10.000-13.000 Mpa
Hårdhed i endetræ	69-71,5 Mpa

10.1.3 Lærketræ

Lærketræ har været anvendt og opskåret på samme betingelser som rødgran, men der har i de seneste år været øget efterspørgsel på lærketræ. Forskellen på rødgran og lærk er lærketræets store forholdsmæssige andel af kerneved samt dets naturlige holdbarhed. Anvendes i stigende grad til produktion af havemøbler, pæle og hegnsmateriale. Mere traditionel anvendelse af lærketræ er beklædning til lystbåde, husbygning m.m.

Veddets udseende har tydelige aftegninger af årringe og ligner fyr.

Kerneveddet indeholder store mængder harpiks.

Det yderste ved er ikke holdbart, mens kerneveddet er indplaceret i holdbarhedsklasse "mindre til moderat holdbart", hvilket svare til fyrretræets egenskaber.

Lærk er let at bearbejde, og overfladebehandling giver normalt ikke anledning til problemer. Med hensyn til imprægnerbarhed klassificeres kerneveddet som "ekstremt vanskeligt imprægnerbart" og det yderste ved som "moderat imprægnerbart med stor variation"

Nedenstående oversigt over træets egenskaber er udarbejdet af Teknologisk Institut – Træteknik, og bl.a. gengivet på Træbranchens Portal www.trae.dk. De store variationer skyldes den naturlige variation i lærketræets ved.

Parameter	Enhed
Densitet	
Beregnet tørvægt	440-560-610 kg/m ³
Lufttørt -12%	470-600-650 kg/m ³
Svind fra frisk træ til tørt træ	
Radielt	3,3%
Tangentielt	7,8%
Volumen	11,4%
Mekaniske egenskaber i prøver med 12% træfugt	
Træstyrke i fiberretningen	105 Mpa
Trykstyrke i fiberretningen	47-54 Mpa
Bøjningsstyrke i fiberretningen	92-94 Mpa
Elasticitetsmodul i fiberretningen	9.900-13.500 Mpa

10.1.4 Tropiske hardwood-typer

De tropiske hårdt-trætyper adskiller sig væsentligt fra de amerikanske typer, som bl.a. kan være valnød, rød eg o.a. De tropiske typer er bl.a. primavera, trebol, tambran og ikke mindst teak og mahognitræ. De to sidstnævnte er meget udbredte i Danmark, både indenfor møbelindustri og skibsaptering. Der er stor efterspørgsel på det tropiske træ, hvilket har gjort de miljømæssige omkostninger store. Der er gennem årtier blevet fældet mange flere træer end der er plantet. Plantagedrift afløser for en del hugsten i de naturlige regnskove, og regeringsindgreb i bl.a. Indonesien skal forhindre eksport af de tropiske trætyper.

Træet er populært på grund af udseendet, holdbarhed og hårdhed.

Teaktræ

Biologisk navn: *Tectona grandis*, ikke testet, da udelukkende benyttes over vandet.

Træet er gyldent til mørkt i rødlige toner. Vokser med ret stamme og i stor højde.

Træet indeholder righoldige naturlige olier og det giver en naturlig beskyttelse mod fugt. Desuden rustner eller erodere teak ikke i kontakt med metal i udendørsmiljø.

Teak betragtes som meget værdifuldt og er populært til mange ting lige fra møbler, gulve, paneler og skibsplanker.

Som andre tropiske træarter er teaktræ ved at være udryddet i de naturlige bevoksninger, og man tilstræber at træ eksporteres fra plantager.

Den yderste grålige bark angribes ofte af termitter og svamp, mens kernevedet er immunt overfor disse angreb. Kernetræet er meget hårdt og holdbart og ikke mindst kendetegnet ved lav "opsugningsevne".

Mahognitræ

Biologisk navn: *Swietenia Macrophylla*

En anden truet og næsten udryddet træart er mahogni-træet. Vokser i naturlige skove i det tropiske Amerika.

Træet har rødbrunt ved, og netop de rødbrune kulører fremhæves i finere møbelsnedkeri med glatte overfladelakeringer.

Træet vokser til store højder og med bred stamme. Både i lige og buede former. Vedets struktur er mindre fibre med sammenflettet struktur. Rummer mange variationer.

Lader sig nemt bearbejde.

11 Prøveemner - klodstest

Prøveemnerne er 2,5 cm tykke klodser med en længde på 20 cm (i fiberretningen) og 7,5 cm i bredden.

I hver klods bores 5 mm huller så klodserne kan sættes fast i forsøgsopstillingen. Hvert prøveemne er endvidere forsynet med en bogstavkode og et nummer der er fræset i siden på klodsen.

Denne mærkning fortæller af hvilken træsort den pågældende klods er, hvilken behandling den har fået, samt hvilken plads den har på flåden.



Tabel 1: Oversigt over træ-emner der testes, samt placering på flåden:

Plads R, K	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
R1	Fyr skifte	Lærk ubehandlet	Eg Teatree-olie	Lærk teatree-olie	Eg bundmalet	Lærk Kinesisk tung-olie	Eg Kinesisk tung-olie	Mahogni teatree-olie
R2	Eg ubehandlet	Eucalyptus ubehandlet	Mahogni teatree-olie	Eg linoliebehandlet	Lærk teatree-olie	Eucalyptus ubehandlet	Fyr primet	Lærk Kinesisk tung-olie
R3	Lærk bundmalet	Eg Kinesisk tung-olie	Lærk bundmalet	Fyr primet	Lærk bundmalet	Eg Teatree-olie	Lærk linoliebehandlet	Eg linoliebehandlet
R4	Eg linoliebehandlet	Lærk linoliebehandlet	Eg Teatree-olie	Lærk Kinesisk tung-olie	Eg bundmalet	Mahogni teatree-olie	Eg bundmalet	Lærk Ubehandlet
R5	Lærk Ubehandlet	Eg Kinesisk tung-olie	Eucalyptus ubehandlet	Eg ubehandlet	Lærk linoliebehandlet	Fyr primet	Lærk teatree-olie	Eg ubehandlet

12 Evaluering af midler og metoder

Hvor effektive de forskellige midler og metoder er mod pæleorm og pælekrebs, afspejles ved at sammenligne angrebsgraden (se senere) af de ubehandlede træstykker med de behandlede stykker af samme sort.

At et træstykke ikke er angrebet betyder nødvendigvis ikke, at det er et effektivt middel eller beskyttelsesmetode, der er anvendt. Det kan også afspejle at der ikke er nogen pæleorm eller pælekrebs tilstede på netop denne lokation.

Tilstedeværelsen af marine træskadegørere på de enkelte testlokaliteter (havnene) vil derfor blive fulgt løbende ved at se på de ubehandlede fyrtræstykker, der som tidligere nævnt angribes relativt hurtigt og derfor forventes at kunne vise om der faktisk er pæleorm og pælekrebs til stede.

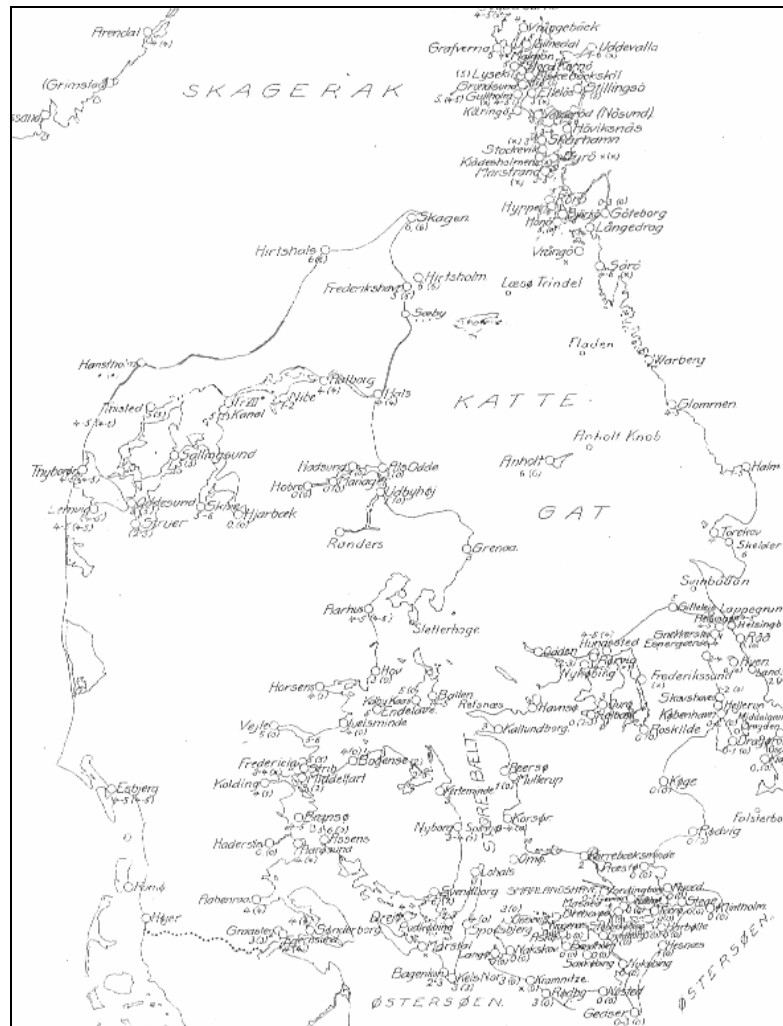
Også prøvestykkernes bevoksninger af fastsiddende dyr og planter vil blive vurderet, da dette også kan være af betydning. Sådanne bevoksninger kan undertiden hæmme angreb af pæleorm, men fremme angreb af pælekrebs, ved at gøre det lettere for pælekrebsene at etablere sig.

12.1 Værdier for angrebsgrader

I den ovennævnte Skandinaviske undersøgelse (Dansk Ingeniørforening, 1921) anvendes en skala fra 1-6 til kategorisering af angrebets intensitet i de forskellige havne, der indgik i undersøgelsen.

Her betød et 6'tal på skalaen, at en ubeskyttet 25 cm pæl af gran eller fyr måtte fornyes efter 1 års henstand i vandet, mens 1 på skalaen var udtryk for et ubetydeligt angreb.

Samme skala blev anvendt for både pæleorm og pælekrebs.



Figur 7. Fra Ingeniøren 1921:

”nærlæsning” med henblik på angrebskategori

Helsingør: 4-5

Roskilde: 0

Fredericia: 3-4

Kolding: 4

Frederikshavn: 5

Hirtshals: 6

Ved en senere undersøgelse fra 1940-49 (Dansk Ingeniørforening, 1956) anvendtes imidlertid forskellige måder at vurdere skader fra pæleorm og pælekrebs på. Dog stadig med anvendelsen af en skala fra 1 til 6. Da den sidstnævnte skala er mere anvendelig til at beskrive angrebsgraden for en vilkårlig træsort/bekæmpelsesmetode på et givet tidspunkt, anvender vi denne sidstnævnte skala.

Angrebsgraderne bestemmes efter følgende kriterier:

Pælekrebs: Hvor stor en del af prøvestykkernes overflade er angrebet og ved fremskredne angreb, hvor dybt går de. Endefladeangreb er ikke medregnet.

Kategori	Den angrebne del af overfladen
1	< 5%
2	5-20%
3	20-40%
4	40-70%
5	70-95%
6	100%

Tabel 2. Angrebskategorier

Pæleorm: Hvis pæleorm ikke observeres i et særligt stort antal, bruges antallet af indgangshuller som mål for angrebsgraden og kun indgangshuller i sidetræ medregnes. Når der er tale om kraftige pæleormeangreb, eller når der tillige er stærke angreb af pælekrebs, kan tælling være meget vanskelig og fastlægges graden af angreb efter ødelæggelsens størrelse.

Kategori	Antal huller i sidetræ
1	1 - 3
2	4 - 6
3	7 - 10
4	> 10, men træstykket ikke helt ødelagt
5	Mange, det meste af klodsens indre fortæret
6	Klodsens indre næsten helt fortæret

Tabel 3. Antal huller

Da det, specielt når træstykkerne er meget angrebne, vil dreje sig om en skønsmæssig vurdering af angrebsgraden, vil vurderingerne blive foretaget af den samme person for at sikre så høj grad af ensartet vurdering som muligt. For at minimere usikkerheden, bliver hvert enkelt træstykke nedsænket i et kar fyldt med vand, og den mængde vand der løber over, vil svare til den tilbageværende træmasse.

Da klodsens oprindelige ydre geometri kendes, kan svindet beregnes.

Træstykkerne vil også blive analyseret med andre mere objektive metoder f.eks. røntgen, ultralyd og densitetsundersøgelse for samtidig at vurdere disse ikke-destruktive målemetoders muligheder.

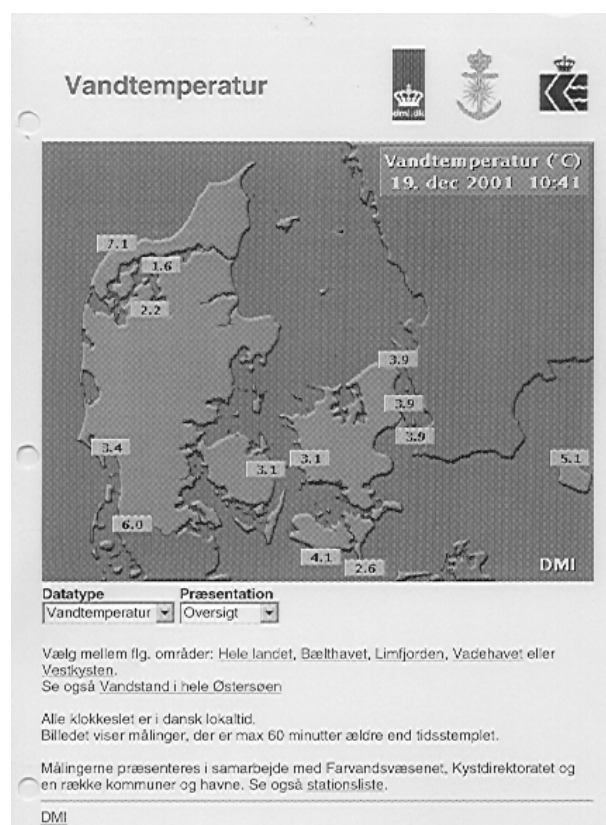
13 Temperaturforhold og salinitetsdata

Da både vandets temperaturforhold og saltkoncentrationen, har afgørende indvirkning på pæleormenes levedygtighed, har vi ønsket at registrere disse data.

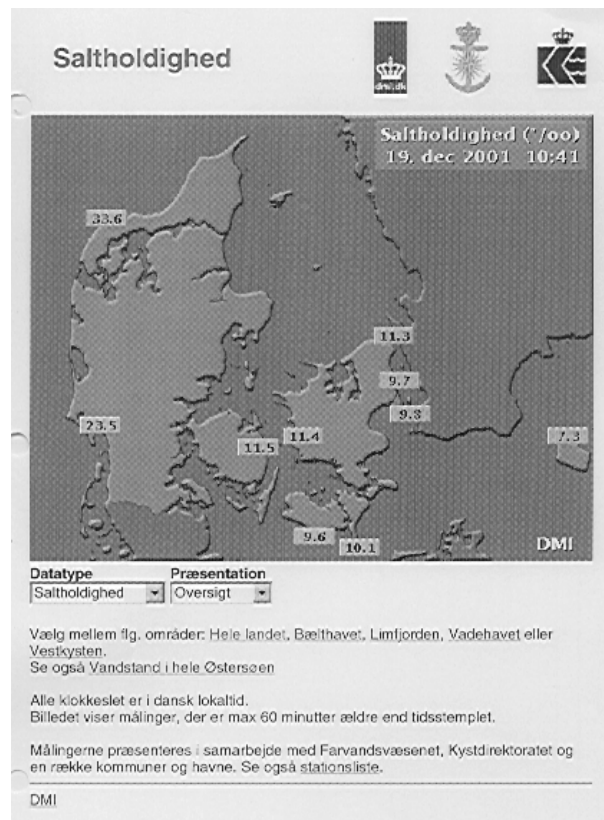
Begge typer af data er tilgængelige hos Danmarks Meteorologiske Institut, hvor data opdateres hver time.

På DMI's hjemmeside www.dmi.dk (under vejr og hav, til søs, observationer, datatype) kan lokaliteter, hvor der måles ses.

Da ikke alle lokaliteter er placeret overens med flåderne, er data samtidig hentet ved miljøafdelingerne i de enkelte amter.



Figur 8. Vandtemperaturer DMI



Figur 9. Saltholdighed DMI

Skærbæk:

Data fra Vejle Amts miljøundersøgelser. Der måles (hvert kvarter) fra målestation ved den gamle Lillebæltsbro.

Helsingør:

DMI, målt ved Hornbæk (10-15 km vest for Helsingør)

Rønne:

DMI.

Frederikshavn:

Data fra Nordjyllands Amts miljøafdeling, der indhenter data fra Læsørenden ud for Frederikshavn.

Hirtshals:

DMI, målt ved vestkysten nord for Limfjorden.

Roskilde:

Målinger fra Roskilde Amts miljøskib i vandet ud for Roskilde havn.

13.1 Tidligere saltforhold

I rapporten fra 1921 er saltforholdene beskrevet i relation til forekomst af pæleorm. Resultaterne er, som de ligeledes er i vores nutidige undersøgelse, leveret af Dansk Meteorologiske Institut. Resultaterne beskrives kort nedenfor:

Ved Nordsøen og Skagerak beskrives saltforholdene, som værende meget konstante. Varierende mellem 25 – 35 promille.

Kattegat var saltforholdene meget varierende på grund af Østersøens indflydelse. Årets gennemsnit nord for Helsingør var 18,5 promille. Pæleormene omtales som fuldt levedygtige overalt i Kattegat, hvor der ikke fandtes lokal forurening. Helt ned omkring Vejle var skaderne udbredte.

I Sundet og Bælterne gjorde Østersøens ferskere vand sig mere gældende end i Kattegat. Dog var saltholdigheden størst i Bælterne.

Middelfart:

maksimum-værdi: 27,8 promille

minimum-værdi: 10,7 promille

I Farvandet syd for Fyn var saltholdigheden forholdsvis stor, antagelig fordi afløbsstrømmen fra Østersøen her virkede endnu svagere end i selve Bælterne. I Smålandshavet aftog saltholdigheden hurtigt østpå.

Bornholm (Christiansø):

maksimum-værdi: 10,3 promille

minimum-værdi: 5,1 promille

Rapporten fra 1921 anfører desuden, som omtalt under den biologiske del, at grænserne for pæleorms udbredelse hovedsageligt bestemmes af vandets saltholdighed og temperaturforhold. Pæleormenes angreb ophører i de arktiske farvande. Grænsen findes der, hvor vandets gennemsnitssaltholdighed i en længere periode er lavere end 7-8 promille.

Der synes ikke at være en sammenhæng mellem strømforhold og forekomst. Der blev rapporteret om angreb både i stillestående havnebassiner og i stærke strømfyldte vandområder. Dog kræver pæleorm dog en vis tilførsel af frisk vand.

En anden tidligere brugt indikator på forekomst af pæleorm, var forekomst af søstjerner, der således blev brugt som målestok for saltholdighed.

13.2 Nuværende saltforhold, år 2002

13.2.1 Hirtshals:

Maksimum – 33,6 promille

Minimum – 25,1 promille

Med en middelværdi på 29,5 ligger niveauet som i tidligere undersøgelser.

13.2.2 Frederikshavn:

Maksimum – 28,6 promille

Minimum – 13,9 promille

Middelværdien er på 13,9.

13.2.3 Helsingør:

Maksimum – 22,9 promille

Minimum – 10,1 promille

Middelværdien på 17,5 ligger også tæt på de ældre målinger (18,5)

13.2.4 Rønne:

Maksimum – 7,5 promille

Minimum – 5,9 promille

Middelværdien er i år på 6,9, hvilket er lige på grænsen for mulighed for vækst af pæleorm. Der findes ikke angivelser af tidligere middelværdi, dog viste den ældre måling større udsving end det har været tilfældet i år (mellem 10,3 og 5,1).

13.2.5 Roskilde:

Maksimum – 13,2 promille

Minimum – 9,7

Middelværdien: 10,8.

13.2.6 Skærbæk:

Maksimum – 24,5

Minimum – 11,8

Middelværdi: 18,1

13.3 Tabel 4- Saltkoncentration og temperatur for testperioden

UGE	Skærbæk		Helsingør		Rønne		Roskilde		Fr.havn		Hirtshals	
	saltkonc.	temp.	saltkonc.	temp.	saltkonc.	temp.	saltkonc.	temp.	saltkonc.	temp.	saltkonc.	temp.
uge 49			11,3	3,9	7,3	5,1	13,2	3,0	23,9	5,8	33,6	7,1
uge 1	18,6	2,4										
uge 2	18,6	1,8	15,9	1,6	6,4	2,7			24,1	1,5	32,7	3,9
uge 3	18,5	1,7	19,7	2,6	6,8	3,1					32,9	4,0
uge 4	19,5	2,7	19,8	3,6	6,5	3,6	12,6	2,1	28,6	3,6	30,7	4,4
uge 5	24,5	5,0					12,7	3,6				
uge 6	21,6	5,2	22,0	4,6	6,8	3,7					29,5	5,6
uge 7	24,5	5,6	21,6	4,2	6,9	3,5	11,8	5,8			30,2	5,5
uge 8	20,7	4,9	21,4	4,6	7,1	3,6	11,4	3,6			30,4	5,6
uge 9	23,9	4,0	20,4	3,4	7,2	3,1	11,1	1,2			32,2	4,7
uge 10	21,4	3,6					10,6	3,7	27,0	3,1		
uge 11	22,7	4,3	22,9	4,6	7,1	3,9	11,4	5,2			29,4	4,9
uge 12	19,4	4,3	19,7	4,7	7,1	3,9	10,0	4,7			32,5	5,2
uge 13	19,6	4,5	14,1	5,2	6,7	3,7	9,8	4,9	26,6	4,4	33,3	5,6
uge 14	14,4	5,3	16,5	7,2	6,9	4,6	9,7	7,9	22,1	5,1	30,5	6,6
uge 15	12,3	6,2	14,1	5,5	6,9	4,6	9,9	7,5	15,1	6,1	33,4	6,2
uge 16	11,9	6,7	12,7	7,5	7,0	5,1	10,1	8,0			33,2	6,6
uge 17	11,8	7,3	10,1	8,7	6,9	5,9	9,9	9,7			30,8	7,7
uge 18	14,9	7,6	13,5	8,1	6,9	6,1	10,7	9,9	19,7	7,5	25,3	8,6
uge 19	18,6	8,1							13,9	9,9		
uge 20	12,4	10,6					10,7	14,9	17,1	11,6		
uge 21	15,7	11,5	14,7	12,4	6,9	7,9	10,6	15,2			28,7	11,6
uge 22	13,4	14,2	13,8	13,6	7,0	11,1	10,5	17,6	15,5	13,3	27,8	13,6
uge 23	14,4	13,2	12,1	17,0	7,0	12,7	10,7	17,9	14,1	16,0	27,9	14,0
uge 24			14,1	16,5	7,1	14,9	10,8	18,9			27,7	16,1
uge 25	21,6	14,1	14,8	17,7	7,1	15,1	10,9	19,4	18,5	17,0	28,1	16,2
uge 26			16,1	17,7	7,0	15,0	11,0	18,7			28,4	16,6
uge 27					7,1	14,7	11,0	16,7	28,2	14,6	28,6	16,1
uge 28	19,2	14,9	19,4	18,5	7,3	16,2					28,0	17,1
uge 29	16,7	18,7					11,0	20,9	20,6	18,2		
uge 30							10,9	20,3				
uge 31	18,1	18,4	19,3	19,4	7,1	17,1			19,7	19,9	30,1	17,6
uge 32	15,7	19,7	17,6	20,1	7,1	18,1	10,5	21,1	20,2	20,3	29,7	17,7
uge 33	17,7	19,3	18,8	19,6	7,0	19,5	10,5	20,8	21,0	20,1	29,2	18,7
uge 34			19,7	19,0	6,8	19,5	10,4	21,9			28,5	19,5
uge 35	15,8	20,8	17,5	19,4	6,2	20,1	10,5	21,8	18,1	20,1	26,3	18,9
uge 36	20,6	17,8	18,1	19,9	6,2	19,9	10,7	19,9	20,9	18,0	26,9	18,9
uge 37	16,4	19,3	16,9	17,2	6,4	17,9	10,7	19,8	18,7	19,1	26,1	17,9
uge 38	20,5	17,3	16,4	18,0	5,9	18,0	10,9	17,8	19,1	17,8	25,8	17,7
uge 39	19,9	15,7	16,9	12,2	7,4	15,1	11,0	14,4			26,4	13,9
uge 40			19,2	15,0	7,5	15,6	10,9	13,7	21,2	14,2	25,1	14,5
uge 41	18,9	13,3	19,4	11,6	7,3	13,4	11,0	11,1			26,1	13,4
uge 42			19,8	8,4	7,3	10,9	10,9	7,8			32,1	9,6
uge 43	17,9	9,8	21,9	8,6	6,7	11,1	10,6	6,4	21,8	8,7	33,5	7,9
uge 44			22,9	9,5	6,2	10,6	11,0	6,9	28,2	8,2	30,2	8,6
uge 45	18,2	7,6	20,2	7,4	7,0	9,2	10,6	5,2			29,6	6,5

13.4 Iltsvind

DMU's afdeling for Marin Økologi udsender løbende rapporter om iltforhold og iltsvind i de danske havområder. Iltindholdet i havvand, har normalt ikke den store indflydelse på pæleorms levedygtighed, men på grund af de ekstreme forhold med iltsvind i sommeren 2002, omtales disse.

(<http://iltrapport.dmu.dk/>)

Fuldstændigt iltsvind, som der er aktuelt i store områder af de danske farvande, kan muligvis have en vis indflydelse på pæleorms levedygtighed. Iltsvind konstateres dog typisk på større dybder end der hvor pæleorm trives, men under ekstreme forhold som nu, kan man som nævnt forvente, at de samlede vandforhold påvirkes.

Nedenstående sammendrag er fra primo oktober 2002 - DMU:

Der er konstateret et usædvanligt udbredt og kraftigt iltsvind i hele Bælthavet og det centrale Øresund. Det hidtil mest alvorlige der er registreret i Danmark.

I områder af farvandet nord for Fyn, sydlige Lillebælt, det sydfynske øhav var der iltfrit, med afgivelse af giftig svovlbrinte. Mod sædvane strækker iltsvindet sig ned gennem den smalle centrale del af Lillebælt. (Skærbæk målestation)

I Kattegat er der observeret iltsvind ved Sjællands Odde samt omkring Anholdt.

Omkring Helsingør (målestation) har der tidligere på efteråret været iltsvind, men forholdene er nu forbedret.

Roskilde Fjord (målestation) har, sammen med andre lavvandede områder, ligeledes kun været kortvarigt ramt.

Der er ikke konstateret iltsvind i Skagerak eller den kystnære del af Nordsøen (målestation Hirtshals).

Der er ingen aktuelle målinger fra Bornholmsbassinet og nord for Christiansø, men sidst i august blev der konstateret iltfrie områder med svovlbrinte i bundvandet.

Det er normalt at iltsvindet i de indre danske farvande kulminere i slutningen af september eller begyndelsen af oktober. De normale efterårsstorme tilfører vandet ilt igen. Stærk vind fra vest og nordvest medfører normalt store tilstrømninger af iltigt bundvand fra Skagerak til Kattegat og Øresund og til sidst Bælthavet.

14 Havnelog

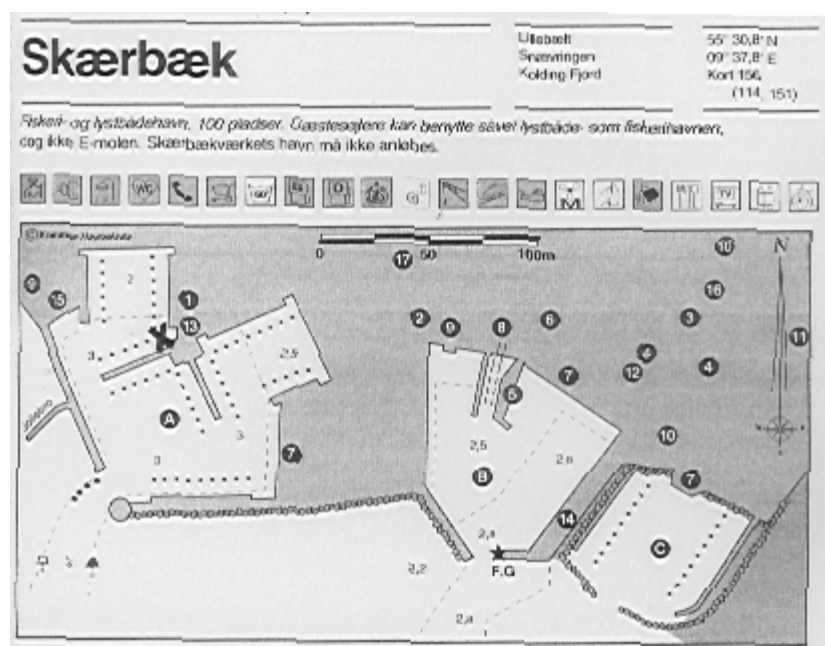
14.1 Skærbæk Havn

Kontaktperson:
Havnefoged Lissi Neumann
Fjordvej, Skærbæk
7000 Fredericia
75563427

Placering af testopstilling:
Skærbæk Lystbådehavn
efter aftale med formand for havneudvalg Kaj Fink



Figur 10. Testlokalitet Skærbæk



Figur 11. Havnekort

Havnelog:

30. november 2001:

Søsætning af 23 stk. prøveplader ophængt med fendere (se billedarkiv)



Figur 12. Fendere til opdrift af prøveplader

5. december 2001:
Søsætning af flåde med 40 nummererede teststykker



Figur 13. Flåde inden søsætning



Figur 14. De enkelte træstykker



Figur 15. Flåde i vand

1. januar – 5. januar 2002:

Vandet tilfrosset 3-5 cm. Flåderne ikke belastet af isen.

I en kortvarig storm løsnes enkelte klodser og der forsvinder 3 stk. Flåden og pladerne efterses med hjælp fra professionel dykker. Ingen yderligere skader.

15. januar:

Isen helt forsvundet. Ingen problemer.

Uge 10 – 2002:

1. skift af fyrretræsklods

Uge 19 – 2002:

2. skift af fyrretræsklods

Uge 31 – 2002:

3. skift af fyrretræsklods

Uge 38 – 2002:

4. skift af fyrretræsklods

Uge 45 – 2002:

Optagning af flåder og plader, samt forberedelse til røntgenoptagelser i uge 46.

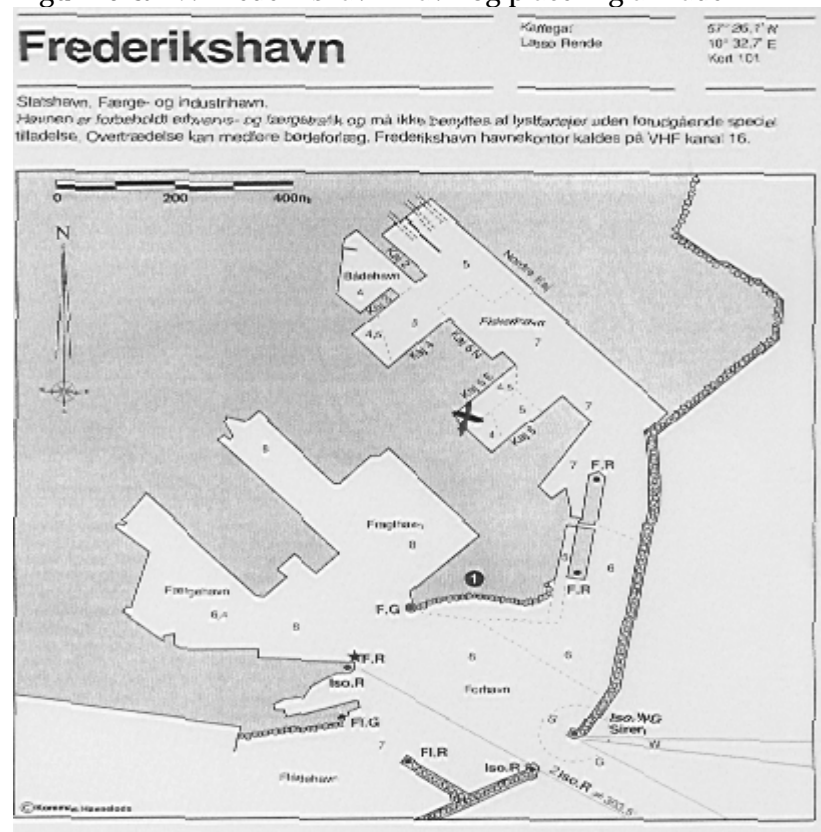
14.2 Frederikshavn Havn

Kontaktperson:
Havnemester Jesper Thomsen
Olie-Pieren 7
9900 Frederikshavn
98421988

Placering af testopstilling:
Frederikshavn Civilhavn



Figur 16 & 17. Frederikshavn Havn og placering af flåde



Havnelog:

3. december 2001:
Søsætning af flåde

15. januar:
Ingen is. Ingen problemer.

Uge 10 – 2002:
1. skift af fyrretræsklods

Uge 19 – 2002:
2. skift af fyrretræsklods

Uge 31 – 2002:
3. skift af fyrretræsklods

Uge 38 – 2002:
4. skift af fyrretræsklods

Uge 45 – 2002:
Optagning af flåde samt forberedelse til røntgenoptagelser i uge 46.

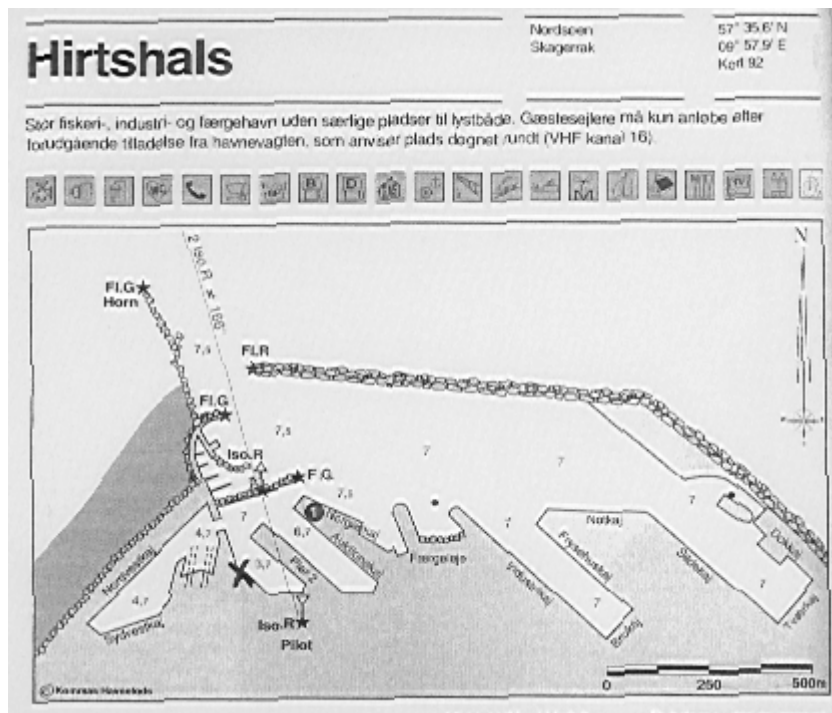
14.3 Hirtshals

Kontaktperson:
Havnemester Kristian Jensen
Havnekontor, Hirtshals
40338761

Placering af testopstilling:



Figur 18. Hirtshals og placering af flåde



Havnefog:

3. december 2001:
Søsætning af testopstilling

15. januar:
Ingen problemer

Uge 10 – 2002:
1. skift af fyrretræsklods

Uge 19 – 2002:
2. skift af fyrretræsklods

Uge 31 – 2002:
3. skift af fyrretræsklods

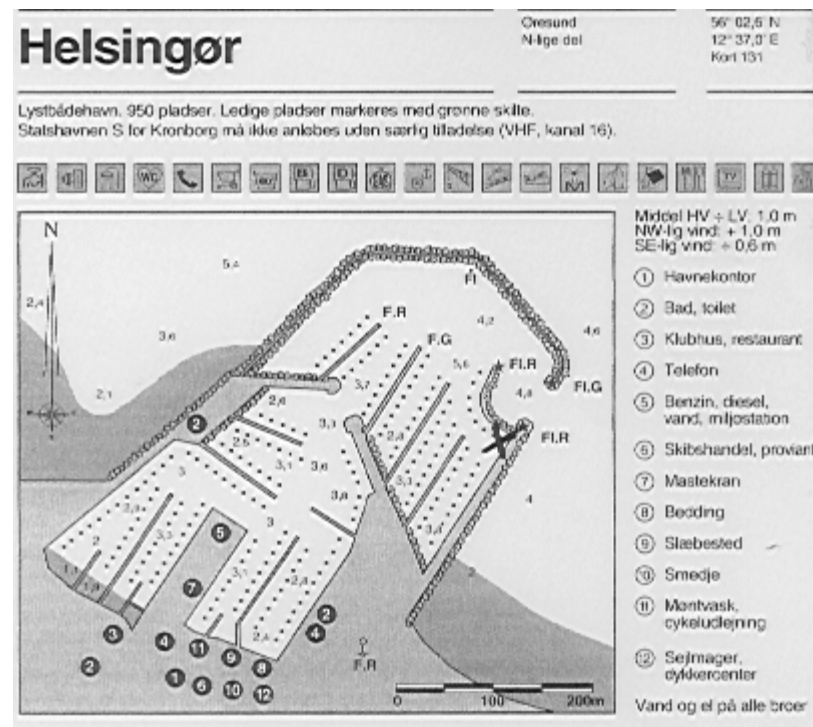
Uge 38 – 2002:
4. skift af fyrretræsklods

Uge 45 – 2002:
Optagning af flåder samt forberedelse til røntgenoptagelser i uge 46.

14.4 Helsingør

Kontaktperson:
Havnefoged Ole Knudsen
Havnekontor, Helsingør havn
49281080

Placering af testopstilling:



Figur 19. Placering af flåde i Helsingør Havn

Havnelog:

7.december 2001:
Søsætning af flåde

28. januar 2002:
Ingen problemer

Uge 9 – 2002:
1. skift af fyrretræsklods

Uge 19 – 2002:
2. skift af fyrretræsklods

Uge 30 – 2002:
3. skift af fyrretræsklods

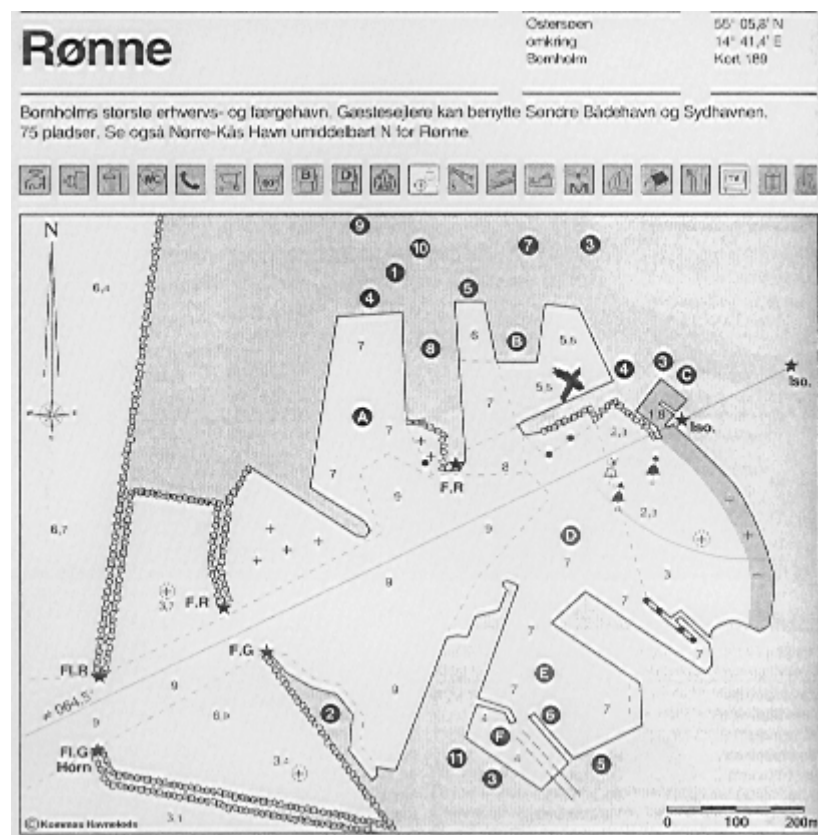
Uge 38 – 2002:
4. skift af fyrretræsklods

Uge 45 – 2002:
Optagning af flåde samt forberedelse til røntgenoptagelser
i uge 46.

14.5 Rønne

Kontaktperson:
Havnefoged Ole Køllert
Rønne Havn
21409909

Placering af testopstilling:



Figur 20. Rønne Havn og flådens placering

Havnelog:

10. december 2001:
Søsætning af flåde

Uge 9 – 2002:
1. skift af fyrretræsklods

Uge 19 – 2002:
2. skift af fyrretræsklods

Uge 30 – 2002:
3. skift af fyrretræsklods

Uge 38 – 2002:
4. skift af fyrretræsklods

Uge 45 – 2002:
Optagning af flåde samt forberedelse til røntgenoptagelser i uge 46.

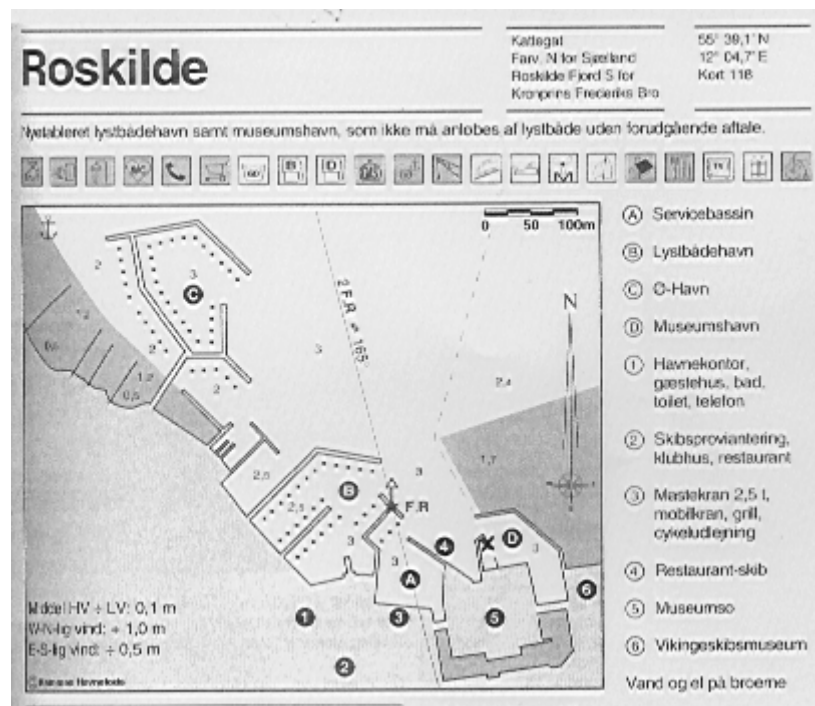
14.6 Roskilde

Kontaktperson:
Museumsinspektør Max Winner
Roskilde Forsøgscenter og Vikingeskibsmuseum
4000 Roskilde
46300200

Placering af testopstilling:
Inderst i museumshavnen.

Roskilde Havn er karakteriseret ved et meget lille eller intet saltindhold i vandet. Det skyldes flere ferskvandskilder i området, samt ringe udskiftning af vandet.

Der opstår dog med årevis mellemrum perioder med stor forekomst af pæleorm. Foranlediget af udtørrede kilder (eks. varm tør sommer), lav vandstand samt efterfølgende hård vind fra nordlig retning, der presser saltholdigt vand ind i fjorden.



Figur 21. Flådens placering i Rønne Havn

Havnelog:

Flåderne søsat d. 20. december
Optaget få dage efter pga. tilfrysning af havneområde

Uge 2, 2002
Fortsat tilfrysning af Roskilde Fjord

15. januar:
Is inderst i fjorden ved Roskilde. Flåderne endnu ikke søsat.

28. januar 2002:
Flåderne søsat. Havn og fjord isfri

Uge 9 – 2002:
1. skift af fyrretræsklods

Uge 19 – 2002:
2. skift af fyrretræsklods

Uge 30 – 2002:
3. skift af fyrretræsklods

Uge 38 – 2002:
4. skift af fyrretræsklods

Uge 45 – 2002:
Optagning af flåde og plader, samt forberedelse til røntgenoptagelser i uge 46.

Samtidig med skift og tilsyn med flåderne, har der løbende været kontakt pr. telefon til de enkelte lokaliteter. Specielt i forbindelse med blæsevejr. Der har ikke været skader og eller løsrevne flåder (indtil videre), bortset fra en enkel situation i Skærbæk ved årsskiftet, hvor flåden skulle fastgøres yderligere. Der var ingen direkte skade på testopstillingen, bortset fra frigørelse af 3 klodser, og træet var ikke ude af vandet.

15 Pladetesten

For at afgøre om typisk skibskonstruktion har indbyggede svagheder, er der udført prøveplader i forskellige træsorter, dels som kravelbygget (plankeside mod plankeside) dels som klinkbygget (de enkelte planker overlapper hinanden).

Endvidere afprøves effekten af forskellige forhudninger herunder stifter i forskellig tæthed.

Testpladerne vil, efter endt eksponering, blive røntgenfotograferet og enkelte vil blive adskilt for at vurdere forandringer i løbet af testens forløb.

16 Eksempel på vurderingsgrundlag

Prøveplade nr. 1
Nyt lærketræ, ubehandlet. Kravelbygget

16.1 Før undersøgelsesperiode



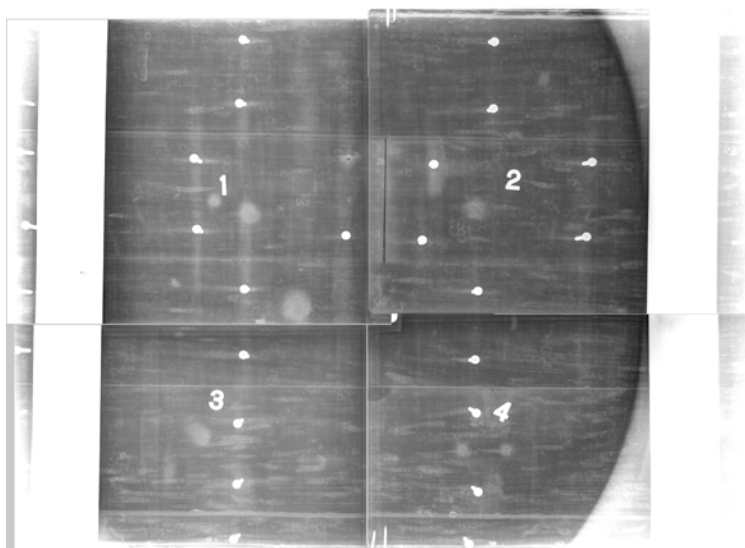
16.2 Efter undersøgelsesperiode – bagside



16.3 Efter undersøgelsesperiode – forside



16.4 Røntgenoptagelse



16.5 Vurdering og resultat

Pladen er efter undersøgelsesperioden dækket af ruer. Den visuelle inspektion af røntgenbillede samt selve pladen giver kategori 4. Denne kategori svarer til et antal pæleorm højere end 10 pr. 20x20cm. Et udsnit af denne størrelse svarer til overfladen på en enkelt klods eksklusiv endetræ, hvor lignende kategorisering finder sted. På røntgenbilledet kan der være 9 af disse felter.

17 Sammenfatning og konklusioner

Dette kapitel gennemgår angrebsudfaldet fra klodstesten i de 6 havne, og vurderer om resultatet er troværdigt.

Endvidere gennemgås angrebene på skibspladerne der har været 1 år i Skærbæk havn.

Er der overensstemmelse mellem klodser og plader, og giver pladerne yderligere information om skibskonstruktionen i sig selv har indbygget svagheder for pæleormsangreb ?

17.1 Delkonklusioner

17.1.1 Er mit skib i farezonen ?

Resultatet af denne undersøgelse viser at typiske danske skibe af lærk eller eg er udsat for pæleormsangreb, hvis de ikke er malet.

De ubehandlet teststykker er alle angrebet.

Nu er de fleste skibe dog malet, men ved mindre grundstødning eller berøring af havneanlæg kan træet blotlægges, hvorved pæleorm og pælekrebs får fri adgang til træmassen.

17.1.2 Er mit skib angrebet og hvor meget ?

Vi har klarlagt forskellige metoder, og har ved analysen af testemnerne anvendt digital røngtenteknik. Denne teknik er også anvendt på et ældre træskib, og er mobilt.

En løsning kunne være at flere træskibsejere slår sig sammen, og derved fotograferer 3-4 fartøjer på en dag. Dette vil holde omkostninger nede på et overkommeligt niveau, sandsynligvis under 5.000 dkr. pr. fartøj.

Man vil herved med det samme få et overblik over fartøjets tilstand, som er entydigt og indiskutabelt. – det kan sammenlignes med at udarbejde en tilstandsrapport.

17.1.3 Hvad kan jeg gøre ved det ?

Hvis først skaden er sket, er den eneste løsning at erstatte det angrebne træ med nyt tilsvarende træ.

17.1.4 Hvordan kan jeg forebygge angreb ?

En almindelig primer, som træet alligevel påføres, har en hæmmende effekt på angrebsintensiteten og vil derfor reducere risikoen for angreb.

Endnu bedre er det samtidig at imprægnere med tungolie, teatreolie eller linolie. Herved hæmmes og i nogle tilfælde udelukkes angreb.

Ved gennemgang af testemnerne efter 1 år i saltvand, var indtrykket at den traditionelle primer bandt glimrende på især tungolie og teatreolie.

Hvis fartøjet er forhudet med kobber vil der ikke kunne ske angreb hvis forhudningen i sagens natur er intakt.

17.2 Konstateret arter af pæleorm og pælekrebs

Tabel 5.

Lokation	Træsart	Kode	Pælekrebs		Pæleorm		
			Art	Antal	Art	maksimum diameter	Længde
Frederikshavn	Lærk	LU 48	<i>Limnoria lignorum</i>	7	<i>Teredo navalis</i>	3	20
Frederikshavn	Eg	EGU 48	<i>Limnoria lignorum</i>	5	Ikke konstateret		
Helsingør	Lærk	LU 48	Ikke konstateret		<i>Teredo navalis</i>	2,5	14
					<i>Teredo navalis</i>	1,5	4
					<i>Teredo navalis</i>	2	?
					<i>Teredo navalis</i>	2,5	13
					<i>Teredo navalis</i>	2	?
					?	2,5	15
					<i>Teredo navalis</i>	2,5	15
Helsingør	Eg	EGU 48	Ikke konstateret		<i>Teredo navalis</i>	3,5	25
					<i>Teredo navalis</i>	?	?
					<i>Teredo navalis</i>	?	?
Hirtshals	Lærk	LU 48	<i>Limnoria lignorum</i>	6	Ikke konstateret		
Skærbæk	Lærk	LU48	Ikke konstateret		<i>Teredo navalis</i>	2,5	14
					<i>Teredo navalis</i>	2,5	8
					<i>Teredo navalis</i>	2,5	7
					<i>Teredo navalis</i>	2	?
					<i>Teredo navalis</i>	?	?
					<i>Teredo navalis</i>	?	?
Skærbæk	Eg	EGU 48	Ikke konstateret		<i>Teredo navalis</i>	1,5	7
					<i>Teredo navalis</i>	2,5	9
					<i>Teredo navalis</i>	3	17
					<i>Teredo navalis</i>	3	15
					<i>Teredo navalis</i>	3	18
					<i>Teredo navalis</i>	3	18
					<i>Teredo navalis</i>	?	?
					<i>Teredo navalis</i>	3	21
					<i>Teredo navalis</i>	2,5	10
					<i>Teredo navalis</i>	3	14
Rønne	Fyr	4	Ikke konstateret		<i>Teredo navalis</i>	2,5	8
					?	1	4,5
					?	2,5	12
					<i>Teredo navalis</i>	2	9
					?	1,5	8
Rønne	Fyr	3	Ikke konstateret			Ikke konstateret	

18 Resultat af klodstest

Konklusionerne er udledt af resultaterne af en metodetriangulering bestående af:

- visuel inspektion (2 personer)
- røntgenoptagelse med real-time digital monitorering
- røntgenoptagelse med CR-teknik og efterfølgende digital redigering
- stereomikroskopi af overflade (½-1 mm huller)

Selvom man tilstræber objektive vurderinger af om der har været pæleormsangreb eller ej, vil der med så små (tidligere levende) organismer være en vis usikkerhed.

Man kan med 100% sikkerhed afgøre et pæleormsangreb, når det er der, udfra ovenstående metoder.

Er resultatet negativt og der ikke er fundet pæleorm, kan dette derimod ikke siges med fuld sikkerhed. De kan være så små eller sidde på en kant at verifikation er umulig.

Disse forhold må tages med i helhedsbetragtningen.

Pælekrebsangreb i Hirtshals og Frederikshavn var meget minimale, 1% af arealet, hvilket giver kategorien 1 ud af 6, og dækker op til 5% af arealet.

18.1.1 Skærbæk:

- Der var pæleorm, men ingen pælekrebs.
- Perioden var for kort til total-destruktion af klodser
- 2 måneders skift af fyrretræsklodser viste angreb senere på sommeren. Dog var pæleormene meget små på dette tidspunkt
- Alle typer af ubehandlede klodser angribes i forskellige grader
- Teatreeolie og linolie er ikke fuldstændigt effektivt som forebyggelse, men der er tegn på en vis effekt.
- Kinesisk tungolie tilsyneladende fuldstændigt effektivt på denne lokalitet.

18.1.2 Hirtshals:

- Der var pæleorm og pælekrebs.
- Kun 3 klodser ud af 40 stk. er angrebet
- Det er 2 ubehandlede lærkestykker og 1 stk. egetræ behandlet med tungolie
- 2 måneders skift af fyrretræsklodser viste ingen resultat
- Pga. konstant høj saltkoncentration i vandet har forventningerne været mere udbredte angreb på denne lokalitet.

18.1.3 Frederikshavn:

- Der var pæleorm og pælekrebs.

- Resultaterne viser enten udbredte angreb eller intet angreb på klodserne.
- Det er forventeligt de ubehandlede klodser der angribes.
- På nær en enkelt angrebet lærke-træklods behandlet med linolie er alle behandlede klodser intakte uanset type af behandling.
- 2 måneders skift af fyrretræsklodser viste ingen resultat.

18.1.4 Roskilde:

- Ingen angreb af pæleorm eller pælekrebs.
- Salinitetsforholdene har givet mulighed for forekomst af pæleorm, hvilket dog ikke tilsyneladende er tilfældet på pågældende lokalitet.

18.1.5 Helsingør:

- Der var pæleorm, men ingen pælekrebs.
- Moderate til udbredte angreb på ubehandlede træklodser
- I mindre grad på eucalyptustræ, frem for lærk og eg.
- Alle behandlinger tilsyneladende virksomme, på nær mindre angreb på enkelte egeklodser med teatreolie og tungolie.
- 2 måneders skift af fyrretræsklodser viste ingen resultat.

18.1.6 Rønne:

- Der er konstateret angreb af (små) pæleorm i de udskiftede fyrretræsklodser i sommermånederne.
- I øvrigt ingen angreb af pæleorm på øvrige klodser
- Salinitetsforholdene gør at pæleorm normalt ikke har gode vilkår på denne lokalitet. I år har saltforholdene dog ligget lige omkring grænseværdien for pæleorms levedygtighed, hvilket har givet sig udslag i angreb.

18.2 Fordeling af angreb på flåder.

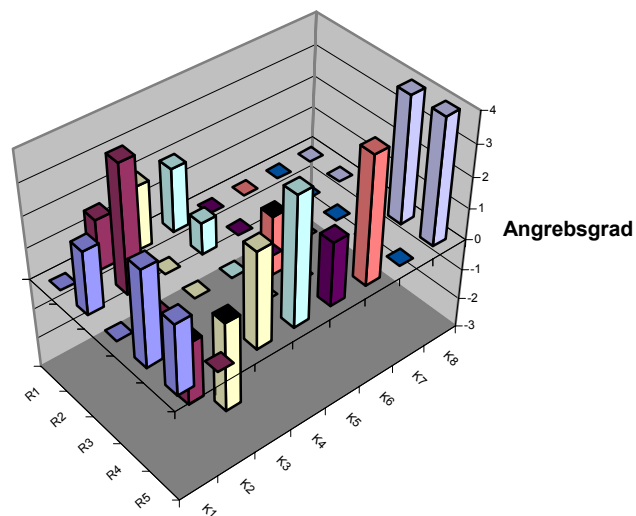
Følgende 4 diagrammer viser angrebsgraden for den enkelte klods, der hvor den er placeret på flåden.

Klodserne var placeret i 5 rækker med 8 i hver række.

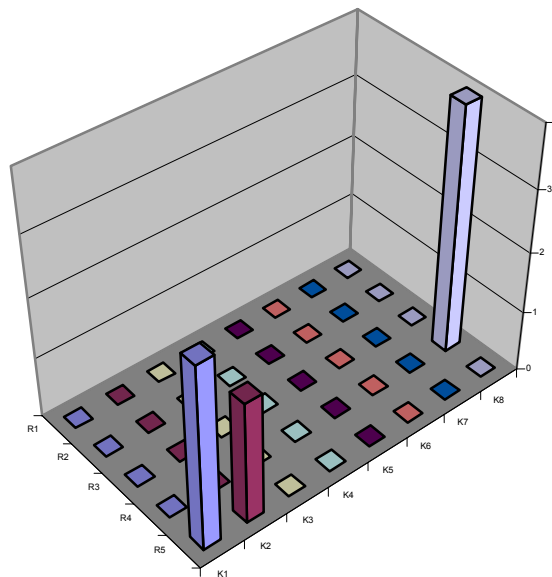
Som det ses er både udvendigt placeret klodser og indvendigt placeret klodser angrebet, samt at der er god overensstemmelse med hvilke klodser der er angrebet.

I fig. 17.2.1 Skærbæk er endetræsangreb medtaget som negative angrebsgrader.

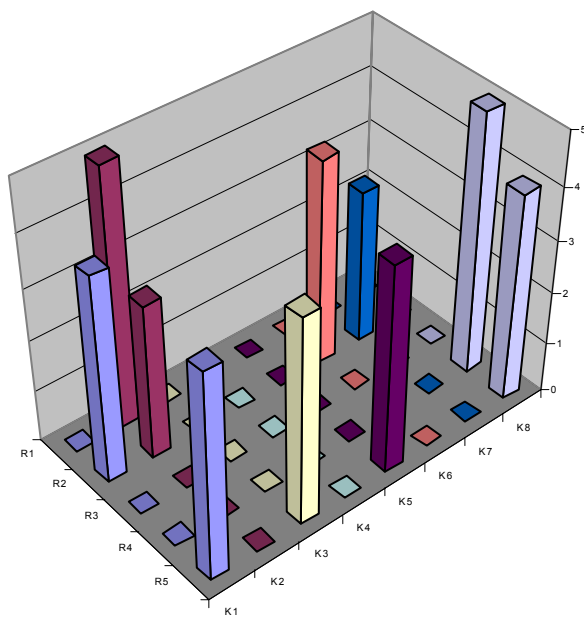
18.2.1 Skærbæk



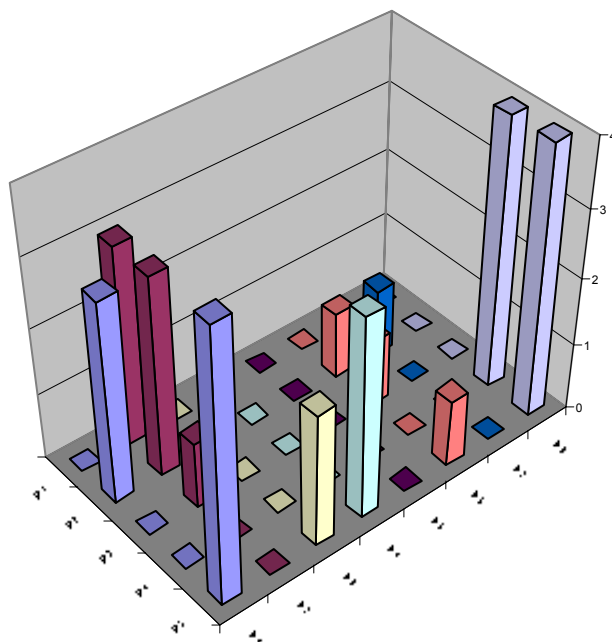
18.2.2 Hirtshals



18.2.3 Frederikshavn



18.2.4 Helsingør



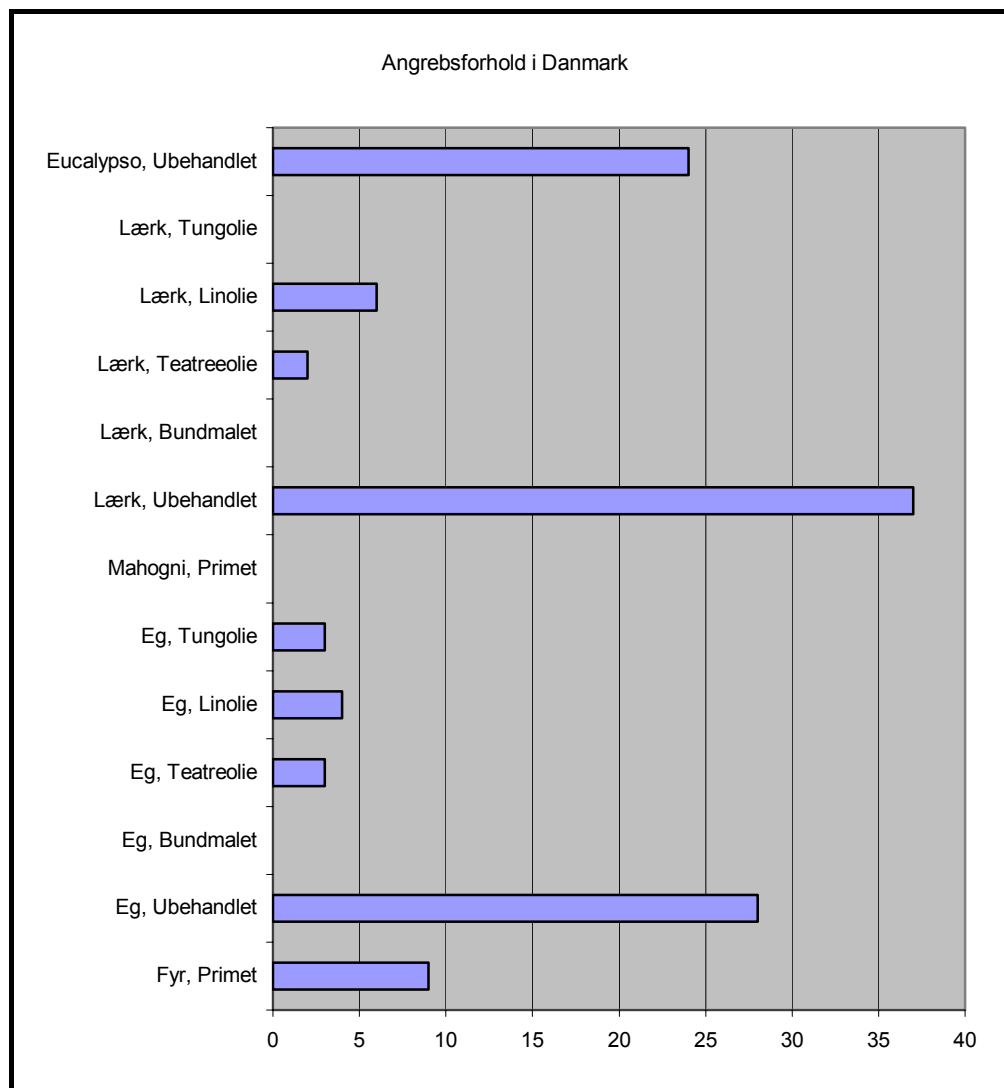
18.3 Tabel 6. Dataark med angrebsgrader på klodser

Bemærk: Negative tal for angreb i endetræ er ikke medtaget i sum

SKÆRBÆK																		
trætyper	fyr			eg			mahogni			lærk			eucalyptus					
ubehandlet				4	4	2	10				4			4	-2	3	4	7
bundmalet				0	0		0				0	0	0	0				
primet	0	4	0	4														
teatreeolie				0	-3	2	2	0	0	0	0	0	2	2				
linolie				0	1	3	4				0	2	-2	2				
kinesisk tung-olie				0	0	0	0				0	0	0	0				
HIRTSHALS																		
trætyper	fyr			eg			mahogni			lærk			eucalyptus					
ubehandlet				0	0	0	0				3	4	0	7	0	0	0	0
bundmalet				0	0	0	0				0	0	0	0				
primet	0	0	0	0														
teatreeolie				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
linolie				0	0	0	0				0	0	0	0				
kinesisk tung-olie				2	0	0	2				0	0	0	0				
FREDERIKSHAVN																		
trætyper	fyr			eg			mahogni			lærk			eucalyptus					
ubehandlet				4	4	0	8				5	5	5	15	3	4	4	11
bundmalet				0	0	0	0				0	0	0	0				
primet	3	0	0	3														
teatreeolie				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
linolie				0	0	0	0				4	0	0	4				
kinesisk tung-olie				0	0	0	0				0	0	0	0				
ROSKILDE																		
trætyper	fyr			eg			mahogni			lærk			eucalyptus					
ubehandlet				0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0
bundmalet				0	0	0	0				0	0	0	0				
primet	0	0	0	0														
teatreeolie				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
linolie				0	0	0	0				0	0	0	0				
kinesisk tung-olie				0	0	0	0				0	0	0	0				
HELSINGØR																		
trætyper	fyr			eg			mahogni			lærk			eucalyptus					
ubehandlet				3	3	4	10				4	3	4	11	3	2	1	6
bundmalet				0	0	0	0				0	0	0	0				
primet	0	1	1	2														
teatreeolie				0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0				
linolie				0	0	0	0				0	0	0	0				
kinesisk tung-olie				1	0	0	1				0	0	0	0				
RØNNE																		
trætyper	fyr			eg			mahogni			lærk			eucalyptus					
ubehandlet				0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0
bundmalet				0	0	0	0				0	0	0	0				
primet	0	0	0	0														
teatreeolie				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
linolie				0	0	0	0				0	0	0	0				
kinesisk tung-olie				0	0	0	0				0	0	0	0				

18.4 Summeret angrebsgrad - Danmark

Tabel 7. De enkelte havnes bidrag er lagt sammen.

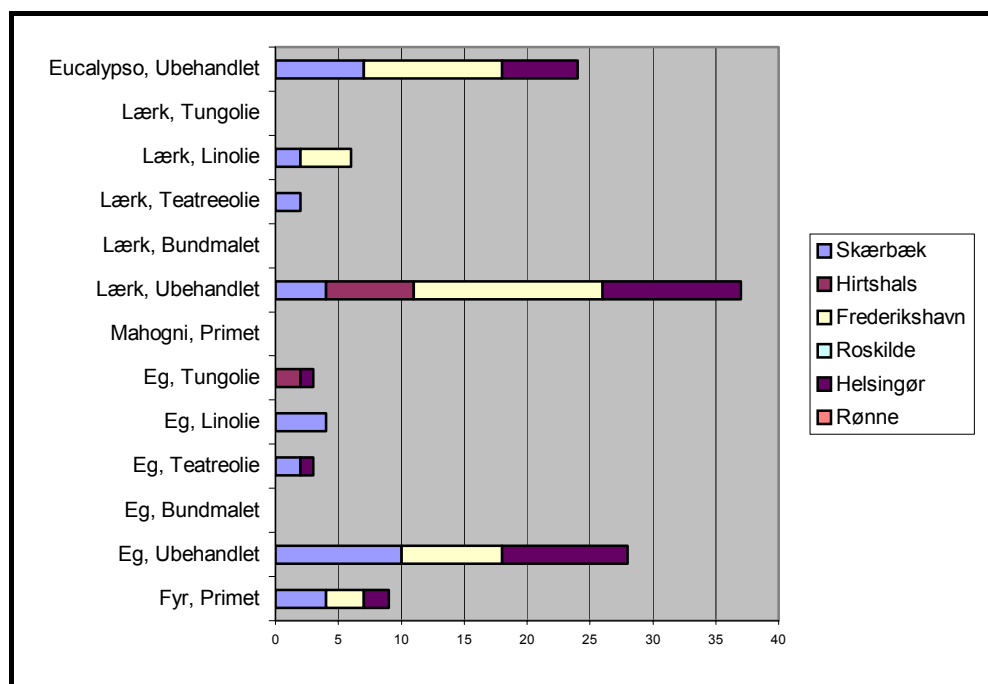


Hvis alle klodser havde angrebsgrad 6 i alle havne da ville den maksimale værdi 108 være nået. (3 klodser af hver x max angrebsgrad 6 x 6 havne = 108)

Nu er det imidlertid kun 4 havne hvor testklodserne, der har været i vandet et år, har udvist angreb.

Maksimal værdi bestemmes til $3 \times 6 \times 4 = 72$

18.5 Angrebs forhold havnes bidrag.

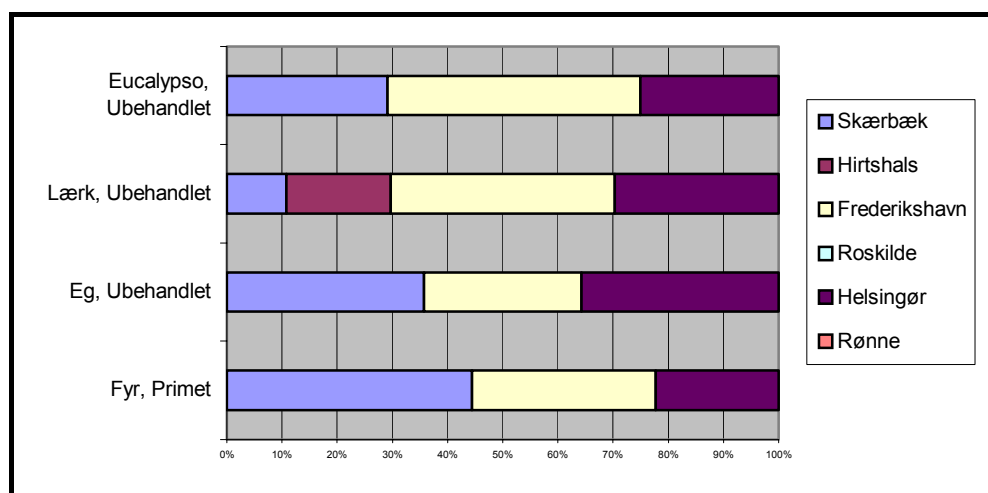


Figur 22.

Af ovenstående figur kan ses at hvor angrebene er tydelige, er der også en vis overensstemmelse med hvor meget hver enkelt havn bidrager.

18.6 Procentvis bidrag

For havne af samlet angreb på markant angrebet klodstype – træsort med behandling.



Figur 23.

Som det ses af figuren bidrager Roskilde og Rønne ikke. Hirtshals har kun udvist markant angreb på lærk ubehandlet, så en nærmere undersøgelse af netop denne testplacering kunne være interessant.

Endvidere ses det at Skærbæk er underrepræsenteret ved Lærk, ubehandlet. Grunden til dette er, at 2 af de 3 ubehandlet lærkeklodser blev revet af testopstillingen under en storm. Den tilbageværende klods viste angrebsgrad 4.

19 Resultat af pladetest

I det følgende gennemgås de enkelte pladers tilstand og sammenlignes med klodstesten for helhedens skyld.

19.1 Lærketræ

19.1.1 Ubehandlet:

Viser stærke angreb på både plader og klodser.
Den mest angrebne af alle test.
Lærk skal behandles!

19.1.2 Linolie:

Virker til en vis grad på klodser og plader. Stor variation af angreb på klodser.
Angrebsgrad 0-4 på klodser.
Angrebsgrad 1 på plade.

19.1.3 Teatreeolie:

Virker bedre end linolie på lærk.
En enkelt klods, ud af alle med teatreeolie fra havne med angreb, har moderat angreb (2).

19.1.4 Kobberforhudning:

Ingen angreb.

19.1.5 Kobberforhudning med mange søm:

Ingen angreb.

19.1.6 Kobberforhudning med spredte søm:

Spredte angreb ved sømafstand større end 15 mm.
(testet på 3 plader)

19.1.7 Primer + bundmaling:

Ingen angreb

19.1.8 Tungolie:

Ingen angreb på klodser

19.1.9 Ældre lærketræ:

Behandlet med primer + bundmaling, siden skrabet af og behandlet med teatreeolie:

Moderate angreb på plader (1 + 3)

19.2 Egetræ

19.2.1 Ubehandlet:

Stærke angreb, dog mindre end lærketræ.
Angreb i 3 ud af 4 havne, hvor der var konstateret angreb i øvrigt.

19.2.2 Linolie:

Har en hæmmende effekt.
2 klodser fra Skærbæk har angreb, ellers ikke på andre lokaliteter
Plade med linolie moderat angreb (1).

19.2.3 Teatreeolie:

3 klodser ud af 12 (18) er angrebet i Skærbæk og Helsingør havn.
Pladen fri for angreb.

19.2.4 Kobberforhudning:

Ingen angreb

19.2.5 Alternativ kobberforhudning:

Ingen angreb.

19.2.6 Bundmaling:

Ingen angreb.

19.2.7 Kinesisk tungolie:

2 ud af 12 (18) klodser angrebet i Hirtshals og Helsingør.
Pladen angrebet (grad 2), men denne plade var, som planlagt, ikke forsejlet
med primer.

19.3 Mahognitræ

Mahognitræ, kun primet: Ingen angreb.

19.4 Eucalyptustræ

Ubehandlet:

Moderat til stærke angreb i alle havne med pæleorm.

19.5 Fyrretræ

19.5.1 Primet:

I områder hvor primeren har dækket træet fuldstændigt, er der ingen angreb. I områder med sprækker og ufuldstændig behandling på klodsen, er der angreb svarende til ubehandlet fyrretræ.

19.5.2 Sæltjære:

Moderate angreb (grad 1-3)

19.5.3 Ubehandlede 2 måneders skift:

Som forventet er der kun tale om angreb i sommerperioden. Der har kun kunnet konstateres angreb i 2 havne (Rønne og Skærbæk). Disse pæleorm har været ganske små, og er konstateret ved mikroskopi, enkelte er dog synlige på røntgenbilleder.

Det tyder på at intervallet på 2 måneder har været for kort tid til yderligere former for angreb.

At det netop er i Rønne Havn at der er fundet pæleorm i fyrretræ, kan virke underligt, da der her ikke er fundet angreb i nogen af de andre 39 klodser i Rønne.

Men da fyrretræ netop er den "blødeste" af alle trætyperne, kan det kan forklare, at der ikke er fundet angreb på andre ubehandlede klodser af bl.a. ege- og lærketræ, da livsbetingelserne ikke har været tilstede længe nok for at kunne etablere et udviklet angreb på "lidt tungere fordøjeligt træ".

Salinitetsforholdene er ved Rønne lige på grænsen for vækst af pæleorm, men saltkoncentrationen har i år været relativ høj.

20 Klodser generelt

Pæleorm synes om endetræ, men da dette ikke er synligt i skibskonstruktioner, er denne konklusion ikke relevant, dog kan det være en indikator på om angriber den pågældende træsort.

Olierne har en hæmmende effekt.

Dog har ingen af de 3 olier en fuldstændig beskyttende virkning på angreb.

Der kan spores en tendens til følgende graduering:

Tungolien er bedst, teatreolien mindre god og linolie ringest. Dog absolut bedre end ingenting.

21 Plader generelt

Vi kan ikke påvise at der er områder på pladerne, der af pæleorm foretrækkes frem for andre.

Ej heller er der forskel på klink- og kraelbyggede plader.

Dog har et klinkbygget fartøj større overflade i vand eksponeret for potentielle angreb.

Bundmaling virker overalt, på alle typer træ.

Traditionel kobberforhudning ligeledes fuldstændig effektivt.

22 Prøveplader



Prøveplade nr. 1
Nyt lærketræ, ubehandlet.
Kravelbygget.

Vurdering:
Dækket med ruer. Angrebsgrad: 4



Prøveplade nr. 2
Nyt egetræ, ubehandlet.
Kravelbygget

Vurdering:
Dækket med ruer.
Angrebsgrad: 2



Prøveplade nr. 3
Nyt lærke træ, behandlet med primer og bundmaling.
Kravelbygget.

Vurdering:

Ingen begroning

Angrebsgrad: 0



Prøveplade nr. 4
Nyt egetræ, behandlet med primer og bundmaling.
Kravelbygget.

Vurdering:

Ingen begroning

Angrebsgrad: 0



Prøveplade nr. 5
Nyt lærketræ behandlet med linolie.
Kravelbygget.

Vurdering:
Moderat antal ruer + muslinger.
Angrebsgrad: 1



Prøveplade nr. 6
Nyt lærketræ behandlet med teatre-oil.
Kravelbygget.

Vurdering:
Mange ruer og muslinger.
Angrebsgrad: 1



Prøveplade nr. 7
Nyt egetræ behandlet med linolie.
Kravelbygget

Vurdering:
Bedækket med muslinger.
Angrebsgrad: 1



Prøveplade nr. 8
Nyt egetræ behandlet med teatree-oil.
Kravelbygget

Vurdering:
Bedækket med mange muslinger.
Angrebsgrad: 0



Prøveplade nr. 9
Gammelt lærketræ behandlet med primer og bundmaling. Siden skrabet af og behandlet med teatreeolie.
Kravelbygget.

Vurdering:
Moderat antal ruer.
Angrebsgrad: 3



Prøveplade nr. 10
Gammelt egetræ, behandlet med primer og bundmaling. Siden skrabet af og behandlet med teatreeolie.
Kravelbygget.

Vurdering:
Mange ruer.
Angrebsgrad: 1



Prøveplade nr. 11
Nyt egetræ, behandlet med sæltjære.
Klinkbygget

Vurdering:
Mange muslinger.
Angrebsgrad: 1



Prøveplade nr. 12
Nyt egetræ, behandlet med sæltjære.
Klinkbygget

Vurdering:
Moderat begroning med muslinger.
Angrebsgrad: 1



Prøveplade nr. 13
Nyt egetræ, behandlet med sæltjære.
Klinkbygget.

Vurdering:
Dækket moderat med ruer.
Angrebsgrad: 0



Prøveplade nr. 14
Nyt fyrretræ, behandlet med sæltjære.
Klinkbygget

Vurdering:
Moderat begroning med ruer og muslinger.
Angrebsgrad: 1



Prøveplade nr. 15
Nyt fyrretræ, behandlet med sæltjære.
Klinkbygget.

Vurdering:

Få til moderat antal ruer.

Angrebsgrad: 2



Prøveplade nr. 16A
Nyt fyrretræ, behandlet med platinprimer.
Klinkbygget.

Vurdering:

Mange ruer.

Angrebsgrad: 3



Prøveplade nr. 16
Nyt fyrretræ, behandlet med sæltjære.
Klinkbygget

Vurdering:
Moderat begroning med muslinger.
Angrebsgrad: 3



Prøveplade nr. 17
Nyt lærke, med kobber-forhudning.

Vurdering:
Ingen begroning på forsiden. Mange ruer på bagsiden.
Angrebsgrad:



Prøveplade nr. 18
Nyt egetræ, med kobber-forhudning.

Vurdering:

Ingen begroning på forside. Mange ruer på bagside.
Angrebsgrad: 0



Prøveplade nr. 19
Nyt lærketræ, med mange søm.
Kravelbygget.

Vurdering:

Mange ruer på bagside. Ingen på forside. Enkelte pæleorm ved kanter, hvor søm ikke sidder tæt.
Angrebsgrad: 0



Prøveplade nr. 20
Nyt egetræ, med mange søm.
Kravelbygget.

Vurdering:
Angrebsgrad: 0



Prøveplade nr. 21
Nyt lærketræ, behandlet med spredte søm.
Kravelbygget.

Vurdering:
Moderat til mange ruer.
Angrebsgrader:
2 ved spredte søm.
0 ved tætte søm.



Prøveplade nr. 22
Nyt egetræ, behandlet med tung-olie.
Kravelbygget.

Vurdering:
Mange ruer og muslinger.
Angrebsgrad:

Oversigtsskema af prøveplader. Tabel 8

Prøveplade	Ubehandlet	Linolie	teatree-oil	Kobberforhudning	Alternativ kobberforhudning	Primer + bundmalning	Tungolie	Sæltjære
1	Nyt lærketræ							
2	Nyt egetræ							
3						Nyt lærketræ		
4						Nyt egetræ		
5		Nyt lærketræ						
6			Nyt lærketræ					
7		Nyt egetræ						
8			Nyt egetræ					
9						Gammelt lærketræ		
10						Gammelt egetræ		
11-klink								Nyt egetræ
12-klink								Nyt egetræ
13-klink								Nyt egetræ
14-klink								Nyt fyrretræ
15-klink								Nyt fyrretræ
16A-klink						Fyrretræ, kun platinprimer		
16-klink								Nyt fyrretræ
17				Nyt lærketræ				
18				Nyt egetræ				
19					Nyt lærketræ (mange søm)			
20					Nyt egetræ (mange søm)			
21					Nyt lærketræ (spredte søm)			
22							Nyt egetræ	

23 Ikke-destruktiv analyse

Formålet med denne del af projektet, er at klarlægge muligheder for ikke-destruktiv diagnosticering af træ og tømmer. I første omgang udelukkende for at kunne afgøre hvorvidt træet er angrebet eller ej. Alt afhængig af målemetode, tillige i hvilken grad, det vil sige en egentlig klassificering af angrebet.

Der er så vidt vides, ingen gængse metoder til enkelt og objektivt at vurdere skadedyrsangreb på træ(skibe). Nærmest man kommer dette, er subjektive vurderinger af træets overflade, samt målinger ved indstik af metal-syle. Første del af denne del af rapporten, omhandler billedbehandling generelt samt teoretiske beskrivelser af de forskellige scannings- og målemetoder i dag, typisk hentet fra den medicinske og arkæologiske verden. Herunder ved hvilke omstændigheder metoderne kan anvendes.

Den praktiske del beskriver, de for os, relevante metoder. Desuden redegøres for resultatet af de forsøg vi har udført på flere træemner, samt en vurdering af brugbarheden i al almindelighed. Herunder økonomi og tidsforbrug.

24 Billeddannelse og analyse

Målet med billedbehandling er at udlede den aktuelle information fra den pågældende genstand, legemsdel eller medie.

Indenfor vores felt er selve muligheden for korrekt billedoptagelse selvsagt den største udfordring. Optagelserne skal foregå i det fri, på ujævne overflader, i bunden af et skib og ikke mindst i et miljø hvor der færdes mange mennesker med helt andre gøremål.

En mere generel opfattelse af de forskellige led i en billedoptagelse, er der gjort rede for nedenfor.

Billedbehandling sker på 3 niveauer:

Visualisering – hvad kan man se?

Automatisering – er det besværligt?

kvantificering – er vi sikre på resultatet?

Billeddannelse bruges i mange dele af samfundet til vidt forskelligt formål.

Dog er den grundlæggende metode og teknik næsten ens. Eksempelvis billeder fra satellitter af jorden og atmosfæren, automatisk strekcode- og håndskriftlæsning samt radiologi indenfor det medicinske område.

25 Diagnosticeringsmetoder

25.1 Røntgen

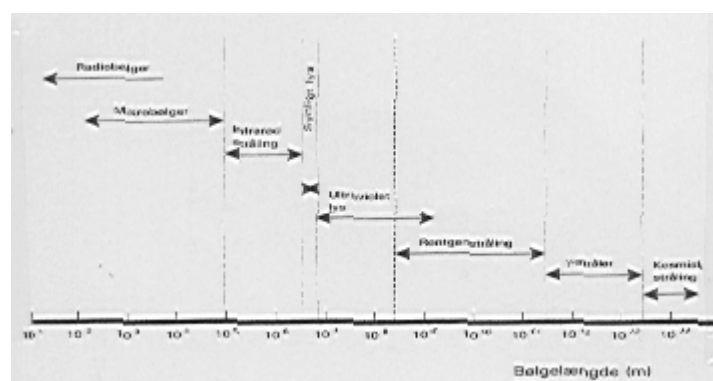
Radiologi skelner mellem flere diagnosticeringsmuligheder, som kan opdeles i flere grupper. Røntgen- og CT-undersøgelser baseres på røntgenstråler, mens MR- og ultralydsundersøgelser udføres uden brug af skadelige stråler (så vidt vides).

25.1.1 Den klassiske røngtenteknik.

Helt enkelt er et røntgenbillede de synlige fotografiske afbildninger, som fremkommer ved at røntgenstråler passerer gennem en genstand eller en del af et menneske, for derefter at påvirke en speciel fotografisk fim. Som et sort/hvidt "skyggebillede".

Man kan betragte røntgenstråler på to forskellige måder. Enten som stråler eller som en strøm af partikler. Strålingsenergi bevæger sig fremad med stor hastighed i form af en bølgebevægelse og man har mulighed for at vælge bølgelængden. Bølgelængden afgør med andre ord typen af stråler.

Nedenstående diagram viser de forskellige spektre af de elektromagnetiske stråler, den lodrette stiplede linie viser grænsen mellem ioniserede og ikke-ioniserede stråler:



Figur 24. Strålingspektre

Røntgenstråler har en meget kort bølgelængde, og kan samtidig betragtes som en strøm af smådele / energidele også kaldet fotoner. Hermed sagt at strålingen samtidig kan beskrives med egenskaber som bølgelængden og strømmen af partikler. De to egenskaber hænger nøje sammen, da man skal kende strålingens bølgelængde for at kunne finde energien i hver enkelt partikel (et kvantum). Dog kan man mere samlet sige at røntgenstråling er en usynlig elektromagnetisk bølgebevægelse, der forplanter sig på samme måde som lyset.

Røntgenstrålingens egenskaber:

- Meget kort bølgelængde, der gør det muligt at trænge igennem stoffer, der ellers er uigennemtrængeligt for almindeligt lys.
- Påvirker fotografisk film, så et billede bliver synligt ved fremkaldelse
- Biologisk påvirkning på levende væv, i selv små doser skadeligt for mennesker over tid.
- Fremkalder ionisering ved at skyde elektroner ud af atomer der træffes.

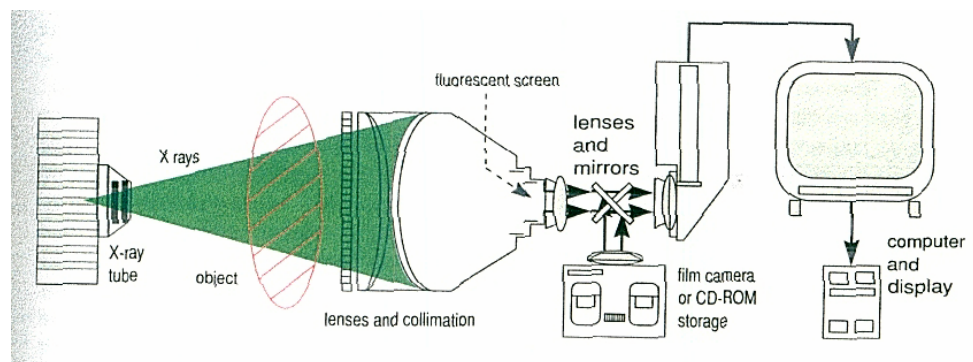
Den vigtigste af ovenstående, er netop den at strålerne gennemtrænger materiale. Undervejs igennem materialet absorberes en del af strålingen, og kun den andel der trænger igennem er med til billedannelsen. I virkeligheden kunne man, som tidligere nævnt, kalde røntgenbilledet for et simpelt skyggebillede.

Jo højere spænding strålingen frembringes med, jo mere gennemtrængende bliver den. Til gengæld vil forskelle mellem tyndt og tykt materiale ikke fremstå klart uden de store kontraster. Med en "blødere" bestråling (lav kV) fremstår billedet tydeligere alt afhængigt af stoffet.

Knogler absorbere naturligt langt flere stråler end muskler i et menneske. Derfor kræver optagelse af bløddele og væskefyldte rum, nøje beregning af stråledosis. I vores situation handler det om bestråling af træværk. Træværket kan være vådt eller tørt, samt have forskellig densitet afhængig af sort, alder og behandling.

Uden ellers at drage sammenligninger, kan man sidestille træets struktur med knogler, dog med en lavere densitet. Pæleorms kalkaflejringer i træværket må desuden fremstå tydeligt på et røntgenbillede.

Det instrument hvori røntgenstrålerne dannes, kaldes røntgenrøret. Strålerne opstår når elektroner med høj hastighed, støder imod stof af en anden art. Jo større elektronhastigheden er, jo kortere bølgelængde. Store elektronhastigheder opnås bedst i lufttomme rum.



Figur 25.

Ved den traditionelle røntgenteknik afhænger dosis i høj grad af følgende forhold:

- Filmen (foliesystemets) og billedpladens følsomhed
- Antallet af billeder
- Indblændingen
- Fremkaldesystemet
- Produktet af strøm og tid
- Højspændingen

Man bør optimere billedkvalitet og dosis, så der opnås et resultat med tilstrækkelig billedkvalitet ved mindst mulig dosis. Det gælder i høj grad ved diagnosticering af mennesker, men også i "fri natur" som i dette projekt. Der vil være mennesker der betjener apparaturet. Problematikken omtales yderligere under afsnittet strålehygiejne.

Mængden af røntgenstråler kan tilpasses på enkel vis, ved at ændre på afstanden mellem kilde og genstand. Strålingen udgår retlinet, analogt til synligt lys, fra rørets fokus i alle retninger. Jo længere man kommer bort fra fokus, jo mindre intens er strålingen, men dens kvalitet forandres ikke.

Forandring af højspændingen, bevirker forandring af strålingens kvalitet. Højere spænding frembringer mere hård og gennemtrængende stråling, mens lavere spænding omvendt giver blødere bestråling der lettere bremses af det undersøgte materiale. Som tidligere beskrevet giver en stigende spænding en nedsat kontrast på billedet.

Billeddannelsen kan ske på flere måder:

Den klassiske med enten gennemlysning eller fotografisk optagelse. Til sidstnævnte, og mest relevante, anvendes skærme med bariumsulfat, der udsender blåviolet lys, når de rammes af røntgenstråler. Stoffer med denne evne kaldes fosforer. Filmen er langt mere følsom for blåviolet lys end for røntgenstråler, hvorfor det i høj grad kan betale sig at omforme det usynlige røntgebillede, strålingsrelieffet, til et blåviolet lysrelief.

Man får det største udbytte af disse skærme, jo tykkere det krystalliske lag er, men dette er atter en balance mellem klare kontraster og uskarphed.

Efter denne forstærkningskærm ligger selve den fotografiske film.

Denne påvirkes under eksponeringen, dog uden synligt resultat. Som enhver anden film skal den fremkaldes. Røntgenfilmene har en slags emulsion i tyndt lag på begge sider, til forskel fra almindelige fotografiske film, der kun har det på den ene side.

Der findes to typer af røntgenfilm.

Skærmtypen, der anvendes i kassetter med forstærkningskærme. Primært brugt til stationære røntgenanlæg på sygehuse og i industrien.

Desuden pakkefilmstypen, der bruges uden forstærkningskærme, men indpakket i lystætte konvolutter.

Filmens følsomhed omtales ofte som filmen er hurtig eller langsom. Film med høj følsomhed, kan klare sig med mindre strålingsintensitet.

25.1.2 Digital røntgenteknik

Selve fremkaldelsen er gennem de seneste år blevet automatiseret, og billedbehandlingen digitaliseret for en stor dels vedkommende.

Den anden teknik, der omtales i denne sammenhæng, baserer sig på digital billedbehandling, hvor røntgengennemstrømningen direkte omsættes til et digitalt billede. Her videre til en monitor med billedbehandlingsprogram. Optagelserne sker "in real time" og billederne manipuleres på stedet.

Et andet og forholdsvist nyt kapitel indenfor røntgenteknologi kaldes CR-teknik – computer radioografi.

Røntgenstrålerne optages på tynde plader, evt. beskyttet i kassetter. Størrelsen af disse plader variere, men de kan bøjes og vendes efter behov. Efter bestråling køres de gennem en scanner (evt. på stedet) og billedet vises på en computermonitor, der indeholder billedbehandlingsprogrammer. Begge disse digitale metoder udmærker sig ved at stråledosis kan nedsættes betydeligt, og at store stationære og dyre fremkalde- og laboratoriefaciliteter undgås.

25.1.3 Industrielle røntgenanlæg

Nedenstående eksempler er hentet i industrien, hvor man til mange formål bruger røntgenstråling.

Toldere ved den engelske grænse, benytter sig af små håndholdte apparater til røntgenoptagelse af bilers handskerum. På apparatet er en monitor, der viser gennemlysningsresultatet. Det man leder efter er typisk narkotika og smuglervarer.

Store lastbiler røntgenfotograferes i fuld skala (i "striber"), til opdagelse af ulovlige flygtninge. Dette eksempel er ligeledes hentet fra grænsepolitiet ved Den engelske Kanal.

Røntgenoptagelser anvendes i rigt mål i elektronikindustrien, primært til kontrol af mindre kredsløb, hvor svagheder, lodninger m.m. kan undersøges bedre end med det blotte øje. Rent praktisk sker dette i lukkede bokse (med glasfront). På en monitor vurderes resultatet.

Et andet interessant eksempel er fra mejeriindustrien, hvor man røntgenfotograferer oste. Her har man mulighed for at vurdere hullernes placering og fordeling i osten. På boksens yderside kan spændingen (kV) justeres, og man får mulighed for at se de forskellige dybder / afstande skarpt. Al visualisering skabes på det eksakte tidspunkt ved hjælp af digital teknik. Selve røntgenboksen fylder ca. 1 m³.

Af andre eksempler fra fødevarerindustrien kan nævnes, gennemlysning af kartoffelprodukter for at undgå sten (erstatningssager), udelukkelse af fiskeben i f.eks. baby mad o.s.v.

I den helt lille målestok, røntgenanalyser af fiskeyngel, til udvælgelse af de stærke arter med de stærke (fiske) ben !

I større målestok anvendes røntgenanalyser med mobilt udstyr i stor stil i svejseindustrien. Bl.a. i forbindelse med offshoreanlæg og brobyggeri.

25.2 Ultralyd

Ultralyd er kort fortalt elektrisk energi der omdannes til akustisk energi. Også kaldet sonografi, d.v.s. "lydbilleder".

Sammenlignet med røntgenstråling, er der ikke påvist skadelige virkninger på mennesker eller miljø ved brug af denne metode. Der forskes dog intenst på dette felt, og nye muligheder for billeddannelse dukker jævnligt op.

Afstanden mellem kilden og reflektoren (f.eks. et organ) kan ved hjælp af computere måle tidsintervallet mellem afgivelse af lydbølgen og måling af ekkoet der kommer tilbage – dvs. lydhastigheden. Siden dele med 2.

Ved ultralyd forstår man lydbølger, der har en svingningshastighed, der ligger udenfor området, hvor man som menneske opfatter lyd. Mennesket opfatter fra 16 til 18.000 svingninger pr. sekund. Lydbølger med svingningshastigheder over 20.000 pr. sekund, betegnes som ultralyd. Lydbølgerne bevæger sig for eksempel gennem kroppens bløddele, som primært består af vand, med en hastighed af ca. 1540 m/sek.

Elementer der "ødelægger" ultralydens bølger er luft og knogler/hårde genstande. Luften bremser bølgerne da de her kun kan bevæge sig med ringe hastighed, og kan således ikke give yderligere signaler eller oplysninger om de bagvedliggende strukturer.

Desuden har der altid været krav om tæt kontakt mellem transducer og objekt, for at undgå netop luft. På mennesker gøres dette ved at smøre en slags gel på huden.

Dette krav har forskellige teknikker dog rådet bod på, f.eks. laserlys, der samtidig måler afstand til objektet og tager hensyn til det i optagelserne.

Ultralyd har sin store berettigelse i væskefyldte rum og strukturer, og anvendes da også i stor stil indenfor søfart. Ved denne teknik måles vanddybden under skibet med et ekkolod.

Refleksionerne fremkommer, når væv/organers substans er anderledes end det omkringliggende. I skibsfarten når lydbølgerne når bunden, og sendes tilbage til skibet.

Ultralyden udsendes i lydbundter, og lydhovedet (transducere) opfatter i pauserne de tilbagesendte signaler. Signalerne registreres som ekkoer på en skærm, der samtidig beregner afstanden mellem ekkoerne fra de forskellige strukturer lydbølgerne passerer.

Når lydhovedet placeres på objektets overflade, vil ekkoerne afbildes på skærmen, som prikker svarende til de reflekterende strukturer.

Signalerne afhænger af

1. varigheden af afgivne impuls (jo kortere, jo mere præcis)
2. akustisk dæmpning (afhængig af densitet og modstand – bremses)
3. spredningskoefficienten (jo mere spredning, jo svagere signaler)

Gennem knogler er der en høj absorption - kan måles med lave frekvenser, men giver svage signaler.

Dybereliggende organer i mennesket kan også kun måles ved lave frekvenser, P.g.a. den relative store spredning.

Dopplereffekten er en yderligere effektivisering af teknikken:

Ved hjælp af en hastighedskomponent kan signalerne gøres endnu mere præcise.

Man kan v.h.a. lydmålinger "høre" om signalet er på vej til eller fra målet. Skiftet i frekvensen er proportional med igangværende impulsstrøm og målets hastighed (placering).

Bruges hvor man har brug for at måle aktivitet over tid. Eksempelvis hjertelyde på fostre.

Der findes flere slags transducere og størrelser af lydhoveder, alt efter funktion. De adskiller sig primært ved synsfeltets udformning og sendefrekvenser. Synsfeltet kan være både lineært eller vifteformet, mens sendefrekvensen varierer mellem 2-10 MHz.

Ny transducer- og 3D-teknologi i "real-time", mindsker de usikkerheder, der ellers gør at ultralydsteknikken i høj grad baseres på den enkeltes tolkning af billedet.

Ingeniørens Produktpris gik i år 2000, netop til et firma der har udviklet denne digitale teknik, samtidig med at udstyret nu er let og bærbart (ca. 12 kilo).

25.2.1 Industrien:

Bruges til utallige formål indenfor industrien, så som svejsning, befugtningsanlæg og tykkelsesmåling.

Afstands- og tykkelsesmålere bruges især i forbindelse med metal og lakering, og bevæger sig i ganske små/korte måleområder.

25.3 Termografi

Termografi er en teknologi, der omsætter varmestråling / infrarødt lys til farvebilleder, hvor farverne repræsenterer temperaturer. Det vil sige et medie eller en varmekilde der afgiver varme, samt et kamera der opfatter bølglængderne.

Teknikken er primært udviklet til at afsløre uhensigtsmæssig varmeudvikling omkring el-installationer. Varmeudviklingen vil være den første indikator på defekte komponenter eller fejldimensionering.

Generelt bruges den til fejlfinding og forebyggende vedligehold.

Teknologien medtages i denne sammenhæng, fordi der muligvis er muligheder indenfor beskadiget træ. Det kræver dog en varmekilde og praktiske forsøg ikke mindst. God billeddannelse kræver forholdsvis stor varmeafgivelse fra lækage eller skade, her vil spørgsmålet være hvorvidt skadedyrsangreb er omfattende nok til denne registrering.

Nedenstående afsnit omtaler yderligere diagnosticeringsmuligheder, som umiddelbart synes irrelevante i skibssammenhænge, men medtages for fuldstændighedens skyld.

25.4 CT-scanning

CT, computed tomography, er en diagnosticeringsmetode der primært kun lader sig gennemføre ved at føre genstanden gennem et stort scanningsrør. Allerede her er metoden, indenfor vores felt, uaktuel. Ingen forestiller sig at

kunne få et skib gennem en CT-scanner - allerhøjest dele heraf. Den allerseneste udvikling går dog i retning af halve rør, en halvcirkelær CT-arm i flere meters diameter.

For helhedens skyld omtales teknikken dog kort, da den tager udgangspunkt i den klassiske røngtenteknik, men har, sammenlignet med den, store diagnostiske fordele.

Den grundlæggende teknik fungerer, meget enkelt ved at et røntgenrør udsender et V-formet strålebundt.

Tykkelsen af strålebundet (snittykkelsen) kan varieres, og røntgenstrålerne kan svækkes efter de aktuelle vilkår.

Objektet bevæges gennem scanneren, mens rør og detektorer står stille.

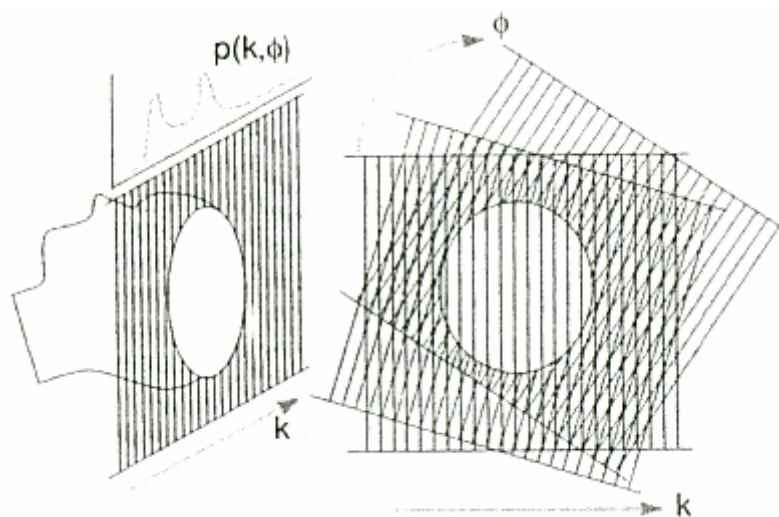
Billedet svarer til et almindeligt røntgenbillede – bare digitaliseret. Billederne optages ved at rotere omkring objektet, mens det endelige 3-dimensionelle billede dannes.

De 2-dimensionelle billeder er typisk på ca. 1 mm tykkelse

I øvrigt er det ved hjælp af denne teknik at Grauballe-manden på Moesgaard Museum er blevet nøje studeret på Skejby Sygehus.

Ved at dreje røntgenstrålingen kan der måles på et antal små kvadrater. Fra disse profiler kan man måle spredningen fra mediet. Hvilket er selve målet med CT-scanning.

Dvs. mere præcist end blot en skygge, men hvilket type væv / densitet i hvert enkelt kvadrat. Det tidligere beskrevne "strålingsrelief", er nu i stedet for at blive registreret direkte på film (analoge signaler) registreret som en række målinger af strålingsmængde (digitalt signal). Almindelige røntgenbilleder kan dog også digitaliseres, ved at udstyre røntgenkassetten med en detektorplade, som efter optagelsen husker eksponeringen og senere kan aflæses af en laserstråle og dermed afgive resultatet i digital form.



Figur 26.

Optagelse af CT-scanningsbilleder på video, gør det nu muligt at vurdere forhold i kroppen inden komplicerede operationer, hvilket øger graden af succesfulde resultater. Dette kombineres evt. med ultralydsoptagelser under selve operationen.

Formålet er således undervejs at lokalisere objekt / sygt væv el. a.
Her skabes mulighed for volumen-målinger, målinger over tid samt præcise
gengivelser af strukturer.

25.5 MR-scanning

Denne diagnosticeringsmetode bygger på magnetisk resonans, og er, selvom den er kostbar, i sine resultater uovertruffen mange andre teknikker. Både i detaljerigdom og dens ikke-skadelige metode. Igen kræver det dog at genstanden / mennesket føres ind i et rør, hvor det magnetiske felt dannes.

Alle atomer i f.eks. kroppen er magnetiske. Samlet er kroppen ikke magnetisk, da alle atomer ligger i tilfældige retninger og ophæver hinandens kraft. I magnetiske felter drejer de sig efter den magnetiske påvirkning (for at bruge mindst mulig energi selv).

Styrken af det indre magnetfelt er proportionalt med det ydre.

Elektromagnetisk stråling kan deles i:

- elektrisk
- magnetisk

Atomerne påvirkes af det eksterne magnetfelt, der sender elektromagnetiske stråler ind i vævet.

Et skift i det magnetiske felt, vil skabe en strøm i en spiral (rundt om genstanden)

Størrelsen af strømmen er proportional med styrken af de magnetiske komponenter. På samme måde med frekvensen.

Slukkes der for den magnetiske strøm, vil atomerne skabe elektromagnetisk respons = samlet respons i en skive. Som i CT-teknikken dannes de tredimensionelle billeder ud fra disse snit.

Teknisk set foregår det ved hjælp af en MR-scanner, hvis hovedbestanddel er en meget kraftig magnet, en radiosender og en computer. Den kraftige magnet er 5 til 15.000 gange kraftigere end jordens magnetfelt.

Skovarbejdere i Canada har bl.a. benyttet denne metode til at kategorisere store træer før fældning. En stor metalring læses rundt om træet, og der foretages en MR-scanning på stedet.

25.6 Scintigrafi

I diagnostiske øjemed benyttes også gammabestråling indenfor medicinen. Et radioaktivt stof injekteres i organet eller genstanden, for derefter at blive målt af gamma-kameraet. Det vil sige, i hvilket omfang optages eller afgiver organet det radioaktive stof. Kan bl.a. bruges til at afklare betændelsestilstande eller tumorer i knogler. Aktive eller anderledes processer fra det omkringliggende væv.

Gamma-kameraet er typisk tilsluttet en computer, hvor man har mulighed for billedbehandling, manipulation og udarbejdelse af grafer og kurver.

Det radioaktive stof, der "bærer" isotoperne, vælges ud fra halveringstid samt hvilket materiale/væv det forventes at optaget i.

Strålingen, udsendt i form af isotoper, optages kun delvist af organet, og "resterne" af strålingen er det kameraet optager.

Teknikken kan laves både to- og tredimensionelt, men er næppe aktuell til diagnostik af skadedyr i træ, da det som nævnt skal være aktive processer og kræver injektion af et flydende stof.

25.7 Isotoper

Isotopmålinger bygger på den teori (det faktum) at ustabile isotoper altid vil stræbe efter en stabil tilstand. I denne proces (henfald) afgives stråling, som enten kan være alfa-, beta- eller gammastråling. Man kan sige at isotopen forsøger at rekonstruere sig selv. Hvis man forestiller sig en isotop bestående af flere elementer, vil isotopen søge mod det mindst mulige antal elementer = største stabilitet. Energien er bundet i et øget elementtal, jo flere elementer, desto større energi.

I denne teori er elementerne byggestenene til atomerne, som videre er byggesten til grundstofferne.

Af hvert enkelt grundstof findes mindst 3 isotoper, hvoraf mindst en er radioaktiv. På grund af måletekniske forhold vil man normalt anvende radioaktive isotoper til sporstofundersøgelser, hvor dette er muligt. Den ioniserende stråling der udsendes i forbindelse med radioaktivt henfald, kan måles / detekteres ved brug af fysiske målemetoder og danner grundlag for mængdebestemmelse eller lokalisering af et specifikt materiale eller "ujævnhed".

Vælger man stabile isotoper undgår man dog helt den skadelige virkning ioniserende stråling udgør på levende væv.

Eksempler på anvendelse af radioaktive isotoper:

- som radiofarmaka til hospitalsbrug
- sterilisation af hospitalsudstyr
- sterilisation af madvarer
- proceskontrol i industrien, hvor de radioaktive kilder anvendes til måling af niveau og tykkelse, densitet, fugtighed o. lign.
- gammaradiografi, hvor radioaktive kilder bruges til kontrol af svejsninger på stålkonstruktioner

Eksempler på anvendelse af stabile isotoper

- undersøgelser af kvælstofstofsifte, eks. nitrat-reduktion i jord eller proteinomsætning i mennesker.
- nukleare resonansundersøgelser

25.8 Kontraststoffer

Der anvendes kontraststoffer indenfor nærmest alle dele af radiologien.

Selvom man ikke lige forestiller sig dette anvendt på en skibsside, hører det med i omtalen af diagnostiske muligheder.

Kontraststoffer anvendes generelt for bedre at kunne visualisere anatomiske strukturer, samt give oplysninger om et organs funktion.

25.8.1 Røntgenkontraststoffer:

Der findes stoffer der enten formindsker røntgen-gennemtrængeligheden (billedet bliver hvidt) eller kontraststoffer der gør at området bliver mere sort på filmen. Positive kontraststoffer kan være luftarter, men ellers er det typisk kemiske væsker, som er negative stoffer.

25.8.2 MR-kontraststoffer:

Virker ved at forøge signalintensiteten, og er væsker til intravenøst brug i den diagnostiske proces. De forskellige stoffer kategoriseres efter hvor længe de er i blodbanen.

25.8.3 Ultralydskontraststoffer:

Disse stoffer øger et vævsområde eller organets ekkogenitet ved at øge reflektiviteten. De anerkendte stoffer er i dag en galaktose-type til at indkapsle og stabilisere de mikroluftbobler, som reflekterer lyden.

26 Strålehygiejne

Ioniserende stråling, både radioaktivt eller røntgenstråling kan give uønskede biologiske reaktioner, selvom strålemængden fordeles over lang tid.

Det faktum er grundlaget for begrebet strålehygiejne, som omfatter erfaringer og regler omkring strålebiologi, strålerisiko og beskyttelse.

Ved indførelse af røntgenteknikken i starten af dette århundrede, havde man ikke viden om de skadelige eftervirkninger, og måtte se fatale skader på både patienter og personale. Lige fra hudskader med kroniske sår, blindhed og mangel på hvide blodlegemer.

Selvom der vil være store forskelle i det at lave røntgendiagnostik på patienter på et sygehus, og foretage industrielle undersøgelser, er forholdene omkring beskyttelse af mennesker relevant begge steder.

Dette afsnit vil derfor indeholde et afsnit omkring personer og typer af stråleskader. Desuden et afsnit omhandlende åbne røntgenanlæg til brug i "det fri". Omhandlende krav, opbygning og personbeskyttelse, da der som på sygehusene altid vil være personale og medarbejdere til betjening af anlægget.

Statens Institut for Strålehygiejne under Sundhedsstyrelsen har i Danmark den kontrollerende og rådgivende funktion indenfor dette felt. Desuden baserer retningslinierne sig på publikationer fra den Internationale Kommission for Strålebeskyttelse.

Årsagen til at det overhovedet er relevant med denne viden indenfor projektet "Pæleorm", er de muligheder man rent faktisk har for røntgendiagnostik med mobile anlæg i mange dele af industrien.

26.1 Stråleskader

26.1.1 Deterministiske skader:

Skader der med sikkerhed vil indtræffe hos bestrålede personer, når stråledosis overstiger en bestemt tærskelværdi. Under denne tærskelværdi har kroppens celler mulighed for at regenerere, men over tærskelværdien er reparationsevnen utilstrækkelig. Skadens omfang variere med dosisstørrelse. Eksempler på deterministiske skader er bl.a. hudrødme, håraffald og vævsdød.

26.1.2 Stokastiske skader:

Her er der ikke tale om en egentlig tærskelværdi, da man går ud fra at de kan opstå ved helt små doser. Her er der tale om cancer og arvelige skader.

Denne viden stammer primært fra atombombeeksplosionerne i Hiroshima og Nagasaki. Vurderingerne af stråleinduceret cancer, er dog behæftet med en vis usikkerhed, da den stråleinducerede cancer i sygdomsforløb ikke adskiller sig fra et "almindeligt" cancerforløb. Dog skønnes det at risikoen for stråleinduceret dødelig cancer er 5% ved en effektiv dosis for en normalbefolkning. Dette tal gælder bl.a. for den stråling der er nødvendig og relevant i forbindelse med almindelig røntgendiagnostik. Dog er der en betydelig forsinkelse på sygdomsudbrud, op til flere årtier.

På det molekylære plan sker der det at ioniseringen ændre cellens bygningsselement og skaber en række kemisk aktive stoffer. Cellens normale funktion skades midlertidigt eller permanent. Særligt kønsceller er modtagelige for påvirkning.

Den strålingseffekt der øger mutationer, har ikke nogen laveste tærskelværdi, da mutation af arveegenskaber for en hver pris bør undgås.

26.2 Baggrundsstråling

Alle personer udsættes for ioniserende stråling. Dette kaldes baggrundsstråling og stammer bl.a. fra verdensrummet, hvor den kosmiske stråling passerer gennem atmosfæren og rammer jordens overflade.

I Danmark bidrager den kosmiske stråling med ca. 10 % af den stråledosis, befolkningen modtager fra naturlige (ikke-menneskeskabte) kilder.

Desuden findes der radioaktive stoffer i en mindre del af jordens overflade, hvilket naturligt afgives til befolkningen.

Endelig mener man at radioaktive stoffer fra kerneprocesser siden 2.

verdenskrig tilfører os baggrundsstråling (bl.a. atmosfæriske prøvesprængninger af brintbomber fra 1954).

Sidst og ikke mindst tilfører den diagnostiske radiologi en forøgelse af baggrundsstrålingen.

26.3 Åbne anlæg

Ovenstående redegørelse skaber en vis forståelse for de omfattende restriktioner, der findes omkring røntgenstråling i åbne rum.

Disse findes i Sundhedsstyrelsens bekendtgørelse nr. 307 / 24. maj 1984.

De relevante områder omtales kort her.

26.3.1 Godkendelse

Planer for anlæg anmeldes og godkendes af Sundhedsstyrelsen. Godkendelse sker efter besigtigelse og kan senere inddrages hvis anlægget ikke lever op til kravene.

26.3.2 Ansvarsforhold

Ethvert anlæg skal have en ansvarlig leder, hvis navn og kvalifikationer skal meddeles Sundhedsstyrelsen. Man skal have den fornødne uddannelse og erfaring med drift af røntgenanlæg og strålerisiko. Bl.a. obligatorisk kursus i strålehygiejne.

Lederen skal sørge for nødvendige informationer til medarbejderne, samt planlægge og overvåge enhver eksponering.

Desuden holde alt udstyr i god stand, samt anmelde evt. uheld.

Herudover er der specifikke krav til røntgenpersonale, røntgenfirmaer, samt personer der foretager indgreb i apparaturet.

26.3.3 Beskyttelse

Under anvendelse af røntgenudstyr i åbne anlæg, skal en kvalificeret person, planlægge og overvåge enhver eksponering.

Alle personer på arbejdspladsen, skal være orienteret om eksponeringen, og kende til afspærringer.

Ved f.eks. skibe, skal røntgenapparatets stel være ledende forbundet med emnet. Strålefeltet skal begrænses og der afgrænses et kontrolområde, der afskærms og holdes frit for andre personer end de implicerede.

Dosishastighederne kontrolleres både i og udenfor området, og der er fastsatte grænseværdier.

Kontrolområdet bør, så vidt muligt, afskærms med særlige skærme, og det der skærms mod er:

- den direkte usvækkede stråling
- den del af strålerne der går gennem emnet
- den spredte stråling fra emnet.

26.3.4 Teknisk udførelse

Her findes en lang række krav til passende blændere og filtre.

Synlige røde advarselsslamper, skal være opstillet i umiddelbar nærhed af apparatet, samt skilte med "FARLIG STRÅLING"

Blyplader til afskærmning, skal være formbestandige og transportable skærme have en i øjenfaldende farve.

26.3.5 Eftersyn

Lederen skal foretage eftersyn hvert år.

Sundhedsstyrelsen besigtiger røntgenanlæg med højst 5 års mellemrum.

Personale ved betjening af åbne anlæg skal være forsynes med akustisk instrument, der med faste tidsintervaller afgiver signaler afhængigt af dosishastighed.

26.3.6 Spredt stråling

Udsendes i alle retninger fra emnet der bestråles. Denne stråling vokser med feltstørrelsen, og der spredes en større mængde bagud end til siderne.

Mængden af spredt stråling afhænger af materialet.

I vores tilfælde vil det dreje sig om træ, som udsender 4 gange så meget spredt stråling som eksempelvis jern. Udsættes desuden et stort luftvolumen for den direkte bestråling, vil der ligeledes dannes meget spredt stråling.

Generelt anbefaler man at undgå bestråling af træemner og andre lette materialer, da kontrolområdet ellers bliver meget stort.

Ovenstående relevante, men omfattende, krav til åbne anlæg, kan synes umulige at leve op til i praksis. Ikke desto mindre, er mobile røntgenanlæg, forholdsvist almindelig i industrien.

Består typisk af mobil "strålekanon" på ca. 20-30 kg, ca. ½ meter lang.

Nye digitale teknikker nedsætter strålingsfaren betydeligt, hvilket gør arbejdet i åbne områder mere enkelt.

27 Teknologivurdering

Denne del har til hensigt at beskrive aktuelle løsningsmetoder, med baggrund i første dels teoretiske indgang.

Teknologivurderingen laves på baggrund af :

- teoretisk viden og kontakter til ressourcepersoner i industrien
- laboratorieforsøg i samarbejde med Force, Esbjerg
- laboratorieforsøg i samarbejde med Yxlon, København
- teknologivurderingsrapport på udvalgte teknikker udarbejdet på baggrund af laboratorieforsøg, Force afd. for sensorteknologi (bilag til dette afsnit)
- praktiske forsøg på træskib af udvalgte teknologier

Hverken skibe af træ eller diagnostik generelt, kan betegnes som ny teknologi. Men kombinationen er dog relativ ny.

Teknologibegrebet anvendes i det kommende afsnit, som et mere helhedsorienteret begreb. Ikke kun som betegnelsen for selve teknikken, eks. røntgenapparatet, men om de sammenhænge det indgår i.

Teknologibegrebet skal således omfatte både teknologiens tilblivelse og anvendelse.

Vi har valgt en analyseramme, der både er enkel og tager højde for de mange sammenhænge diagnostik af træskibe indgår i.

Analysen opdeles i 4 hovedområder:

Teknik

Viden

Organisation

Produkt

Sker der kvalitative ændringer i et eller flere af områderne, påvirkes de andre områder i mere eller mindre grad.

Det skal samtidig præciseres, at dette projekt ikke har til formål, at udpege den præcise og endegyldige løsning, men kaste lys over de muligheder, der findes og afdække muligheder og barrierer i praksis.

Teknik

Omfatter de fysiske apparater eller hjælpemidler og indbefatter materialer af enhver art der indgår i processen.

Teknikdelen defineres som sammenføjnngen af arbejdsmidler, arbejdsgenstande og arbejdskraft.

Viden

Her er der primært tale om menneskets viden og anvendelse teknikken.

Viden deles op i 2 typer:

Den teoretiske indsigt (know-why), der dog kan være indbygget i arbejdsmidlerne som automatiserede styresystemer.

Den praktiske erfaring der primært består i erfaring med at kunne håndtere arbejdsgenstande. (eks. røntgen apparat)
At huske hvordan processen gennemføres, eller hvilken know-how man behøver.

Organisation

Dette er den sammenføjende bestanddel af teknologien, og handler primært om arbejdsprocessernes organisering.

Arbejdsprocessens eventuelle opdeling i mindre processer. Desuden omfatter denne del, ledelse, ansvar, kommunikation og koordination.

Produkt

Det vil sige resultatet af at kombinere teknik, viden og organisation, netop fordi arbejdsprocessen er formålsrettet. Ofte vælges produktet først, og det bestemmer da kombinationen af de andre områder, men ofte må valget af produkt forklares med reference til et foregående valg.

De økonomiske overvejelser og beregninger sammenføjles ligeledes her.

28 Røntgenstråling

Formål med forsøg med røntgenstråling deles i foreløbig to dele:

1. At afklare hvorvidt røntgenbilleder af træemner kan lade sig gøre, så det skaber mulighed for at se om der findes pæleorm eller ej.
2. At afklare i hvilket spektrum af røntgenstråling dette eventuelt er realistisk

28.1 Traditionel røntgenoptagelse

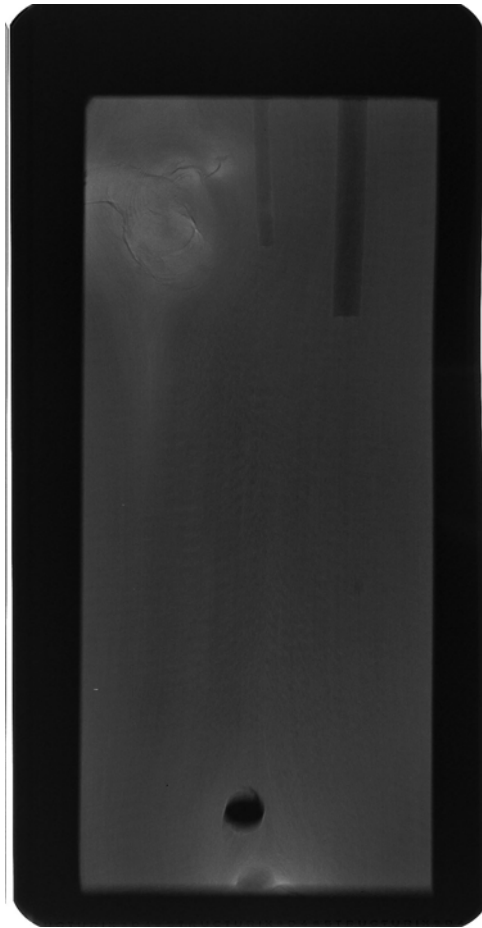
Eksponering nr. 1

1" tyk klods af nyt lærketræ, tørt. I træet er boret et par huller i endetræet. Eksponeres i ½ minut ved 70 kV røntgenstråling.

Efter fremkaldelse, kræver optimal tolkning af billedet en lysskærm. Nedenstående billede er herefter scannet og omsat til digitalt billede. Fotokopiering er ikke tilstrækkeligt.

Resultat:

Figur 27.



Eksponering nr. 2

Ca. 20 x 30 cm stort stykke af fugtig ældre bundgarnspæl, tydeligt angrebet af pæleorm. Sandsynligvis ask eller egetræ.

Eksponeres i 2 minutter ved 70 kV røntgenstråling.

Resultat:

Figur 28.



28.1.1 Samlet teknologivurdering

Den traditionelle røngtenteknik

Teknik

En udpræget laboratorieteknologi. Kræver tykke betonmure og advarselsudstyr under optagelser. Træet placeres i optagerum, hvor ingen personer opholder sig.

Herefter kræver det fremkalderfaciliteter samt lysskærme til gennemsyn af billeder.

Billederne fremkaldes på røngten-plastikark og er ikke tilgængelige på digital form. Kan dog scannes ind og dokumenteres elektronisk, hvis behovet er tilstede.

Viden

Kræver specialviden og laboratoriefaciliteter.

Organisation

Uddannet personale. Tolkning kræver ikke specialviden, men specielle lysskærme.

Produkt

Det kan bekræftes at denne laboratorieteknik er udmærket til optagelser af træ, og at eventuelle pæleormsangreb kan identificeres.

Teknologien kan ikke umiddelbart bruges til optagelser i frit havnemiljø og vil af den grund ikke blive behandlet yderligere.

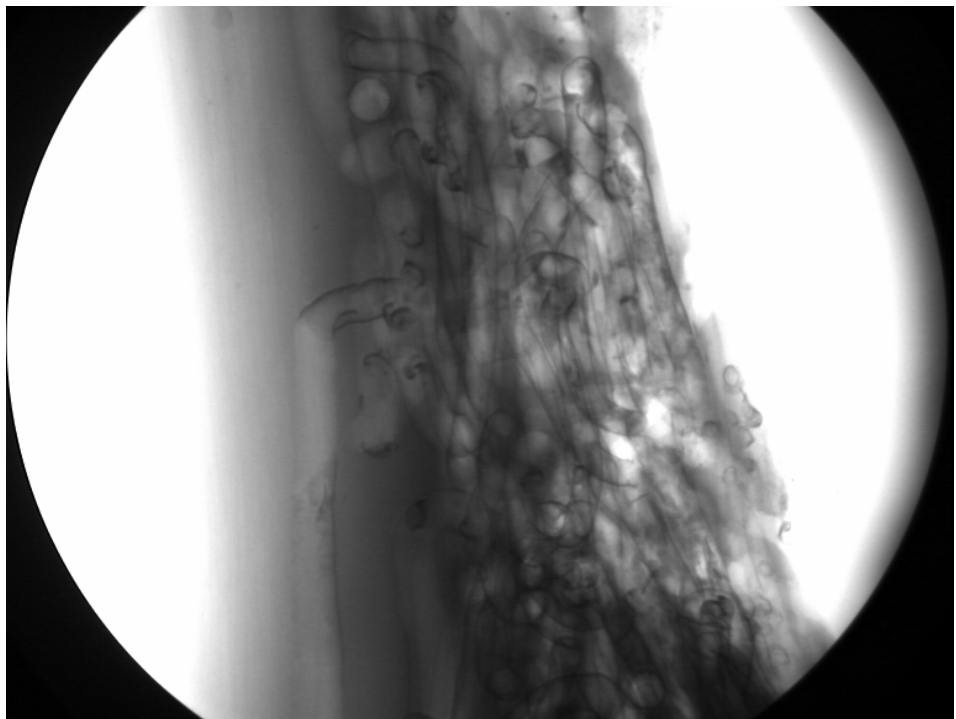
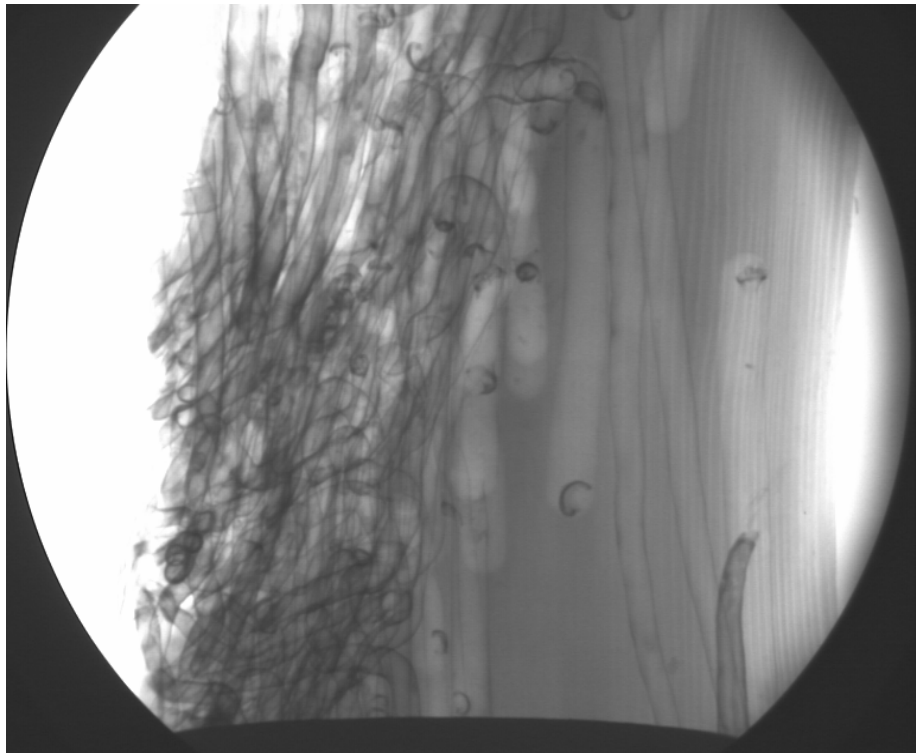
Dyr og tidskrævende.

28.2 Digitale røntgenbilleder

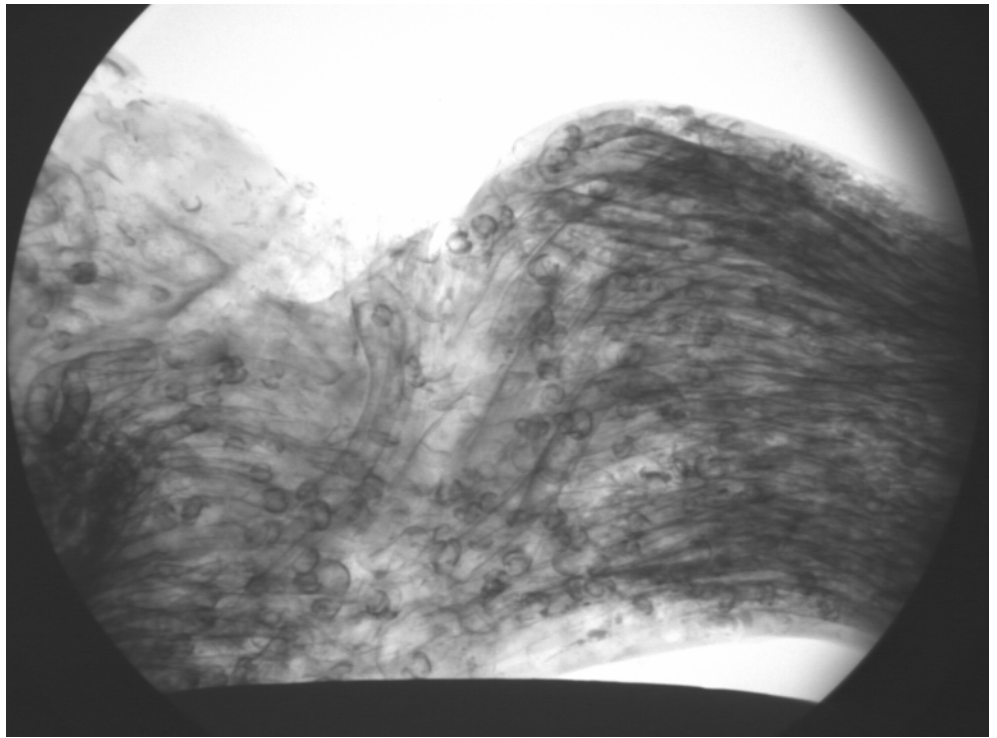
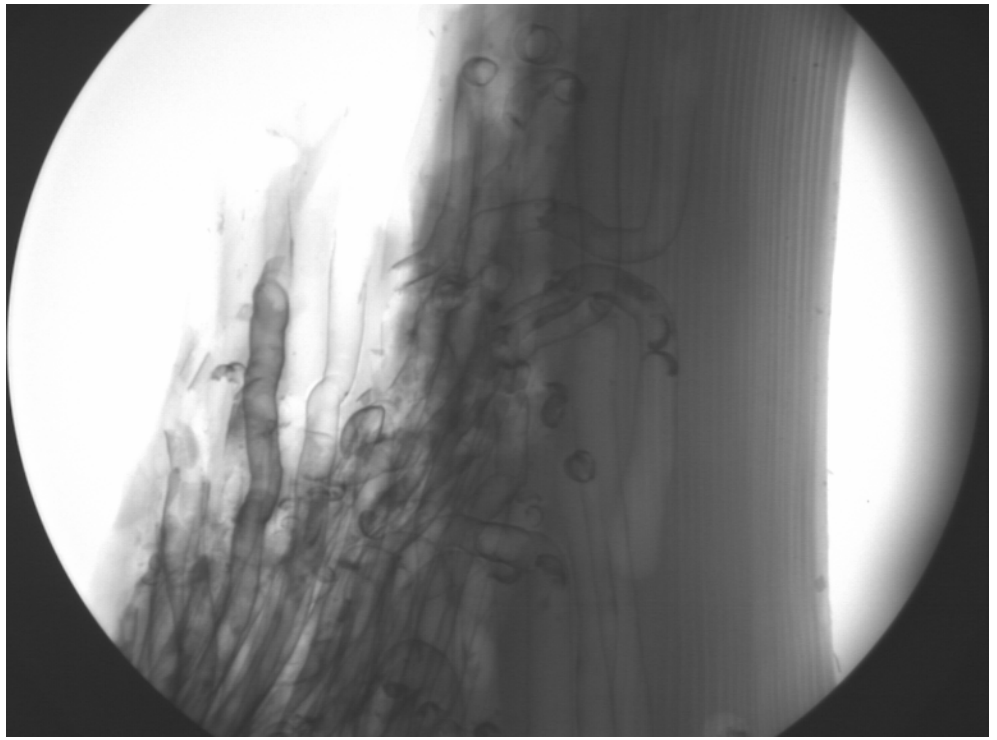
Digitale røntgenoptagelser i samarbejde med Yxlon International:

Optagelser af tre elementer, alle med 30 kV, 4.0 mA. Digital billedbehandling "in real time", uden brug af røntgenfilm eller anden fremkaldelsesbetinget teknik.

Eksempler på digital billedoptagelse af bundgarnspæl, knækket P.g.a. pæleormsangreb. Der er fotograferet gennem 15 cm træ



Figur 29 & 30
Eksempler fra "træknude", skyllet ind ved havnemiljø. Tydeligvis angrebet af pæleorm. Der er fotograferet gennem ca. 10-15 cm træ af ujævn karakter.



Figur 31 & 32.

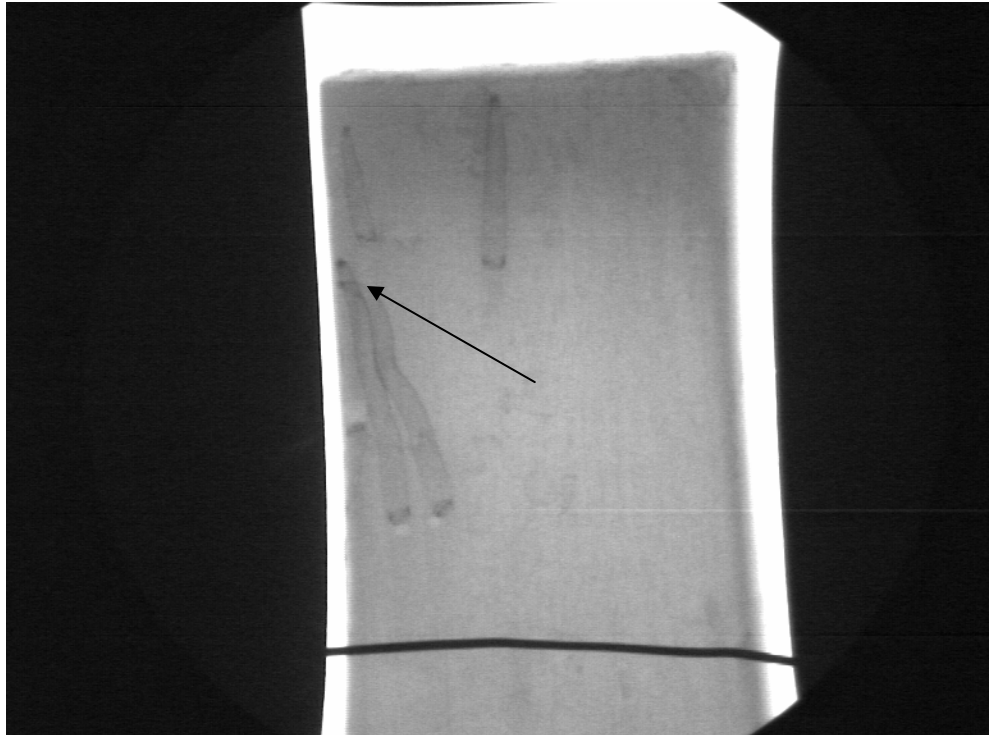
Apparatur til optagelse af digitale billeder. Øverst strålekanon, nederst apparatur til optagelse af strålebillederne. Placeres evt. på ydersiden af skibet. Begge dele mobilt.



Figur 33 & 34

28.2.1 Eksempel på billede af pæleormsangreb

Træklods af lærketræ behandlet med teatreolie fra Skærbæk Havn:



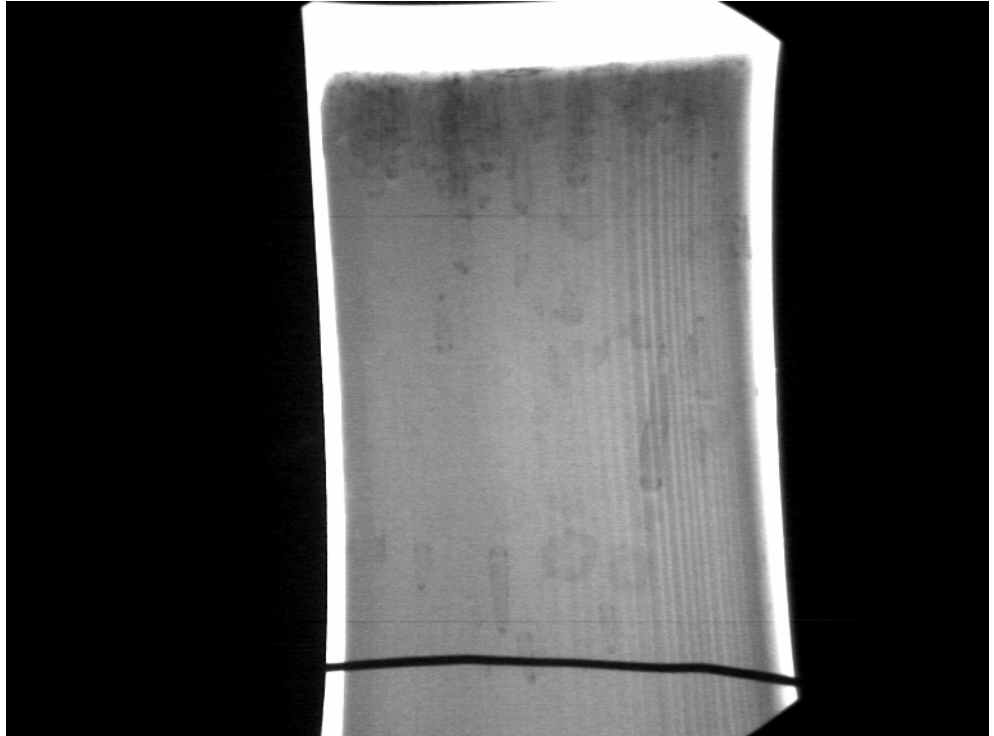
Figur 35. Røntgenoptagelse af klods med angreb på siden



Figur 36. Digitalt billede af samme pæleorms-hul

28.2.2 Eksempel på billede af pæleormsangreb i endetræ

Træklods af ubehandlet egetræ fra Skærbæk havn:



Figur 37. Røntgenoptagelse af klods med angreb i endetræ



Figur 38. Digitalt billede af samme stykke endetræ

28.2.3 Samlet teknologivurdering

Digital røngtenteknik med mobilt billedbehandlingssystem.

Teknik

Teknologien er relativ tung, og begge apparater kræver ophæng. Evt. i talje på siden af skibet, alternativt på vogn der skubbes langs skibssiden under optagelserne.

Kræver forberedelse og afskærmning. Monitor med billedbehandlingssystem kan stå bag i en bil, hvilket giver mulighed for tolkning af evt. angreb på stedet sammen med skibsejeren.

Teknologien kræver langt mindre strålingsenergi sammenlignet med den traditionelle røntgenmetode, og hermed også til mindre afskærmning.

Viden

Kræver specialviden til opstilling, betjening og indstilling af udstyret. Desuden kræver det dokumenteret viden om strålefarer, samt at risikoprocedurer følges nøje.

Med en monitor on-site kan de digitale billeder ses umiddelbart. Tolkning af billeder med pæleormsangreb kræver ikke specialviden.

Organisation

Regler fra Sundhedsstyrelsen kræver at der er en hovedansvarlig i forbindelse med røntgenoptagelser, hvor der er nøje forskrifter for optagelser i det fri.

Denne person skal være certificeret med kursus i strålehygiejne.

Teknologien kræver rent praktisk et hold personer (2-3 personer).

Produkt

Kvaliteten af røntgenbilleder med denne teknologi må vurderes som særdeles god i relation til optagelser på træ.

Teknologien er pålidelig og har sin klare fordel i at billederne kan tolkes "in-real-time". Apparatet er tungt og det kræver praktisk snilde og gode kræfter at få strålekanon samt optagelsesapparat placeret korrekt overfor hinanden.

Det skønnes at ville være muligt på større skibe på land, hvor adgangsforholdene er gode. Lykkes ophængning og optagelser, skønnes teknologien desuden så god at diagnosticeringen kan stå alene.

28.3 CR-teknik

Ligeledes en digital røngtenteknik, som adskiller sig fra den konventionelle ved at der anvendes tynde foliefilm, der sættes fast på den ene side af emnet (skibssiden).

Laboratorieforsøg er omtalt i teknologivurderingsrapporten fra Force under bilag 1, side 2.

28.3.1 Røntgenoptagelse på skibsside

Der er som metodevurdering udført røntgenoptagelse på ældre træskib af lærketræ. Billederne er taget jævnt fordelt på skibssiden, og selve optagelsesproceduren tog 2-3 timer inkl. opsætning af det tekniske udstyr. Billederne scannes på stedet og kan umiddelbart vurderes på computerskærm. Det tekniske udstyr er omfattende, men kan transporteres bag i en arbejdsbil. Kræver specialviden og erfaring at håndtere.

Strålekanon placeres på den ene side af skibssiden, typisk på ydersiden.

Foliepladerne sættes fast på den modsatte side, evt. med tape.

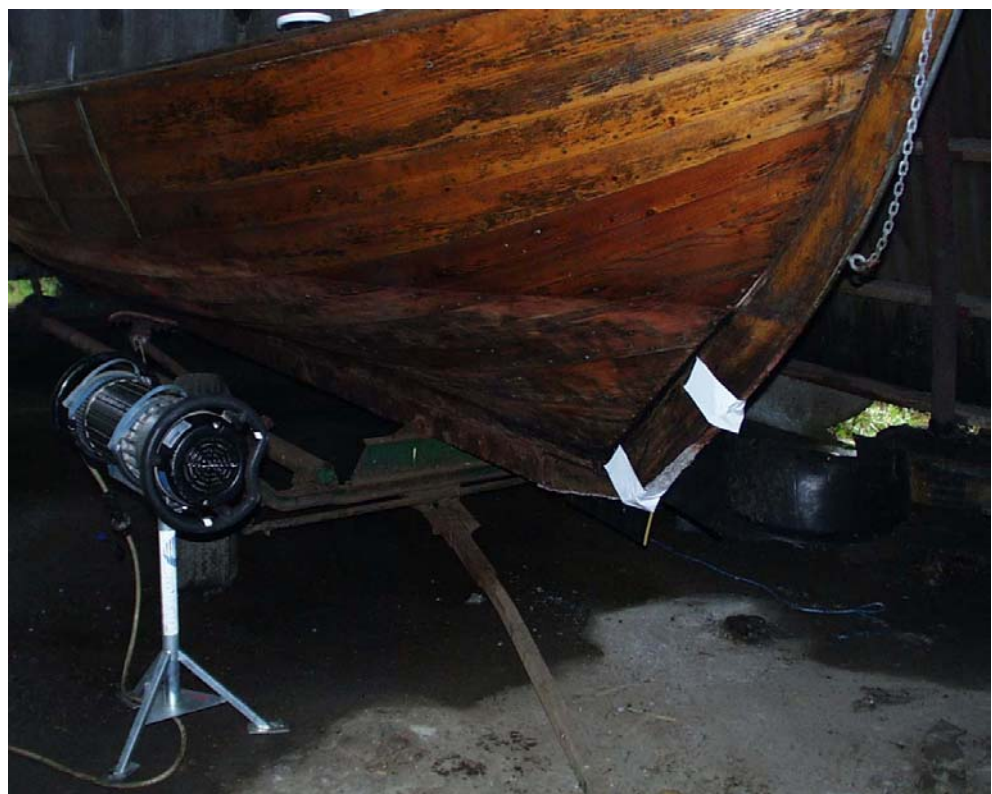
Ved pågældende undersøgelse blev der lavet 8 billeder, hvilket ikke viste tegn på pæleormsangreb.



Figur 39. Placering af strålekanon på ydersiden, samt opmåling af korrekt afstand.



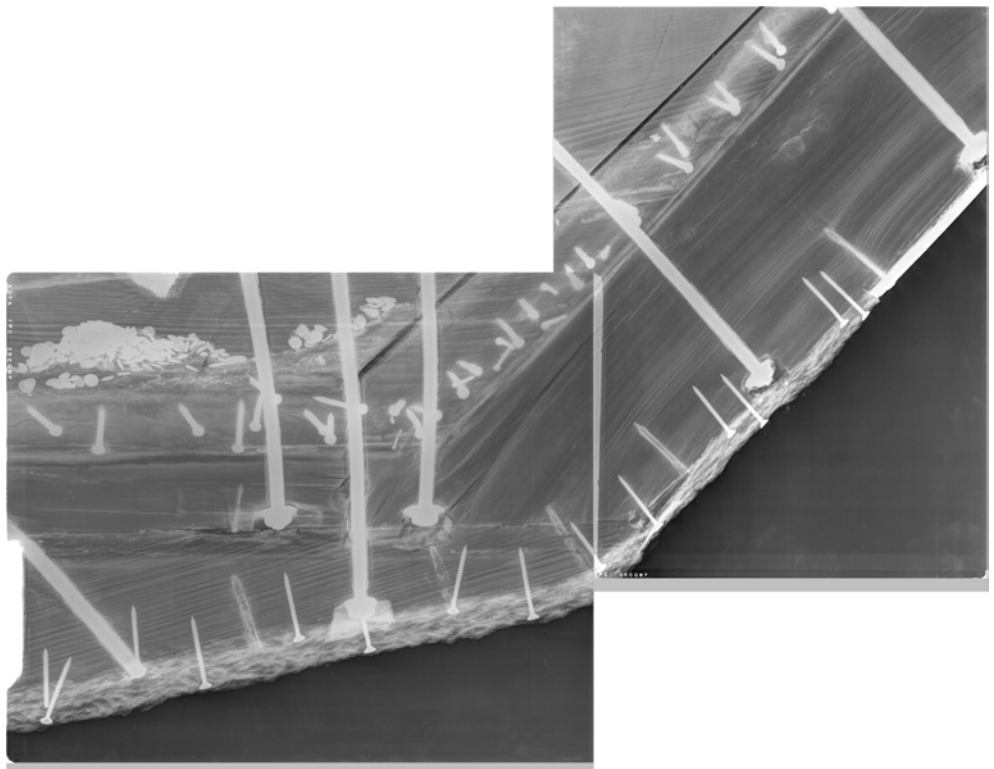
Figur 40. Det anvendte udstyr til scanning og visualisering af de digitale billeder aktuelt.



Figur 41. Strålekanon placeret til optagelse fra styrbord side af stævn.



Figur 42. Bagbord side af stævn med folieplader påhæftet skibet. (pladerne er sorte, tapen er hvid)



Figur 43. Det digitale røntgenbillede. Bemærk de mange gamle søm, og fraværet af pæleorm...

28.3.2 Samlet teknologivurdering

Teknik

Optagelserne kan foretages i havnemiljø, med få meters afskærmning. Kan udføres af enkeltperson, afhængig af skibets opbygning og tilgængelighed. Kræver dog en del kravlen op og ned, ved placering af folieplader og røntgenkanon.

Placering kan foretages af enhver, men selve optagelse + håndtering af udstyr er en ekspertopgave. Det omfattende tekniske udstyr kan være bag i en bil, men også her kræver det specialviden at sætte op og tage ned. Ved dårligt vejr, skal bilen være relativ stor, så udstyret kan forblive i bilen.

Viden

Som nævnt er opgaven for eksperter i røngtenteknik, men da billederne scannes på stedet, kan enhver umiddelbart deltage i tolkning om hvorvidt der findes angreb i træet eller ej.

Opgaven må betegnes som af en teknisk art, der bedst udføres af firmaer med denne specialviden, og ikke af enkeltpersoner.

Organisation

Kræver nogle meters afskærmning, hvilket udregnes på stedet i forhold til strålingsenergi, trætype og skibskonstruktion. Dette er med andre ord situationsbestemt

Man kan anbefale at flere skibsejere går sammen om denne opgave, dels pga. de praktiske foranstaltninger, dels pga. prisforhold.

Produkt

En absolut realistisk og pålidelig måde at diagnosticere et træskib. Dog vil det være omfattende at tage enkeltbilleder af hele skibet. Denne teknologi egner sig derfor bedst til stikprøver omkring udsatte steder.

Når det tekniske udstyr er korrekt placeret på den pågældende lokalitet, vil dette kunne gøres på 2-3 timer på mellemstort træskib. Ved bistand fra specialfirma, udregnes prisen typisk pr. time + kørsel.

29 Ultralydsoptagelser

Formål med forsøg med sonografiske metoder, har følgende formål:

- At afklare hvorvidt det er muligt at bruge ultralydsoptagelser, hvor densitetsforskellene mellem træ og vandholdige gange (efter pæleormsangreb) kan visualiseres.
- At afklare hvorvidt håndholdt udstyr er brugbart i praksis på et skib.

Laboratorieforsøg er omtalt under bilag 1, side 5.

29.1 Samlet teknologivurdering

Teknik

2 håndholdte ultralydstransducere placeres overfor hinanden på træet. Kan holdes af enkelt person, eller 2 personer ved utilgængelige steder.

Der tilsluttes en monitor.

Målinger vil kunne foretages både over og under vand. Dvs. at skibet kan være enten på land eller i vand. Sidstnævnte kræver dog nogle ekstra praktiske foranstaltninger.

Viden

Det kræver ingen specialviden at holde apparatet, men viden om aflæsning af resultaterne på monitor, og i særdeleshed for at tolke dem.

Dvs. at resultaterne kan tolkes på stedet (on-site) med erfaring. Tolkes resultaterne senere i laboratorium, kræver det indsigt, men ikke lang erfaring. Man vil langt foretrække at resultaterne tolkes on-site, da man så kan tage det antal optagelser der er nødvendige, samt flytte transducerne så bedst resultat opnås.

Organisation

Kræver ingen specielle arbejdsbetingede foranstaltninger. Optagelserne kræver ingen afskærmning og indebærer ingen risiko, andet end den der er ved at kravle rundt på et skib.

Kan som nævnt udføres af enkeltperson.

Produkt

Løsningen er enkel og tilgængelig som den er på nuværende udviklingstrin. Det er praktisk muligt, og kan evt. fungere som forundersøgelse inden mere krævende undersøgelsesformer, eksempelvis røngtenteknik.

Skønnes ikke sikker nok til at stå alene som diagnosticeringsredskab. Dette skyldes primært træets skiftende densitet og overflade.

Skal teknologien fungere som eneste undersøgelsesværktøj kræver det videreudvikling samt udarbejdelse af referenceværdier indenfor de enkelte trætyper.

30 Thermografiske optagelser

Laboratorieforsøg er omtalt under bilag 1, side 7

30.1 Samlet teknologivurdering

Teknik

Teknologien kræver et termografikamera + videoudstyr. Desuden kræver optagelser af træværk en varmekilde i form af en varmekanon.

Kan opstilles og betjenes af enkeltperson.

Skibet skal være på land, men det kræver kun adgang fra en side (ydside), hvilket kan være en fordel af hensyn til vanskelige adgangsforhold.

Teknologien er afhængig af vind og vejrforhold, primært P.g.a. afkøling.

Viden

Det kræver viden at betjene kamera samt indstilling af varmekilde. Det kræver ingen specialviden at tolke billederne, da man umiddelbart ser pæleormenes gange.

Organisation

Kræver ingen afskærmning eller lignende. Resultaterne kan evt. tolkes i laboratorium.

Produkt

En god og enkel metode til hurtig vurdering af overfladen. Giver netop kun et indtryk af overfladen.

Usikkert hvorvidt teknologien kan anvendes på tykkere emner, over spanter el. a.

Når først opstillingen er udført, kan der i princippet tages et utal af optagelser. Teknologien må betragtes som en forundersøgelingsmetode eller overblik til at give det nødvendige beslutningsgrundlag før eventuel yderligere undersøgelse eller behandling af skibet.

31 Mikrobølger og densitet

Teknologien er omtalt i bilag 1, side 11

31.1 Samlet teknologivurdering

Teknik

Der sendes mikrobølger gennem træet mellem to antenner. Det kræver erfaring med udstyret at placere antennerne korrekt. Resultaterne tolkes indirekte, som forskelle i bølgepåvirkninger, alt afhængig af træets densitet, knaster, ujævnheder eller som her eventuelle pæleormsangreb.

Teknologien kræver at skibssiden er renset for eventuelle malerrester.

Viden

Det kræver viden og erfaring at aflæse og tolke signalernes udsving. Vil kunne udføres af enkeltperson.

Organisation

Målingerne kan kun optages på tørt træ, dvs. skibe der har været på land eller i overdækket hal gennem længere tid.

Mikrobølgeudstyr i fri luft skal typegodkendes pga. krav om maksimal udsendt signal/effekt af mikrobølger.

Produkt

Teknologien må betegnes som usikker, i forhold til optagelser på skibe i havnemiljø. Primært pga. kravet om at træet er tørt og rent. Desuden vil alle signaler være et sammenligningsskøn og ikke entydige bevis på pæleormsangreb.

Vil dog kunne give sikker information om træet er i god eller dårlig forfatning.

32 Sammenfatning-analysemetoder

Efter ovenstående gennemgang af forskellige diagnosticeringsmetoder, står man tilbage ikke kun med en metode, men en bred vifte af teknikker. Dette er af afgørende betydning for træskibsejere. Primært fordi skibene er meget forskelligt bygget.

Der vil være behov for flere slags undersøgelser, lige fra et groft skøn eller en forundersøgelse til en gennemgribende analyse.

Her kunne man vælge en enkel og relativ billig løsning som ultralyd, før man afgør om man ønsker skibet gennemlyst med røntgen og dermed en meget sikker metode til præcis diagnostik af angreb. Se oversigtsskema.

Som nævnt har skibets konstruktion også en vis relevans. Man vil ikke vælge samme metode på et lille træskib på 15 fod som til et større fartøj til flere millioner kroner.

I sidstnævnte tilfælde vil man muligvis kunne bruge en omfattende røntgenundersøgelse, som en slags tilstandsrapport for skibet, der ligesom i hussalg indgår som led i en evt. handel.

Ved en brug af røntgenteknologien, vil der som tidligere nævnt, være fordele af både økonomisk og praktisk art forbundet med at være flere træskibsejere om en fælles undersøgelse af en række skibe.

32.1 Oversigtsskema analysemetoder Tabel 9.

	Digital røntgen	CR-røntgenteknik	Ultralyd	Termografi
Praktisk anvendelighed i havnemiljø generelt	Kræver afskærmning + ophængning af udstyr. Kræver at skibet er "åbent"	Mobilt udstyr, velegnet til åbne områder som havne. Få meters afskærmning	Udstyret er enkelt og mobilt. Kan evt. bruges til forundersøgelse.	Muligt, med opstilling af kamera og varmekilde. Ikke i blæst + regn
Billedbehandling s-system + visualisering	Viser billeder på skærm direkte i "real-time"	Billeder skal scannes og kan ses på skærm efter 15 min. på stedet	Ja, med monitor, hvor resultat efterfølgende tolkes	Ses direkte på skærm. Resultatet kan efter forholdene fremstå utydeligt.
Dokumentationsmuligheder	Gode. Kan gemmes digitalt på Cd-rom	Gode. Kan gemmes digitalt på Cd-rom	Ja, evt. som grafer	Ja, med videofilm og billeder
Mulighed for klassificering af resultat	Ja, ved efterfølgende digital billedbehandling	Ja, både umiddelbart og ved efterfølgende digital billedbehandling	Ja, men det kræver erfaring og laboratorieudstyr	Ja, kan muligvis danne et groft skøn. Evt. digital efterbehandling
Strålehygiejne og arbejdsmiljø	Omfattende forholdsregler. Tungt arbejde, flere personer	Begrænsede forholdsregler. Kræver god tilgængelighed på skib	Ingen forholdsregler. Ikke farligt.	Ingen forholdsregler. Udstyret flyttes let rundt.
Indkøb og økonomi	Opgave for firma med specialviden- og udstyr Relativ dyr.	Opgave for firma med specialviden- og udstyr Relativ dyr.	Endnu ikke færdigudviklet teknologi. Billigere end røntgen.	Kræver specialudstyr. Evt. som forundersøgelse. Billigere end røntgen.

33 Træskibsbygning og Sæltjære – historisk gennemgang.

I året 2002 er det næsten et paradoks at skulle beskrive traditionelle træskibskonstruktioner. Netop skibe af træ har været på tilbagegang i næsten 40 år. De erstattes med fartøjer af enten glasfiberarmerede plastic eller metalbyggede fartøjer.

Hvad der tidligere havde et praktisk og livsnødvendigt formål, anvendes i vor industrialiserede tidsalder, som et mere fritids- eller hobby relateret objekt.

Vi ser et comeback af fartøjer bygget af træ; men naturligvis ikke i et større antal, da netop de nye materialer kan sikre et billigere produkt end det, der gennem årtusinder var baseret på tømmer.

Nu ser vi, at det der var et naturligt og billigt materiale, er blevet et eksotisk materiale, der skal fremskaffes og bearbejdes af specialister. I modsætning til tidligere, hvor det var helt naturligt at bygge en båd af træ man selv fældede i skoven.

Det er tydeligt at træ er blevet populært igen, især for mindre fartøjer, der ofte bygges i små serier.

Moderne byggematerialer opleves som materialemæssigt for kolde og intetsigende eller måske er det et ønske om at bevare ældre kulturtræk med dets særlige kvalitet.

Traditionelle træskibskonstruktioner går tusinder af år tilbage, og oprindelsen til de forskellige byggemetoder taber sig til en vis grad i fortidens tåger. Til trods for en ivrig forskning inden for ældre bådtyper samt hyppige arkæologiske undersøgelser.

Imidlertid vil man ved et besøg i en havn eller marina se et bredt spektrum af træskibe eller både der røber konstruktionsformer og principper der går 2000 år tilbage.

34 Historie

I snart hundrede år har man forsøgt at klarlægge oprindelsen til den relativt store variation, der findes inden for udformningen af træfartøjer.

Det er sket ved henholdsvis studie af eksisterende typer, samt ved sammenligning med arkæologiske fund.

Resultaterne er logisk nok ikke entydige, og der foregår til stadighed en diskussion forskere imellem, for at få et tydeligere billede af de forskellige fartøjers oprindelse.

Hvorfor træ?

Det er et materiale der generelt er nemt tilgængeligt, og det kan bearbejdes med helt primitive redskaber, såsom stenredskaber.

Træ er let og stærkt, holder godt under skiftende miljøpåvirkninger.

Faktisk er der ikke noget andet materiale, der er så enkelt at forme til næsten alt hvad mennesker har (havde) brug for i dagligdagen.

34.1 Typer

34.1.1 Flåden

Hvorvidt det er rigtig at mennesket allerede i tidlig stenalder anvendte træflåder før skinflåder, lader sig næppe afgøre. Det er sikkert, at flåder er blevet anvendt i mere end 10.000 år, og måske allerede så tidligt som for 100.000 år siden.

Nu til dags tænker vi ikke på flåder som fartøjer, i hvert tilfælde ikke i Danmark.

Vi vil dog finde flåder i daglig anvendelse, eksempelvis oceangående fiskefartøjer, i Sydamerika (fig.1).

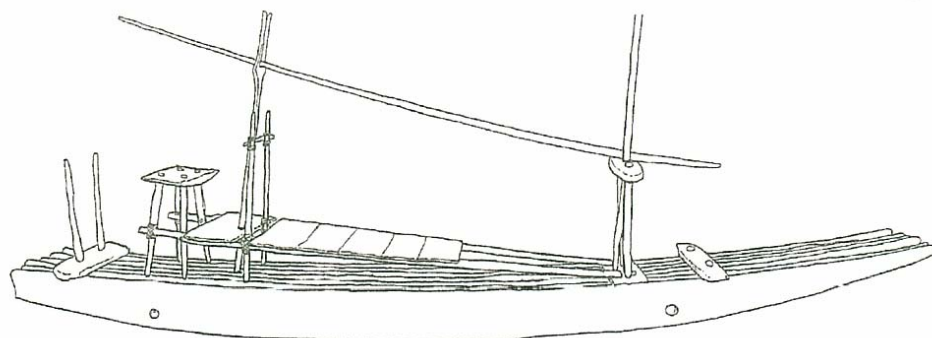


Fig. 1

34.1.2 Egen / stammebåden

Den enkleste udformning af en båd kaldes en ege.

Egen er en logisk udvikling af flåden beskrevet ovenfor.

En ege (fig.2) udmærker sig ved at være udført af et stykke træ uden samlinger.

Den udhulede stamme kan udføres med bløde overgange fra stævne til sider, og derved frembyder den en uafbrudt skal, der relativt nemt kan beskyttes mod miljøet.

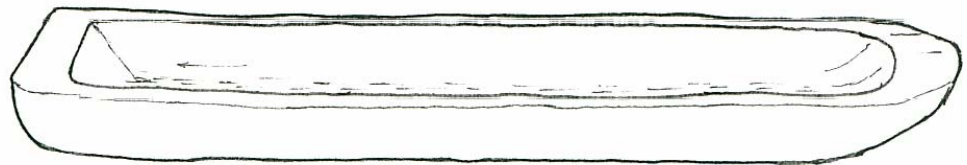


Fig. 2

En ege har sin logiske størrelsesbegrænsning bestemt af det tilgængelige træ.

Typen anvendes stadig meget i sydligere tropiske lande, hvor store træer er til rådighed.



Fig. 3

34.1.3 Stammebåde af flere stykker træ

I det følgende skal vi se på disse metoder til at sammensætte et naturprodukt til et praktisk fartøj, der kan holde vandet ude og mandskabet og lasten relativt tør.

Med egen som udgangspunkt, kan man sige med stor sikkerhed, at der opstod fartøjer der var samlet af flere stykker træ, det kunne være så enkelt som at montere et agterspejl i en ege (fig.3) , som et fund fra Århus viser.

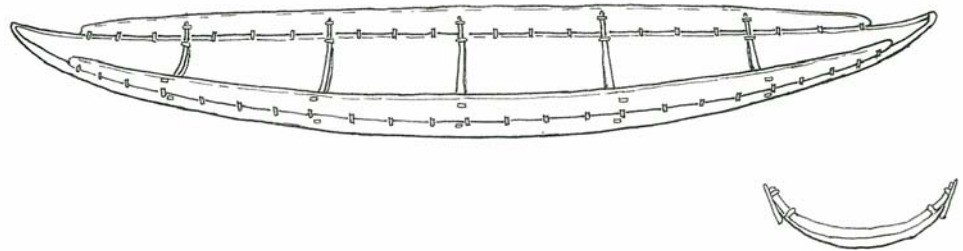


Fig. 4

Et ønske om enten at opnå bedre lasteevne eller bedre egenskaber i søgang, førte til udviklingen af eger med to planker surret på øverste del af fartøjet. I sin mest sofistikerede form blev det til båd udhulet af en stamme, der derefter blev udvidet, for at få et bredere fartøj. Ovenstående fartøj blev da forhøjet med to påsyede planker (fig.4).

34.1.4 Fartøj af flere stykker træ

Inden for skibsbygning skelner vi normalt imellem klinkbygget og kraelbygget fartøjer. Førstnævnte ser ud som følgende skitse (fig.5), altså med planker der overlapper; medens kraelbygget har plankerne sammensat kant mod kant hvilket giver en glat ubrudt flade (fig. 6).

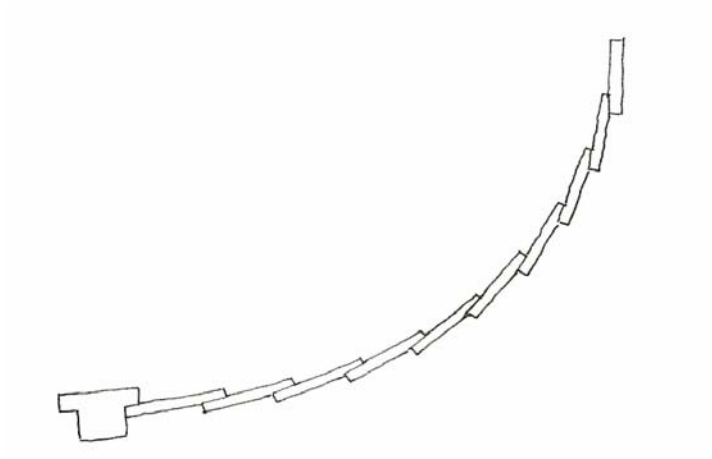


Fig. 5 klink

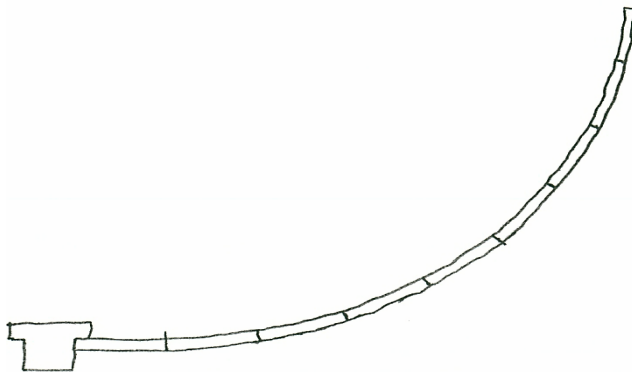


Fig. 6 krael

Disse to byggemetoder kan udformes forskelligt eller kombineres.

34.1.5 Klinkbygget

Et klinkbygget fartøj udmærker sig ved at klædningen, det vil sige alle bordene er sammenføjet på en sådan måde at de udgør en skal. Denne skal kan i princippet hvile i sig selv, den kræver ikke noget for at være vandtæt. Alle plankerne er fæstet til hinanden indbyrdes med enten metalnitter eller som tidligere syet sammen.

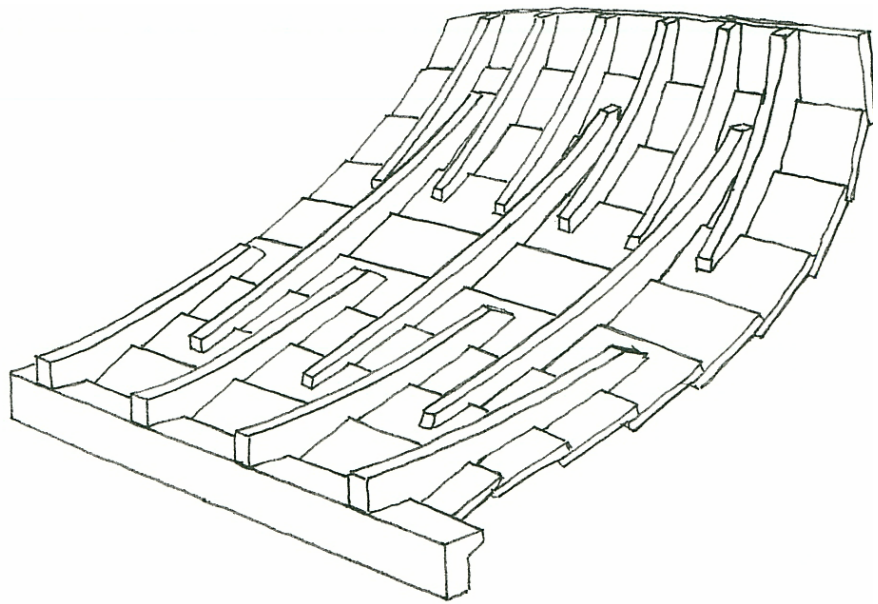


Fig. 7A klinkbygget

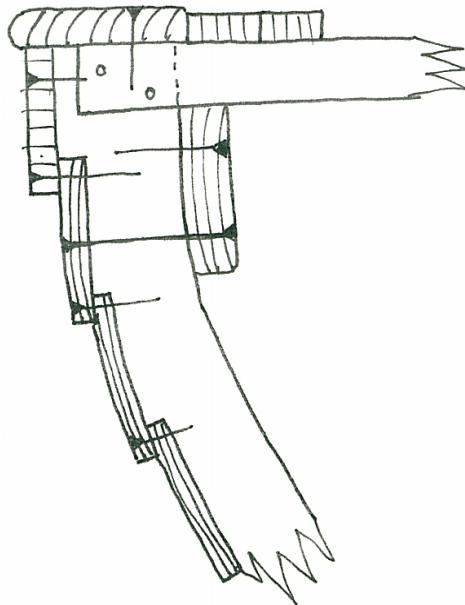


Fig. 7B skitse af klinkbygget

Dette giver den unikke fordel at så længe nitterne sidder godt og fast, da vil skallen være som en krum plade med en betydelig styrke.
 Yderligere styrke kan tilføjes i form af såkaldte spanter, svøb (klædning som indvendige tøndebånd) eller skodder (tværskibsinddelinger). (se fig. 7A + 7B)
 På nær meget små fartøjer vil det altid være nødvendig med denne indvendige afstivning. Det samlede resultat er en klædning, der er udført som en samlet skal med afstivning. Det giver en yderst let og stærk konstruktion.
 Selve byggematerialerne der blev anvendt og anvendes kan være såvel løv- som nåletræ.

Valget af træ er oftest geografisk bestemt, med eg i de sydlige dele og nåltræ i de nordlige dele af Skandinavien.

Selve klinkbygningen ser også ud til at have sin største udbredelse i de nordlige dele af Europa samt i et område der strækker sig over Sibirien til Korea.

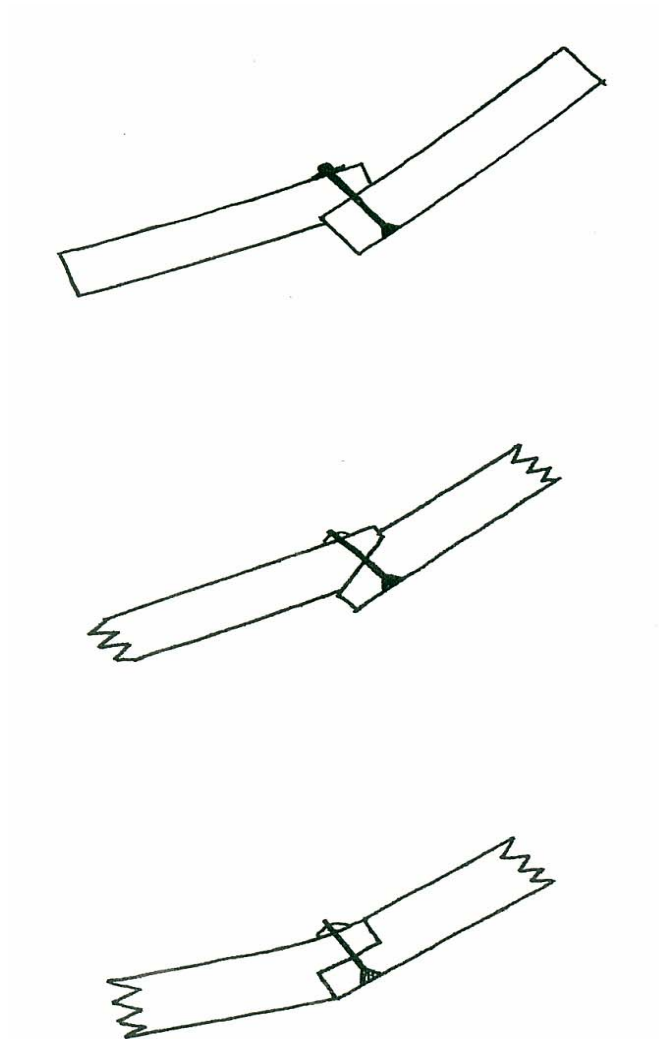


Fig. 8 A - detaljer af klinkbygget

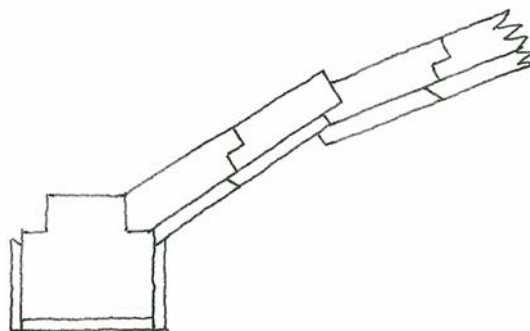


Fig. 8B kombineret kravel og klink

34.1.6 Kravelbygget

En kravelbygget båd har en glat klædning, der består af individuelle planker . Disse planker vil normalt være fastholdt af en tværliggende tømmerkonstruktion, der således får en hel flade til at virke som en vandtæt barriere (fig.9).

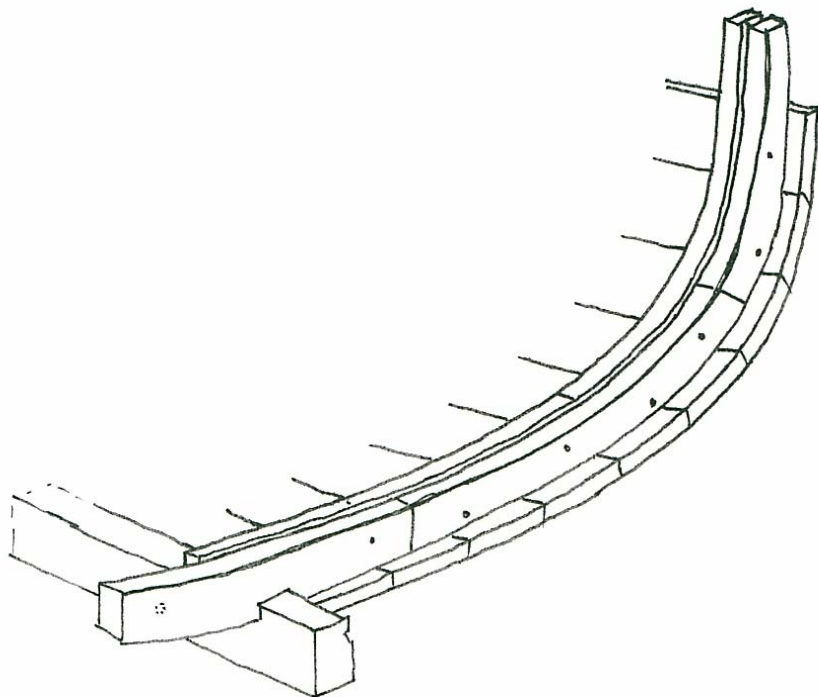


Fig. 9 kravelbygget

Man har også andre metoder hvor de enkelte planker fæstes til den nærliggende med et system af indskud og dyvler. Sidstnævnte metode var almindelig i antikken og anvendes stadig i lande, omkring det indiske ocean (fig.10).

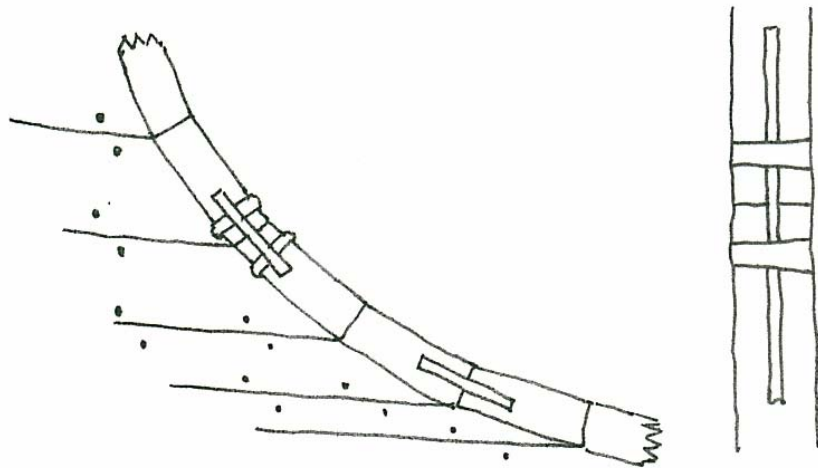


Fig. 10 kravelbygget fra Middelhavsområdet

Kravelbyggede fartøjer vil oftest være noget tungere end klinkbyggede fartøjer, og vandtætheden er noget vanskeligere at opnå.

Generelt kan man sige at klædningen på en kravelbygget båd kun danner et hele, fordi de individuelle planker er fæstet den underliggende spantekonstruktion. Netop ved dette forhold adskiller kravelbygningen sig væsentligt fra klinkbyggede konstruktioner.

Der findes nyere konstruktioner hvor plankerne er sammensatte, således at de danner en skal, lige såvel som de der hovedsagelig forekom i antikken (fig.11 + 12).

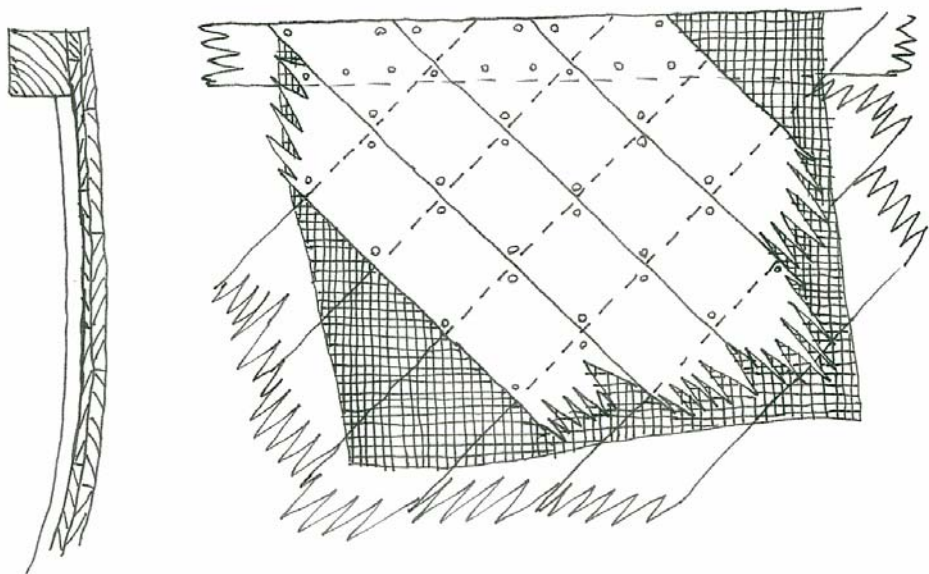


Fig. 11 diagonalbygget

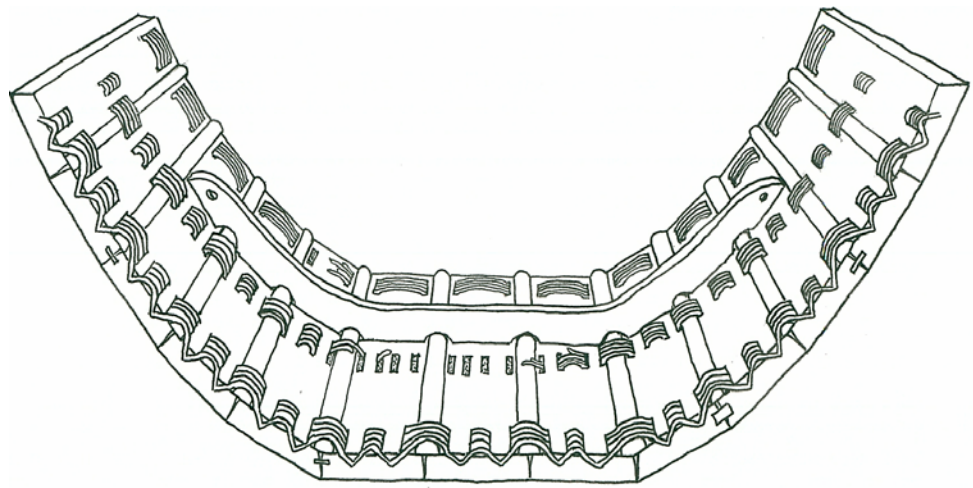


Fig. 12 antik type, bundet sammen

35 Konstruktionsdetaljer

35.1 Det bærende skel et

Begge de nævnte byggemetoder kræver en form for afstivning såfremt et fartøj skal have en rimelig praktisk størrelse.

Her er det normalt, at afstive klædningen med enten et system af spanter, svøb eller skodder (fig.13).

Der er naturligvis en mængde kombinationer af disse, da skibsbyggere og designere altid har forsøgt at udføre fartøjer, der er lette og stærke.

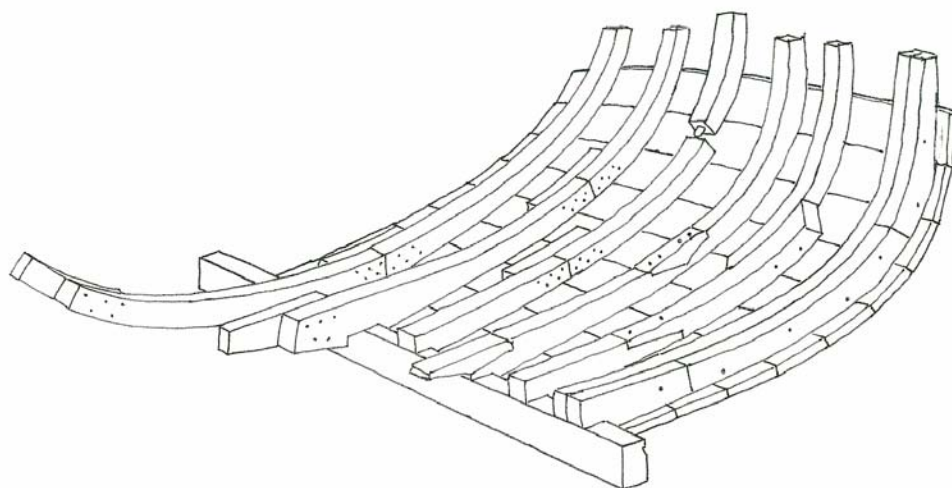


Fig. 13 eksempel på afstivning

Oftest bliver der anvendt løvtræ til spanter og svøb, typisk hårdtræsarter som eg og ask.

Førstnævnte har den fordel, at det vokser krumt i naturen og derved egner sig ideelt til den form både skal have.

Ask har den fordel, at det kan bøjes i facon i våd tilstand eller efter kogning.

Desuden har det været almindeligt at bruge granrødder og krumvoksede fyrregrene til spanter i de andre nordiske lande.

Spanterne er normalt fastgjort til kølen, der betragtes som det bærende element i båden.

35.2 Køl

Kølen løser den opgave det er at skabe tilstrækkelig styrke og stabilitet i et fartøj.

Da man begyndte at bygge mere kompliceret blev det nødvendigt at have en slags bærende bjælke i et fartøj (fig.14).



Fig. 14 køl i et stykke

En køl kan udføres i såvel løv som nåletræ, der hver for sig giver forskellige egenskaber.

En køl er ikke nødvendigvis udformet af eet stykke tømmer. Den kan være sammensat i både længde og højde af adskillige stykker træ (fig.15). Det hele afhænger af bl.a. hvad der har været muligt at skaffe eller naturligvis, fartøjets størrelse.

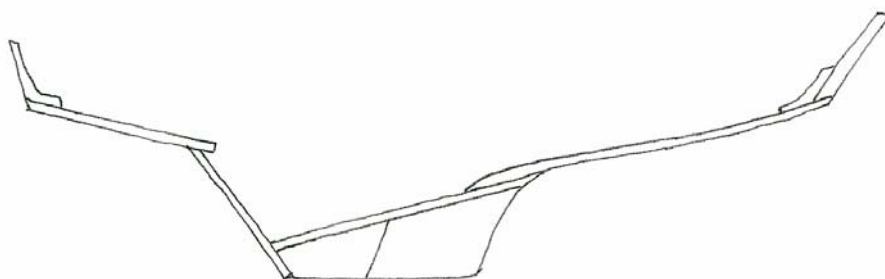


Fig. 16 sammensat køl

En flad bund i en pram er i princippet også en køl, der er sammensat af planker i langsgående eller tværgående forløb.

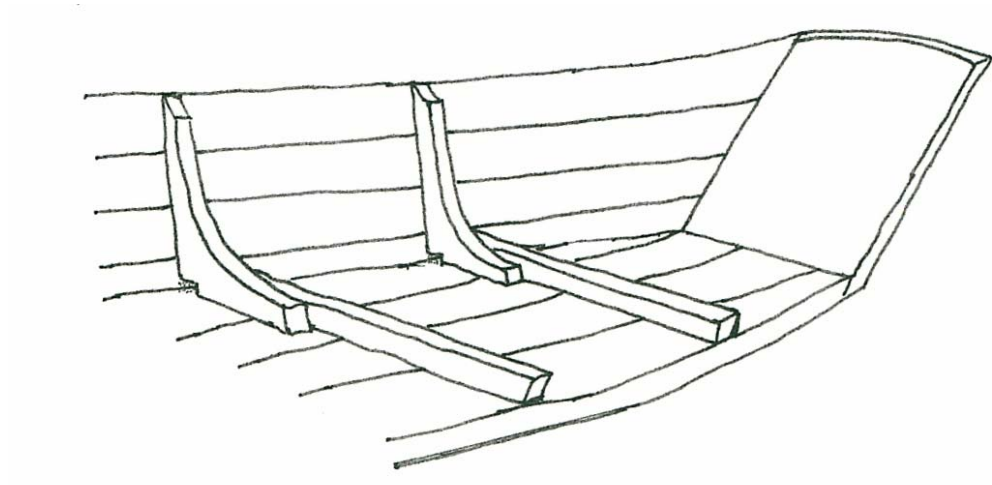


Fig. 15

35.3 For- og agterende

Et fartøj er typisk udformet med relativt spidse ender og et bredt midterstykke.

Forstævnen er fastgjort til kølen således at køl og forstævn udgør en samlet bjælke, der afstiver spanter og klædning (fig.17).

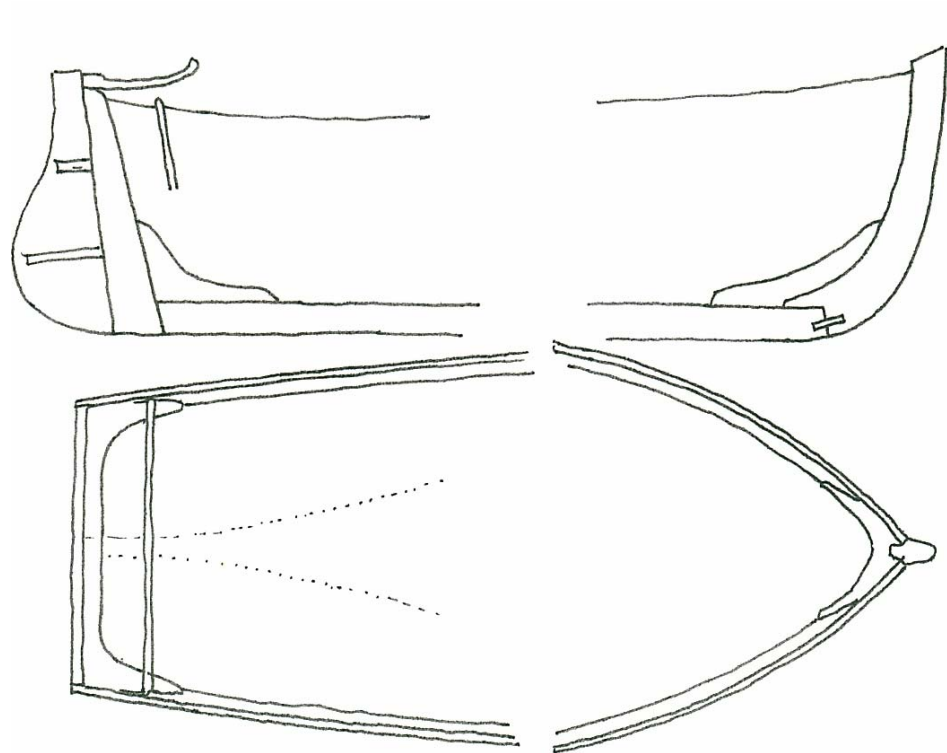


Fig. 17 skitse af køl og stævne

Stævne kan udføres i de sædvanlige træsorter, men oftest vil der blive valgt en sort som er krum i naturen, såsom eg.

35.4 Klædning

Det yderste af et fartøj benævnes klædningen, og denne kan som tidligere nævnt udføres enten som klinkbygget, krael eller en kombination af begge metoder.

Klædningen skal fastgøres til den bærende konstruktion. Dette kan udføres i form af nagler eller nitter af enten jern eller kobber (fig. 18 A-B-C).

Oprindeligt blev klædninger syet til den underliggende spantekonstruktion. Senere har man erstattet denne syning af trænavler udført i hårde træsorter.

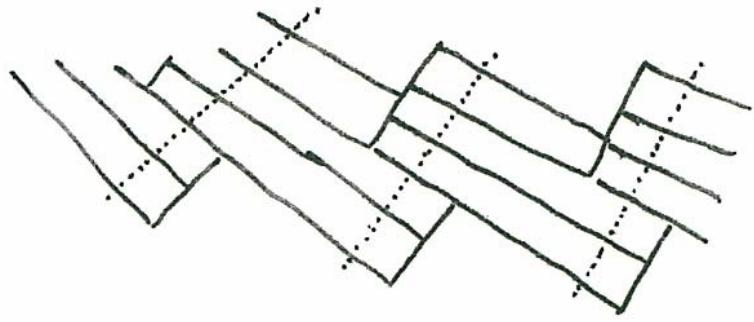


Fig. 18 A eksempel på klinkbygget klædning

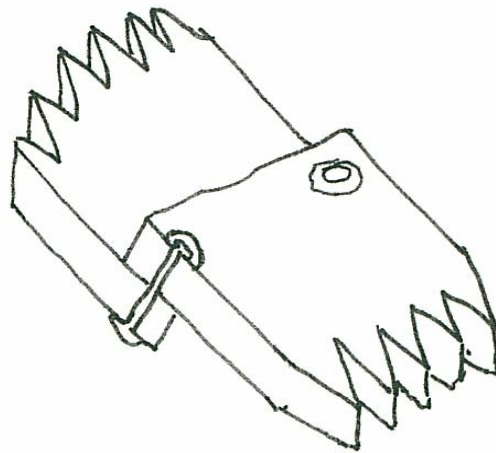


Fig. 18 B detalje af klinkbygget

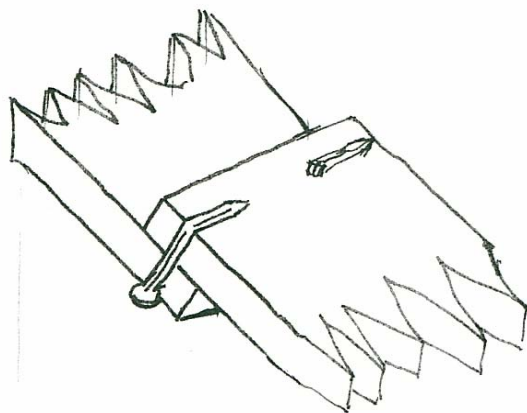


Fig. 18 C detalje af klinkbygget

36 Konstruktionsudformninger

Trækonstruktioner har været anvendt i forskellige former i mere end 5000 år

Desværre må vi konstatere, at kampen mod forekommende skadedyr i naturen, der angriber og omsætter træ, stort set er uforandret så længe vi taler om fartøjer, der er blevet og bliver bygget efter metoder, der enten er tusinde år gamle eller anvendt for bare 50 år siden.

Dertil skal tilføjes at træ også påvirkes af temperaturer og naturligvis af mekanisk påvirkning, alt i alt en mængde parametre, der må afvejes indbyrdes under hensyntagen til det samlede værk.

Med hensyn til angreb af f.eks. pælemuslinger kan man med sikkerhed sige, at der ikke findes træ der naturligt kan forhindre et angreb af disse. Det vil sige, at man må forsøge at lave en barriere imellem vandet og træet. Denne overflade behandling har man forsøgt sig med i tusinder af år, med mere eller navnlig mindre held.

Grækerne anvendte blyplader på deres klædninger eller dobbelte lag af planker, der måske tillige forbedrede tætheden af et fartøj (fig.20). Måske en god metode; men så tidskrævende og kostbar at alene det, forhindrede en almen anvendelse af teknikken.

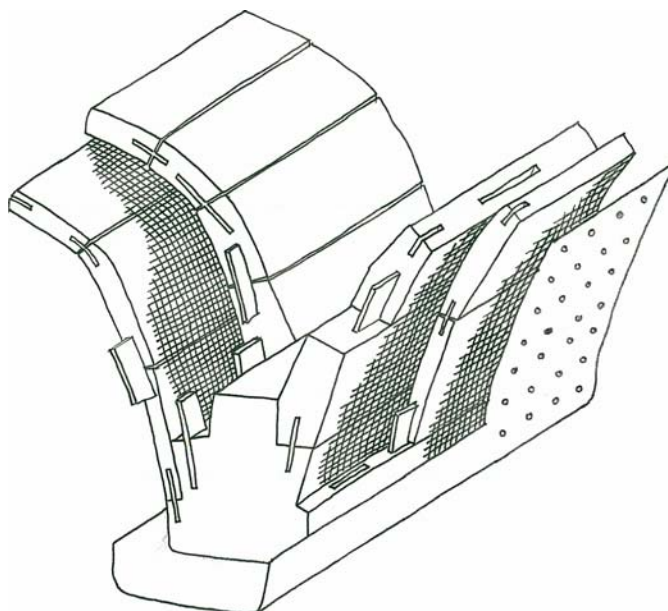


Fig. 20 græsk type med blyplade-forhudning

Andre forsøgte det umiddelbart logiske, at behandle ydersiden af klædningen med en passende "smørelse" som man antog at havdyrene ikke ville angribe.

Uden at tænke på eventuelle miljøbelastninger kan man sige, at det lykkedes at finde billigere metoder end blyplader.

Vi må studere samlingerne og udformningen af det ydre skrog, for at anskueliggøre hvor de kritiske konstruktionsudformninger findes i forhold til angreb af pæleorm og pælekrebs.

37 Litteratur

Ann. Angreb og skader på træ
8. 1964. Aktieselskabet KYMEIA.

Ann. 1921, **Undersøgelser vedrørende pæleorms og pælekrebs angreb ved Skandinaviens kyster og anvendte forebyggelsesmidler**
2, Dansk Ingeniørforening, København.

BALSLEV "Efteruddannelse i røngtenteknik, strålehygiejne og kvalitetsstyring 5", Sønderjyllands Amt, ed..

Becker, G. 1938, "Die Bohrmuschel Teredo, der gefährlichste Holz-zerstörer an deutschen Küsten
7", **Holz als Roh- und Werkstoff**, vol. 1,no. 7, pp. 249-254.

Becker, G. 1958, "Holzzerstörende tiere und Holzschutz im Meerwasser
5", **Holz als Roh- und Werkstoff**, vol. 16, pp. 204-215.

Brendstrup, A. B. 2000, **Measuring Absorption of Calcium Using Radio- and Stable Isotoper**
10, master thesis, The Royal Veterinary and Agricultural University.

Christiansen, J. Bærbare vinderbilleder
16. Ingeniøren , 40-42. 2000. København, Ingeniøren A/S.

Coll, D. M. & et.al. 3D Volume rendering for nephron Sparing Surgery Using a Videotape Display
12. electro medica [1], 18-22. 2001. Berlin, Siemens.

Dansk Ingeniørforening 1956, **Beskyttelsesmidler mod pælekrebs og pæleorm**
12.

Dansk Ingeniørforenings Sektion for vej, v. o. j. 1921, **Undersøgelser vedrørende pæleorms og pælekrebs angreb ved Skandinaviens kyster og anvendte forebyggelsesmidler.**
1741, 1921.

Dansk Radiologisk selskab. vejledninger vedr. radiologiske procedurer
3. 2. 2000. DRS.

Day, T. F. The Rudder. 1906. The Rudder Publishing Co.

- Dietrich, C. F. 3D Abdominal Sonography
13. electro medica [1], 23-29. 2001. Berlin, Siemens.
- Dyerberg, J., Jensen, K. E., Mehlsen, J., & Roving, H. 1998, ***Klinisk kemi, klinisk fysiologi og radiologi***
14, 1 edn, Vedel Print, København.
- Gomme, J. 1997, ***Isotopteknik 1***
15, 1 edn, Gads Forlag, København.
- Greenhill, Dr. B. 1995, ***The Archaeology of Boats and Ships, an introduction***, 2. edn, Conway Maritime Press, London.
- Greenhill, Dr. B. 1996, ***The Earliest Ships*** Conway Maritime Press, London.
- Griffiths, M. 1985, ***Little Ships and Shoals Waters***, 3. edn, Conway Maritime Press, London.
- Hansen, C. 1909, ***Laerebog i Skibsbygning og Skibskonstruktion***
Marineministeriet, Koebenhavn.
- Hasman, A. 1997, "Medical Imaging
4," in ***handbook of Medical Informatics***, 2 edn, J.H.van Bommel & M.A.Musen, eds., Springer, Houten, The Netherlands, pp. 127-146.
- Knudsen, P. 1975, ***Pelemark - marin treborer***
1.
- Kodak røntgen håndbog
1. 4. 1987. Roskilde, KODAK.
- Kramp, P. L. 1921, "Pæleorm og pælekrebs
9", ***Ingeniøren*** p. 287.
- Kramp, P. L. 1938, ***Forsøg over forskellige træsorters modstandsdygtighed overfor angreb af pæleorm og pælekrebs***
13, Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, 124.
- Kühne, H. 1965, "Über Beziehungen zwischen Teredo, Limnoria und Chelura
6", ***Beihafter zu Material und Organismen***, vol. 1, pp. 447-456.
- Kühne, H. "The Identification of wood-boring Crustaceans
3", OECD, Paris, p. 367 pp.
- Kühne, H. & Becker, G. 1964, "Der Holz-Flohkrebs Chelura terebrans Philippi (Amphipoda, Cheluridae)
10", ***Zeitschrift für angewante Zoologie***, vol. 1.
- Landstrøm, B. 2000, ***Skibet*** Gyldendal.
- McKee, E. 1997, ***Working Boats of Britain***, 2. edn, Conway Maritime Press, London.

McMillan, B. 2000, *AAK to Zumbra* The Mariners Museum, Virginia, USA.

Morris, B. Tolderne får røntgensyn
7. Illustreret Videnskab [5], 34-35. 29-3-2001. København, Bonniers
Publications A/S.

Norman, E. 1975, "The time of settlement on the Swedish West Coast of the
wood-boring molluscs *Teredo navalis*, *Psiloteredo megotara* and *Xylophaga*
dorsalis
11", *Material und Organismen*, vol. 3, pp. 531-542.

Rasmussen, S. Nyt isotoppuslespil
9. KVANT [2], 18-20. 1996. Ørsted Laboratoriet, KU.

Steenstrup, E. 1968, "Pæleorm
4", *Naturens Verden*, vol. 1, pp. 1-10.

Steffy, J. R. 1998, *Wooden Ship Building and the Interpretation of Shipwrecks*, 2.
edn, Chatham Publishing, London.

Sundhedsstyrelsen 1989, *Klassifikation af radiologiske procedurer*
8 Stougaard Jensen, København.

Teknologivurdering af forskellige ikke-destruktive metoder for karakterisering af pæleormsangreb i træ

Baggrund

På baggrund af oplysninger fra Olsen Design ApS ønskes foretaget en teknologivurdering af forskellige ikke-destruktive metoder for karakterisering af pæleormsangreb i træ herunder primært træbåde. Antallet af skader forårsaget af pæleormsangreb er efter sigende stigende, idet pæleormenes udbredelsesområde er øget væsentlig indenfor en kortere årrække.

Efter aftale mellem Olsen Design ApS og FORCE Technology vil teknologivurderingen omfatte følgende tre ikke-destruktive metoder:

- Computed Radiography
- Lavfrekvent ultralydundersøgelse
- Termografi

Herudover vil mikrobølger (di-elektricitetsmåling) kort blive vurderet som egnet metode.

Resultatet dokumenteres i form af billeder eller lignende. Desuden vil hver metodes egnethed for on-site brug blive vurderet.

Emner

For undersøgelsen har Olsen Design ApS leveret et stykke pæl af længden 240 mm og en diameter på 145 mm med pæleormsangreb i godt halvdelen af pælen, se figur 1.



Figur 1: Pæl med pæleormsangreb. Udsæringen i fire emner er vist til højre.

Pælen er udskåret i fire emner som vist på figur 1 med emne 2 og 3 på hver 30 mm i tykkelsen. Hver side af de 4 emner er nummereret med henholdsvis 0 og 1. På figur 1 er side 0 til højre. Billeder af de fire emner findes i bilag 1.

Computed Radiography

Teknik

Computed radiography er en digital røntgen teknik specielt udviklet med henblik på on-site brug. Selve optagelsen foregår som ved konventionel filmradiografi. En fosforbaseret folie (film) placeres på bagsiden af emnet, der bestråles forfra med enten et røntgenrør eller en isotop. Den fosforbaserede folie inføres herefter i en skanner. En laser skanner folien med en forudbestemt skanningsopløsning, hvilket bevirker en udsendelse af lys proportional med den afsatte energi (svarende til emnets dæmpningsegenskaber). Det udsendte lys opfanges af to fotomultipliere og konverteres af systemet til digitale data, før det sendes videre til en arbejdsstation for efterbearbejdning. Efter skanning er det muligt igen at nulstille den fosforbaserede folie. Dette gøres i en tilkøbt sletteenhed med gult lys ved en given bølgelængde. Endelig er det muligt at genbruge folien på ny.

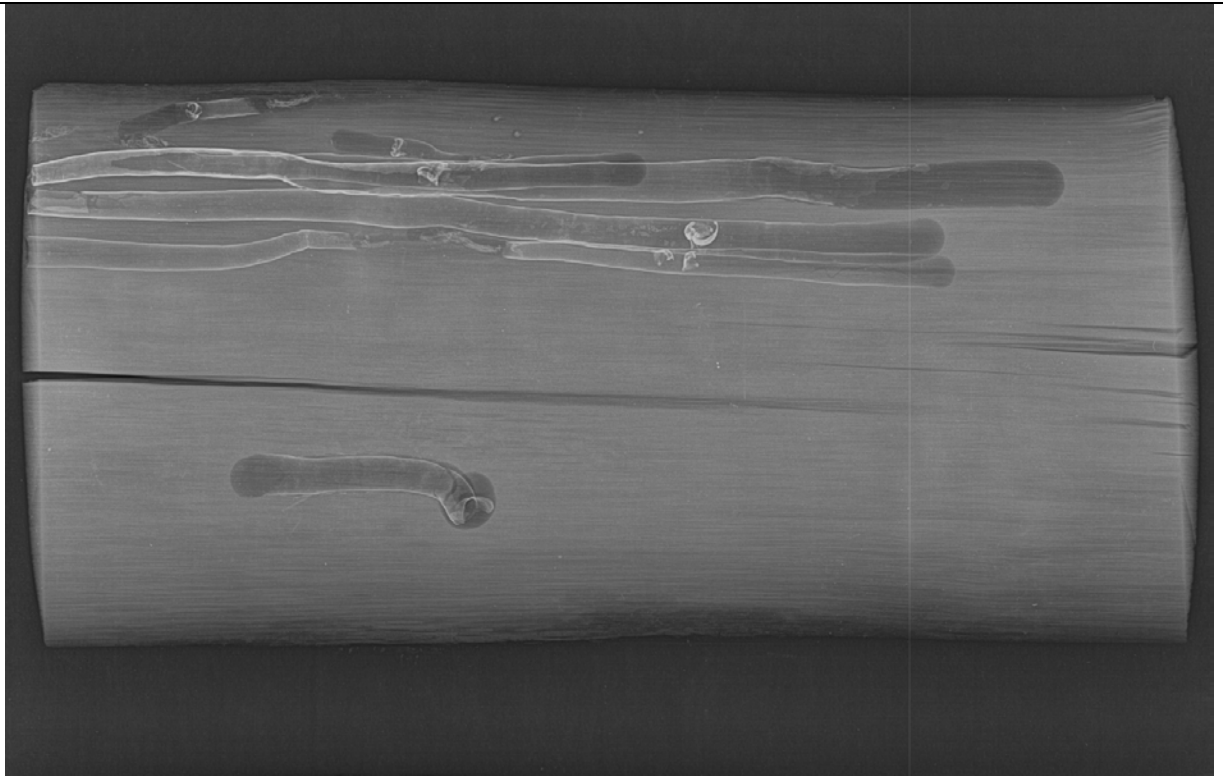
De væsentligste forskelle mellem traditionel filmradiografi og CR er:

- Fosforbaserede folier anvendes i stedet for film
- Fosforbaserede folier har et dynamikområde, der er flere dekader større end film
- Eksponeringstiden kan reduceres helt ned til ca. 5 % af en tilsvarende tid for en Agfa D7 film alt afhængig af materiale og applikation
- Ikke noget behov for fremkalderkemikalier og mørkekamre
- Der er mulighed for efterfølgende billedbehandling såsom kontrastforbedring, støjreducering, kantdetektering, frekvensanalyse, målsætning m.m.
- Enkel arkivering, genfindning og distribution af digitale billeder via internet, e-mail eller diverse lagringsmedier
- Fosforbaserede folier er dyrere end film, men kan genanvendes >1000 gange, og stykprisen per eksponering er derfor lavere end tilsvarende for film

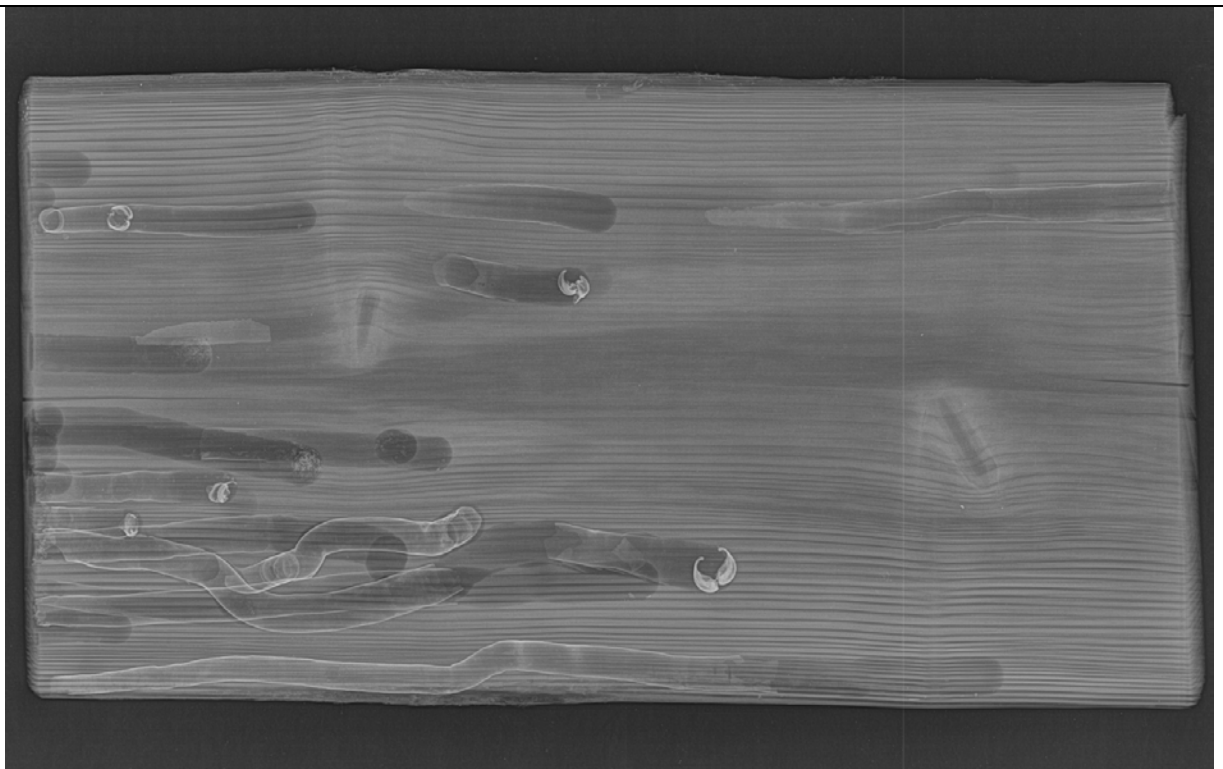
Resultater

De fire emner er alle eksponeret ved 25kV, 2mA i 10s ved en afstand på 1 meter med side 0 mod røntgenkilden og side 1 mod den fosforbaserede folie.

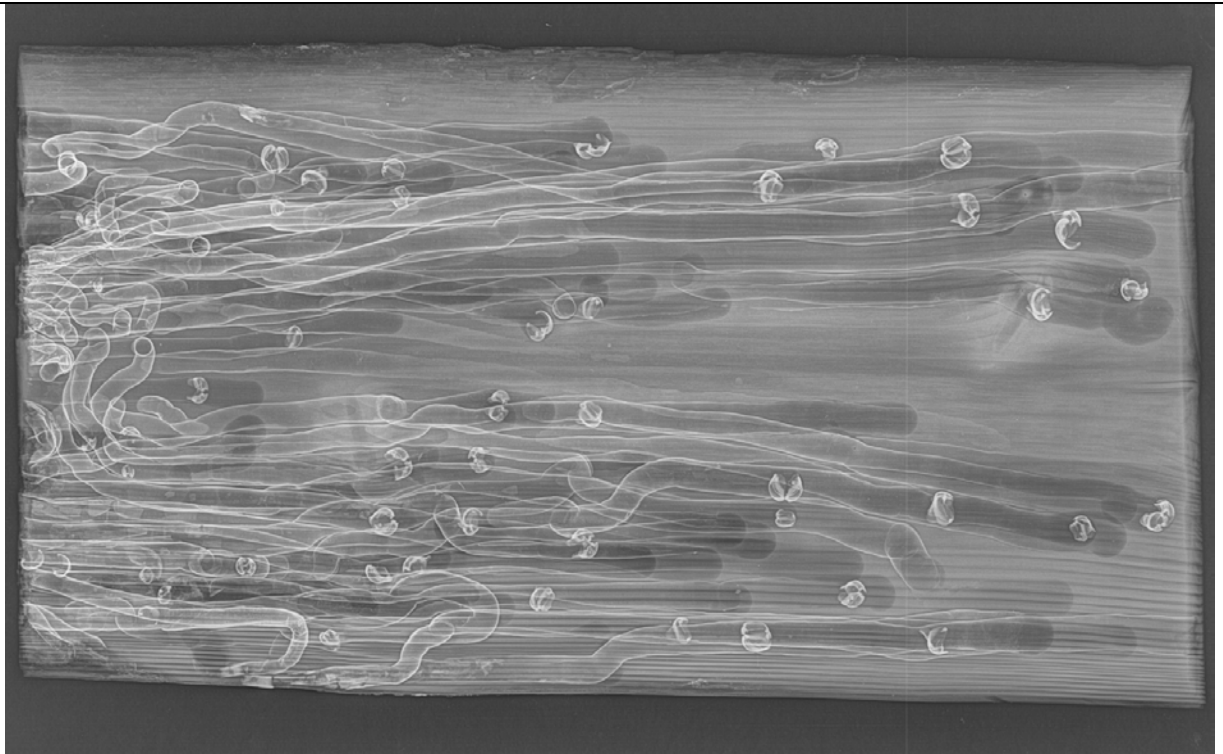
Resultatet af de fire optagelser kan ses af figur 2. Det skal bemærkes at der er foretaget billedbehandling herunder kontrastforbedring, stretching af dynamikområde samt kantdetektering. De her viste billeder er alle 8 bit tif billeder i modsætning til de oprindelige billeder, der alle har en bitdybde på 12 bit. Dette bevirker naturligvis, at de oprindelige billeder indeholder væsentlig mere information end de her viste.



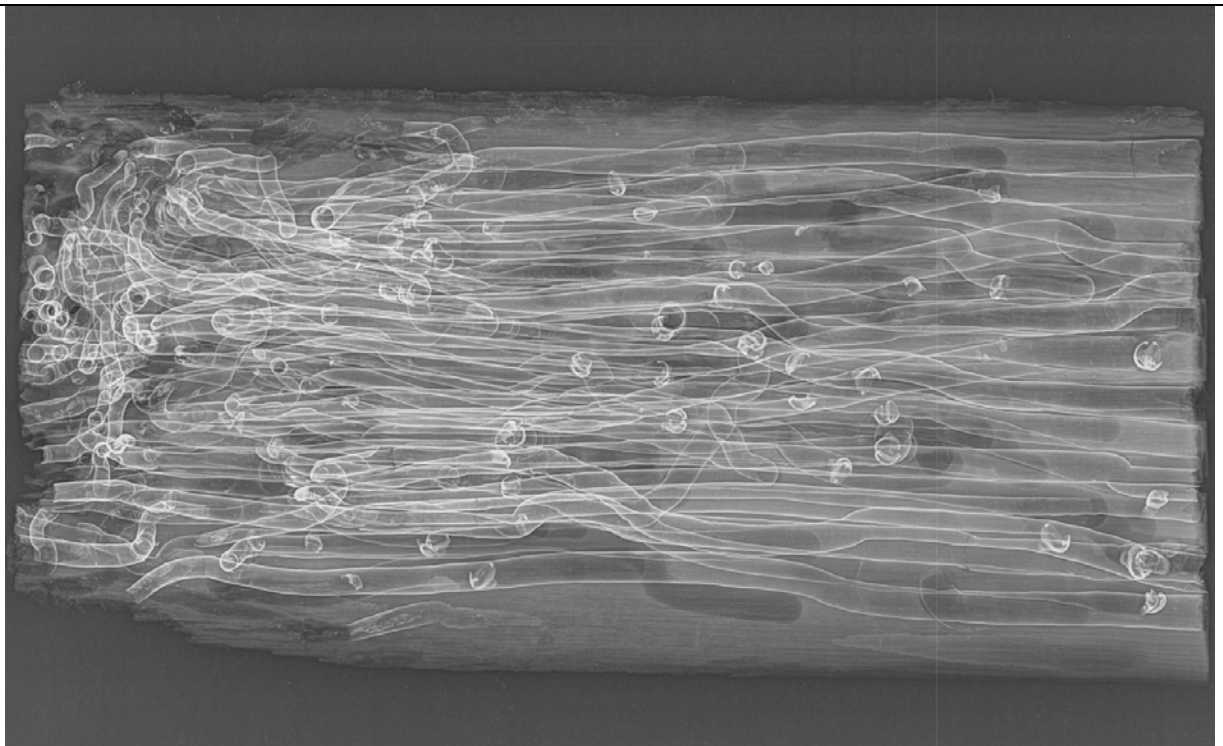
Emne 1.



Emne 2.



Emne 3.



Emne 4.

Figur 2: Computed radiography af de fire emner.

På trods af den forringede bitdybde er gangene forårsaget af pæleorm endog meget tydelige specielt de gange, hvor muslingen har afsat kalkagtige foringer. En total vurdering af træets almene tilstand er også mulig, idet revner, råd m.m. også vil kunne ses og måles.

Egnethed for on-site brug

Metoden er i forhold til undersøgelse af denne type emner udviklingsmæssigt på et niveau, der ikke kræver yderligere udvikling for at kunne anvendes on-site. Følgende gør sig specielt gældende:

- Opstilling, optagelse og vurdering kan foretages af en enkelt person.
- Det anvendte energiniveau er af en sådan størrelse, at krav til afspærring er minimale (maks. få meter).
- Større arealer kan undersøges ved én eksponering ved brug af flere folier på en gang (hver fosforbaseret folie er 430 mm x 350 mm).
- Det er ikke nødvendigt med nogen forudgående rensning eller behandling af emnet.
- Der skal være tilgang fra to sider af emnet (det er dog også muligt ved mindre både at eksponere tværs igennem dem).
- Udstyret kræver ikke specialkøretøj for transport.
- Vurderingen, af om pæleormsangreb er tilstede, kræver ingen specialviden, men kan umiddelbart iagttages af alle.

Lavfrekvent ultralyd

Teknik

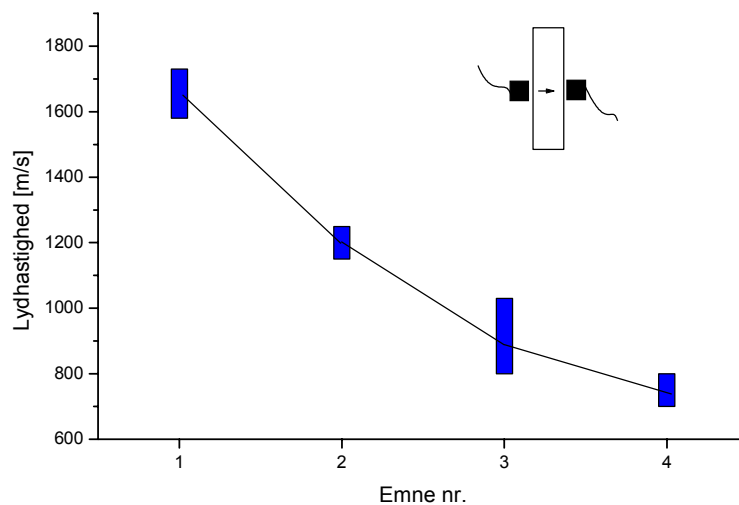
Lavfrekvent ultralyd er mekaniske bølger, der svinger lige over det hørbare område dvs. mellem 18-500 kHz. Teknikker med lavfrekvent ultralyd benyttes i adskillige sammenhænge, f.eks. betonundersøgelser, pga. lydets evne til at trænge dybt ind i materialet. Generelt gælder, at jo lavere frekvens, der benyttes, jo længere ind i materialet kan der hentes information. I modsætning til de to andre teknikker er ultralydens bølger afhængig af det materiale, det udbreder sig i og er i træ afhængig af den retning, hvori den udbreder sig.

Lydhastigheder på tværs af pælen måles med en ultralydstransducer på hver side af pælundskæringerne. Til formålet benyttes to transducere med centerfrekvenser omkring 54 kHz, hvilket sikrer et tilstrækkeligt godt signal.

Lydhastigheden målt på langs af stavene er bestemt med et håndbåret apparat, der har to spidser, der kan trænge ind i træet. Sidstnævnte sikrer en god kontakt til emnet.

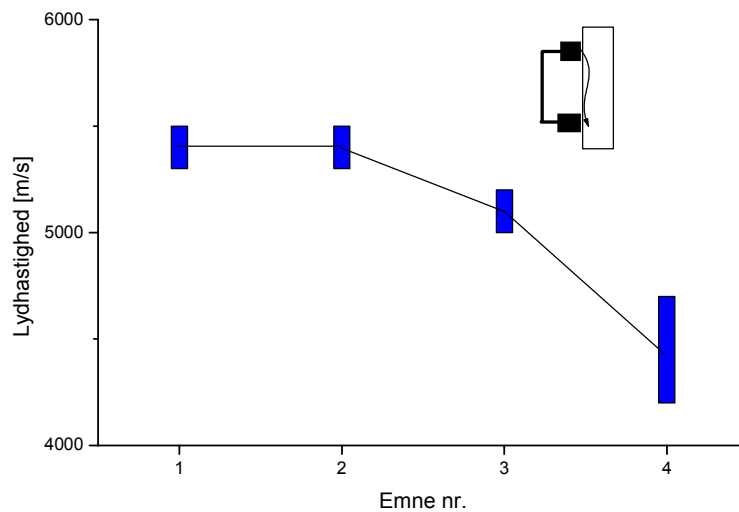
Resultater

Figur 4a viser lyd hastigheder på tværs af de fire pælundskæringerne. Alle målinger er foretaget midt på de fire emner. Det blå interval antyder, at der kan være en relativ usikkerhed på målingerne, hvilket hænger sammen med, hvordan ultralydtransducere holdes ind til emnet. Figuren antyder også, at der er en sammenhæng mellem lyd hastigheden på tværs af emnet og hvor mange pæleormsangreb, der er til stede i udkæringen. Den lavere lyd hastighed for et angrebet emne kan forklares med en mindre stivhed i emnet. Mange pæleormsangreb kan derfor ses på et ultralyd-udstyr ved at lyd hastigheden er lavere end for et sundt emne.



Figur 4a. Lyd hastighed målt på tværs af de fire emner.

En lignende sammenhæng er vist i figur 4b, hvor lyd hastigheden er målt på langs af emnerne. Denne sammenhæng på langs er generelt mindre end på tværs af stolperne, hvilket hænger sammen med pæleormenes foretrukne udbredelsesretning, som er langs med træets årer. Her er træet blødere og lettere tilgængeligt.



Figur 4b. Lydhastighed målt på langs af de fire emner.

Egnethed for on-site brug

Metoden er i forhold til undersøgelse af denne type emner udviklingsmæssigt på et niveau, der kræver yderligere udvikling for at kunne anvendes on-site. Følgende gør sig specielt gældende:

- Opstilling, optagelse og vurdering kan foretages af en enkelt person.
- Der kræves ikke nogen form for afskærmning.
- Udstyret kræver ikke specialkøretøj for transport.
- Udstyret er relativt enkelt og billigt.
- Meget anvendeligt til hurtige stikprøver rundt omkring på emnet.

- Lydhastigheden afhænger af transducernes placering og vedhæftning.
- Det er ofte nødvendigt med en forudgående rensning eller behandling af emnet for at sikre end tilstrækkelig overførsel af lyd til emnet.
- Der skal i visse sammenhænge være tilgang fra to sider af emnet.
- Vurderingen af, om pæleormsangreb er tilstede, kræver specialviden.

Termografi

Teknik

Termografi er en teknologi, der er specielt velegnet til on-site inspektion. Teknologien bygger på det faktum, at ethvert legeme udsender elektromagnetisk stråling, der afhænger af legemets temperatur. Stiger legemets temperatur, forøges strålingsintensiteten samtidig med at bølgelængden bliver kortere.

Er bølgelængden i området 2-12 mikrometer svarer det til infrarød stråling, der ikke kan ses med det blotte øje. Derfor benyttes et termografikamera til optagelserne af disse varmestråler. Termografikameraet minder i sin udformning meget om et almindeligt videokamera og resultaterne kan derfor vises som videobilleder. En anden fordel er, at emnet kan inspiceres fra en side og således ikke behøver adgang fra to sider.

Ofte benyttes en ekstern varmekilde til at hæve emnets temperatur over omgivelsestemperaturen. Dette kan være en almindelig lampe eller en mere avanceret kilde, der kun udstråler energi i et bestemt bølgelængdeområde. Den forøgede varmetilførsel vil kunne give et bedre kontrastforhold i billedet.

Resultater

De fire emner er belyst med en lampe, der afgiver en effekt på 60W. Lampe og termografikamera er placeret ca. 60 cm fra emnet.

Billederne fra optagelserne kan ses på figur 3. Orienteringen af billederne er som vist i bilag 1. Dog er kun ca. halvdelen af hvert emne med på figur 3. Dette kan selvfølgelig ændres afhængig af optageafstand, anvendt optik og varmekilde. Billederne er vist uden nogen form for digital efterbehandling. Det fremgår af billederne at teknologien kan benyttes til at afsløre tilstedeværelse af pæleormsangreb.

Egnethed for on-site brug

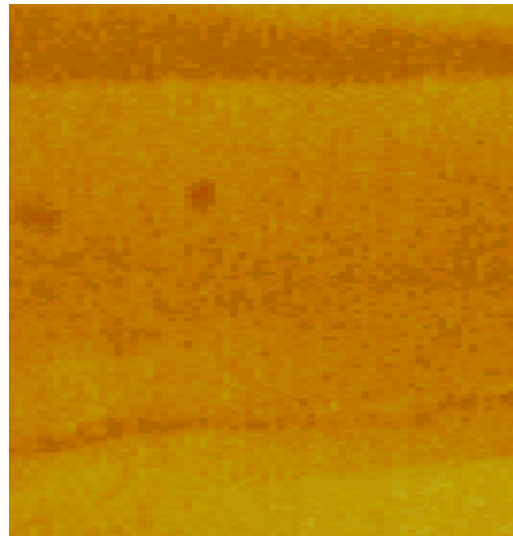
Metoden kan benyttes, som den foreligger og kan forbedres væsentligt ved at optimere varmekilden, således at kontrasten forbedres. For teknologien gælder specielt:

- Opstilling, optagelse og vurdering kan foretages af en enkelt person.
- Det er ikke nødvendigt med afspærring. Metoden er uskadelig.
- Større arealer kan undersøges ved at anvende passende optik.
- Det er kun nødvendigt med tilgang fra en side.
- Udstyret kræver ikke specialkøretøj for transport.
- Vurderingen af, om pæleormsangreb er tilstede, kræver ingen specialviden, men kan umiddelbart iagttages af alle.

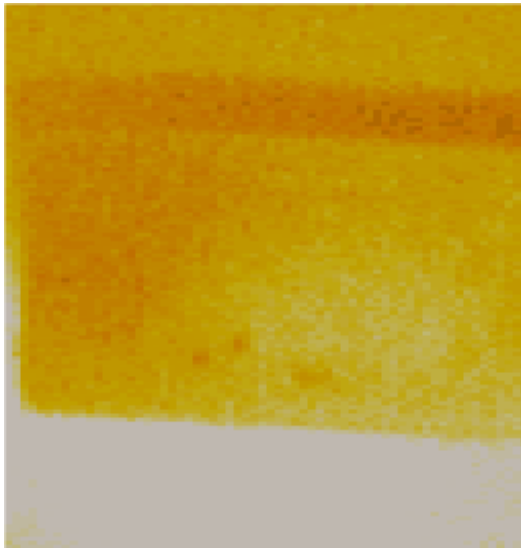
- Det kan være nødvendigt med en forudgående rensning eller behandling af emnet.
- Metoden er afhængig af blæst og regn.
- Termografi er at betragte som en hurtig metode til at betragte overfladen af et emne, idet indtrængningsdybden er begrænset til få millimetre afhængig af emnets varmeledningsevne.



Emne 1, side 0



Emne 1, side 1



Emne 2, side 0

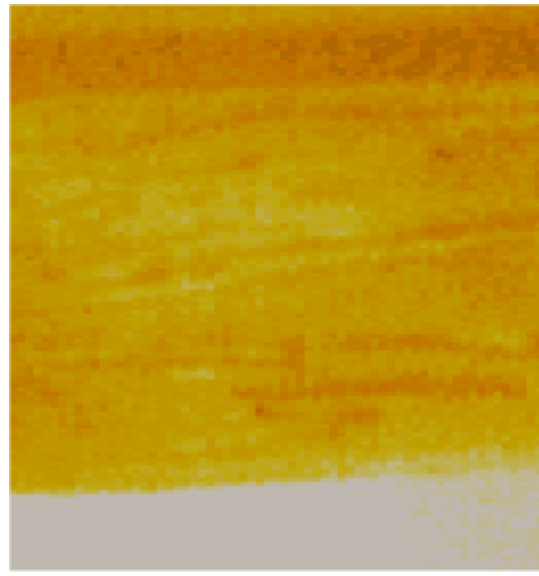


Emne 2, side 1

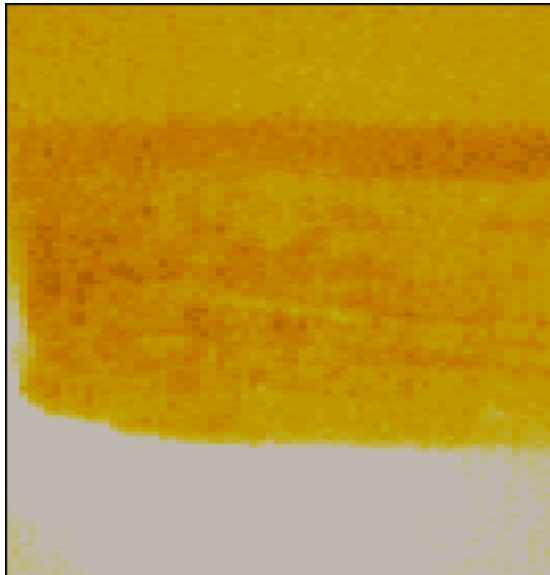
Figur 3a. Termografisk billede af to pæludskæringer.



Emne 3, side 0



Emne 3, side 1



Emne 4, side 0



Emne 4, side 1

Figur 3b. Termografisk billede af to pæludskæringer.

Mikrobølger

Teknik

Mikrobølger er elektromagnetiske bølger med bølgelængder i luft i området fra 1 m ved 300 MHz til 1 mm ved 300 Ghz. Mikrobølger anvendes f.eks. i radar anlæg og ikke mindst kendt i forbindelse med opvarmning af fødevarer i mikrobølgeovnen. I sidstnævnte udnyttes vands egenskab med høj absorption af mikrobølgernes energi.

Et måleprincip med mikrobølger er at placere et måleobjekt imellem to antenner – en afsenderantenne og en modtagerantenne, hvorved bølgerne passerer igennem objektet. Det modtagne signal kan så sammenlignes med det afsendte mht. amplitude og faseforskel.

Transmissionen af bølgerne gennem mediet afhænger af mediets dielektricitetskonstant og dermed materiale sammensætning og densitet. F.eks. er det ved måling af mikrobølger gennem træstave observeret, at træets årer samt specielt knaster påvirker mikrobølgerne i højere grad end det øvrige træ.

Bølgelængden af mikrobølgerne skal være mindre end diameteren af pæleormsgangene, for at opnå indflydelse på transmissionen fra disse kaviteter. Et pæleormshul på ca. 5 mm nødvendiggør anvendelse af mikrobølger med frekvenser omkring 50 GHz.

Egnethed for on-site-brug

Metoden er i forhold til undersøgelse af denne type emner udviklingsmæssigt på et niveau, som kræver yderligere udvikling for at kunne anvendes, specielt on-site. Følgende gør sig specielt gældende:

- Målingen er meget afhængig af antennernes indbyrdes placering.
- Målingerne er meget afhængige af fugtsituationen i træet. Målinger kan ikke gennemføres på vådt og fugtigt træ, da vandindholdet i træet vil påvirke mikrobølgerne meget mere end evt. ormehuller.
- Det er nødvendigt med rensning af emnet. Ellers vil malingen påvirke mikrobølgetransmission.
- Mikrobølge udstyr til anvendelse i fri luft skal typegodkendes, idet der er krav til bl.a. maksimal udsendt effekt og frekvensområde for de udsendte mikrobølger.

Bilag 1: Billeder af de fire emner med markering af side 0 og 1.

Emne 1, side 0



Emne 1, side 1



Emne 2, side 0



Emne 2, side 1



Emne 3, side 0



Emne 3, side 1



Emne 4, side 0



Emne 4, side 1

Billedmateriale, digitalt kan bestilles hos:

Olsen Design ApS
Skærbæk Havnegade 25, Skærbæk
DK - 7000 Fredericia

Telefon.: +45 7556 3650

Fax.: +45 7556 3648

Email: sco@olsendesign.dk