

RAPPORT

Joakim Norén

Virkeskvalitet -Bärförmåga vid brand Del 1

*The Load-Bearing Capacity
of Structural Timber in Fire
Part 1*

Träteknik

Joakim Norén

VIRKESKVALITET - BÄRFÖRMÅGA VID BRAND

Del 1

The Load-Bearing Capacity of Structural Timber in Fire. Part I.

TräteknikCentrum, Rapport I 8711072

Nyckelord

*charring
grades
knots
load bearing capacity
structural lumber*

Stockholm december 1987

Rapporter från TräteknikCentrum är kompletta sammanställningar av forskningsresultat eller översikter, utvecklingar och studier. Publicerade rapporter betecknas med I eller P och numreras tillsammans med alla utgåvor från TräteknikCentrum i löpande följd.

Rapporter kan som regel beställas kostnadsfritt i ett exemplar av medlemsföretag. Ytterligare beställda exemplar faktureras.

Citat tillåtes om källan anges.

Reports issued by the Swedish Institute for Wood Technology Research comprise complete accounts for research results, or summaries, surveys and studies. Published reports bear the designation I or P and are numbered in consecutive order together with all the other publications from the Institute.

Member companies may generally order one copy of any report free of charge. A charge will be made for any further copies ordered.

Extracts from the text may be reproduced provided the source is acknowledged.

TräteknikCentrum betjänar de fem industrigrenarna sågverk, trämanufaktur (snickeri-, trähus-, möbel- och övrig träbearbetande industri), träfiberskivor, spånskivor och plywood. Ett avtal om forskning och utveckling mellan industrin och Styrelsen för Teknisk Utveckling (STU) utgör grunden för verksamheten som utförs med egna, samverkande och externa resurser. TräteknikCentrum har forskningsenheter, förutom i Stockholm, även i Jönköping och Skellefteå.

The Swedish Institute for Wood Technology Research serves the five branches of the industry: sawmills, manufacturing (joinery, wooden houses, furniture and other woodworking plants), fibre board, particle board and plywood. A research and development agreement between the industry and the Swedish National Board for Technical Development (STU) forms the basis for the Institute's activities. The Institute utilises its own resources as well as those of its collaborators and other outside bodies. Apart from Stockholm, research units are also located in Jönköping and Skellefteå.

I N N E H Å L L S F Ö R T E C K N I N G

	<u>Sid</u>
SAMMANFATTNING	3
INTRODUKTION	4
FÖRKOLNING - ORIENTERANDE STUDIE	5
EXPERIMENT	6
Val av provmaterial	6
Val av lastnivå	9
Brandprovning	10
RESULTAT OCH UTVÄRDERING	12
Tid till brott vid brand	12
Brottbeteende	15
Bärförmåga - Termiska effekter	15
SLUTSATSER	19
REFERENSER	20
SUMMARY	21

Arbetet ingår som en del i forskningsprogrammet "Träkonstruktioner och brand" som finansieras gemensamt av STU, BFR, Brandforsk och Träteknik.

SAMMANFATTNING

Virkeskvalitetens inverkan på konstruktionsvirkes bärförmåga vid brand har studerats genom brandförsök. Ett avsnitt i mitten av provkropparna, med för hållfastheten avgörande kvistar, har belastats med ett konstant böjande moment under samtidig brandpåverkan. Konstruktionsvirke av gran av olika kvalitet har använts i studien. Försöken har genomförts i en liten ugn.

För att begränsa antalet prov har en metod att matcha virke använts där par av två sinsemellan "lika" prov har tagits ut. Ett prov har använts för referensvärde på styrka vid normal temperatur och ett för brandprovning. Belastningen vid brand har valts till en tredjedel av referensprovets korttidshållfasthet bestämd enligt standardprovning.

Två metoder användes vid jämförelse av kvaliteterna, dels tiden till brott, dels reduktionen i hållfasthet p g a de termiska effekterna. Någon skillnad kunde inte påvisas med någon av metoderna.

INTRODUKTION

Vid dimensionering av bärande träkonstruktioner behandlas idag trä ur de olika hållfasthetsklasserna lika med avseende på brandmotstånd. Om detta återspeglar det verkliga beteendet har inte studerats men är viktigt att känna till både för en mer nyanserad syn på träkonstruktioners brandmotstånd och som underlag för de teoretiska beräkningsmodeller som f n utvecklas.

Tillgängliga värden på styrka hos trä vid höga temperaturer och varierande fukttinnehåll avser virke utan kvistar (Gerhards, 1981; Østman, 1985). Det samma gäller förkolningshastighet i trä (Schaffer, 1967). Det är osäkert i vilken utsträckning sådana värden för helrent trä kan tillämpas på konstruktionsvirke av vanlig kvalitet där lokala kvistar avgör hållfasthet och dimensioneringsvärden. Några studier av denna fråga har inte påträffats i litteraturen.

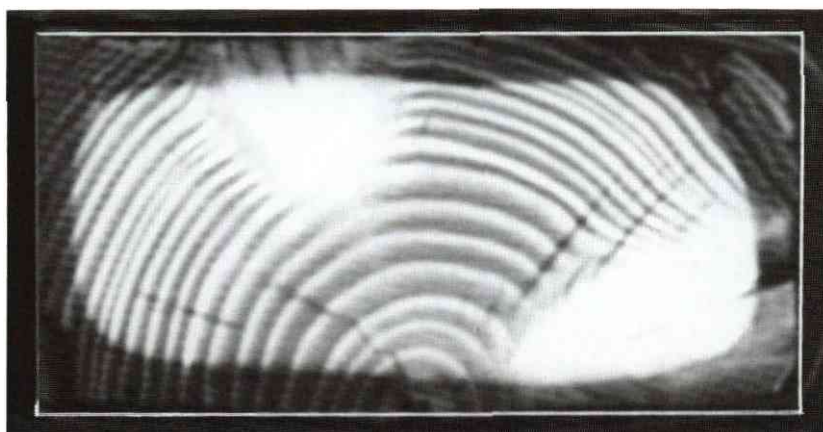
Avsikten med denna undersökning har primärt varit att i en förstudie bedöma om kvaliteten hos konstruktionsvirke påverkar reduktionen av bärförmågan vid brand. Studien har huvudsakligen utförts genom mätningar av tid till brott för virke samtidigt utsatt för böjbelastning och brand. Den är inriktad på virke med kvistar av olika storlek, konstant belastat till utvalda nivåer av spänning i relation till korttidshållfasthet bestämd vid rumstemperatur.

FÖRKOLNING - ORIENTERANDE STUDIE

Förkolningen vid kvist hos obelastat virke av gran och furu studerades i en inledande försöksserie. Virkesstycken placerades i en ugn utan belastning (se kapitel Experiment) och utsattes för en termisk påverkan som motsvarar tid-temperaturkurvan enligt ISO 834 och SIS 02 48 20. Försöken avbröts efter en bestämd tid, 10 eller 15 min, varefter provkropparna kylades med vatten för att förhindra ytterligare förkolning.

Förkolningen studerades dels på uppsågade tvärsnitt, dels på fotografier tagna i en datortomograf (Hägglund och Lindgren, 1987). Nedan visas exempel på ett tvärsnitt genom en provkropp av gran som har utsatts för brandpåverkan under 15 minuter. De mörka partierna motsvarar avsnitt med låg densitet, t ex kolskikt och sprickor. Avsnitt med högre densitet, t ex kvistar, avbildas ljusare.

Av figuren framgår att förkolningen går något långsammare i kvisten och i området närmast kvisten än i den vanliga stamveden. Detta kan förklaras av kvistarnas höga densitet och hartsinnehåll. Hos gran och furu är densiteten i kvistved generellt ungefär dubbelt så stor som i stamved. Den genomsnittliga hartshalten är i furukvist 34 % av virkets torra vikt och i grankvist 14 %, vilket är betydligt högre än i stamved, där hartshalten är 3,7 % respektive 1,5 % (Boutelje, 1966). Även hartsmängden nära en kvist är något högre än mängden harts i det övriga stamvirket.

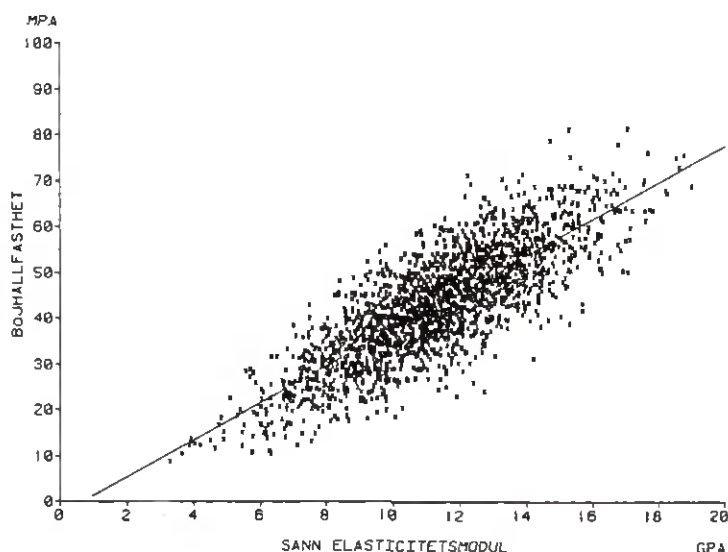


Exempel på brandpåverkat tvärsnitt fotograferat i datortomograf. Ljusa partier är områden med hög densitet, t ex sommarved och kvist. Områden med låg densitet är mörka, t ex vårved och kol. Den ljusa linjen markerar ursprungligt tvärsnitt.

EXPERIMENT

Val av provmaterial

En förutsättning för att nå meningsfulla resultat med brandprovningen är att belastningsnivån relateras till virkets hållfasthet vid normal temperatur och fuktkvot. För detta behövs i grupper med enhetligt material, som belastas till brott på normalt sätt (vid rumstemperatur) respektive under brand. En metod är att använda två relativt stora grupper av virke med egenskaper som anses motsvara lika hållfasthetsfördelning i grupperna. Enbart hänvisning till hållfasthetsstörning är inte tillräcklig eftersom den skattade hållfastheten är alltför osäker. Figur 1 visar exempel på spridningen i sambandet mellan böjhållfasthet och elasticitetsmodul bestämd på höjkant (Brundin, 1981).

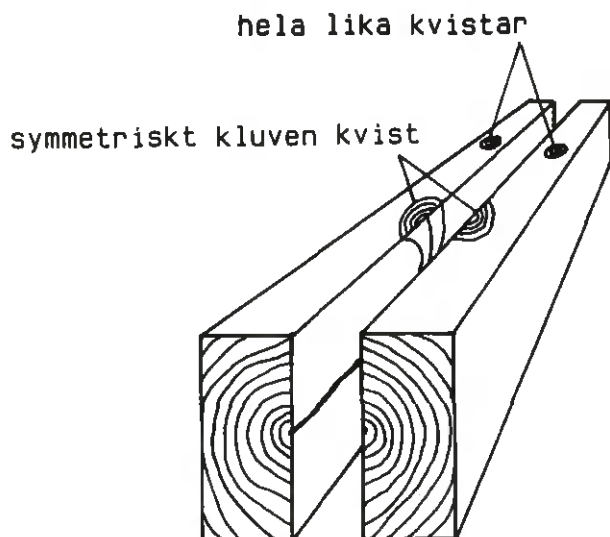


Figur 1. Sambandet mellan böjhållfasthet och elasticitetsmodul för 2219 virkesstycken av furu och gran med dimensionerna 38 x 150, 50 x 100, 50 x 150 och 50 x 200 mm (Brundin, 1981).

För att reducera antalet prov tillämpas så kallad parmatchning, d v s uttagning av par av två sinsemellan "lika" prov ur samma stock, ett för referensvärde på styrka, ett för brandprovning. Uttagningsmetoden har tidigare använts för jämförelse av tid till brott vid olika belastningsnivåer vid normal temperatur (Norén B., 1985).

Två grupper av virke togs ut, dels virke av låg kvalitet med för hållfastheten avgörande kvistar, dels virke av hög kvalitet utan kvist eller med endast små kvistar. Virket togs ut direkt vid ett sågverk (Nyby Såg). Två parvis "lika" prov erhöles från samma längdsnitt och symmetriskt i förhållande till mörgen i stocken. Såväl symmetriskt kluvna kvistar som hela lika kvistar förekom, se figur 2.

Allt virke var med ett undantag gran (*Picea abies*). Det konditionerades vid 20 °C och 80 % RF, vilket gav ca 17 % fuktkvot, och bearbetades till slutdimensionerna 45 x 120 x 2300 mm.



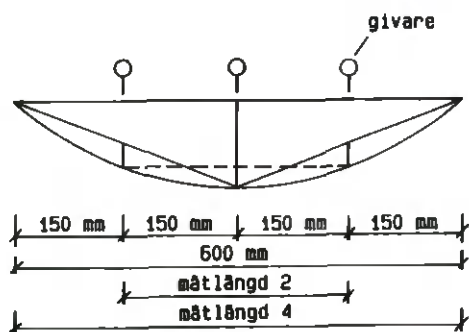
Figur 2.

Exempel på märkeklivet virke med symmetriskt kluven kvist respektive hela lika kvistar.

Samtliga provers böjstyvhet på högkant bestämdes i mittzonen genom att nedböjningen mättes över 600 mm längd i tre positioner, förskjutna 150 mm, se figur 3. Kvistar avgörande för hållfastheten placerades vid styvhetsmätningen på provets dragna sida. Resultaten användes för att skatta hållfasthetsavvikelser mellan proven inom de matchade paren.

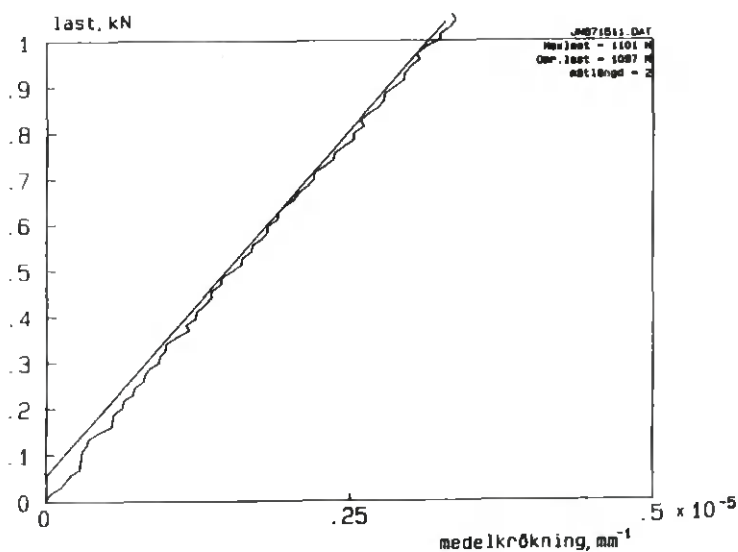
I figur 4 ges exempel på sambandet mellan krökningen för mätlängd nr 2 (300 mm) och belastningen (maximerad till 1/10 av uppskattad bärförmåga). Från lutningen på den heldragna linjen har provets medelböjstyvhet bestämts.

I tabell 1 ges kvoterna av böjstyvhetsvärdena för samtliga virkespar upplade på "helreana" prov, 17 st, och prov med kvist, 20 st. Par med styvhetsrelation 0,8 - 1,25 mellan individerna har godtagits för hållfasthetsprovning. Skillnaden i densitet mellan grupperna är liten, vilket också gäller spridningen i densitet inom respektive grupp.



Figur 3.

Givare och mätlängder för bestämning av medelkrökning.



Figur 4.

Exempel på sambandet mellan medelkrökningen och belastningen (prov nr 1511). Från lutningen på den heldragna linjen har provets medelböjstyvhet bestämts.

TABELL 1. Karakteristik av provmaterial.

Prov nr	Kvot av böj- styvhet	Densitet ^{1,2)} kg/m ³	Fuktkvot ¹⁾ %	Anm
Helrena prov				
211/ 212	0,98	510	17,2	
221/ 222	0,85	515	17,2	
411/ 412	1,17	455	17,2	
421/ 422	1,16	460	17,2	
511/ 512	1,04	480	17,1	
521/ 522	0,89	500	17,1	
911/ 912	1,00	520	17,2	
921/ 922	1,14	540	17,4	
1011/1012	1,10	460	17,6	
1021/1022	1,17	465	17,6	
1221/1222	0,97	460	17,4	
1911/1912	1,15	450	17,2	
1921/1922	0,95	455	17,2	
2221/2222	0,96	575	17,2	
2311/2312	0,90	520	17,2	
2321/2322	1,00	535	17,2	
3621/3622	0,93	475	17,1	
Medelvärde	1,02	493	17,3	
Standardavv.	0,11	37	0,2	
Prov med kvist				
311/ 312	1,25	520	18,0	
611/ 612	0,95	435	16,9	
711/ 712	0,91	490	17,0	
1111/1112	1,11	515	17,1	
1311/1312	0,85	590	17,3	
1511/1512	1,04	535	16,2	Furu
1611/1612	1,19	425	17,0	
1711/1712	0,95	505	17,5	
1811/1812	0,90	515	17,4	
2011/2012	1,12	490	17,1	
2511/2512	0,91	525	17,1	
2611/2612	1,19	540	17,5	
2811/2812	1,11	545	17,9	
3011/3012	1,10	440	16,9	
3111/3112	0,96	505	17,1	
3121/3122	0,96	485	17,1	
3211/3212	0,96	440	17,0	
3411/3412	1,00	465	16,8	
3511/3512	0,98	475	16,9	
3711/3712	1,21	520	16,9	
Medelvärde	1,03	498	17,1	
Standardavv.	0,12	42	0,4	

1) Gäller prov avsedda för brandförsök.

2) Vid jämviktsfuktkvot, ca 17 %.

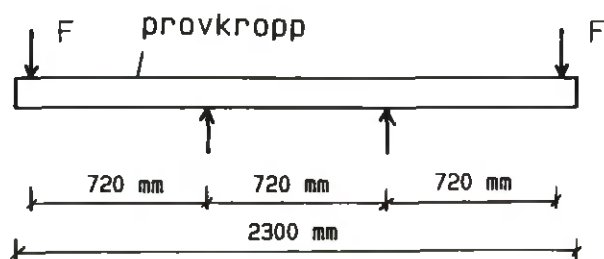
Prov med styvhetsrelation mellan individerna utanför intervallet 0,8 - 1,25 har uteslutits (totalt 11 prov).

Val av lastnivå

För val av lastnivå vid brandprovningen bestämdes först korttidshållfastheten genom standardprovning av referensprovet i varje par. Provningsuppställningen framgår av figur 5. Avståndet mellan lasterna är 6 gånger tvärsnittshöjden (720 mm) och nedböjningshastigheten under lasterna 6 mm/min.

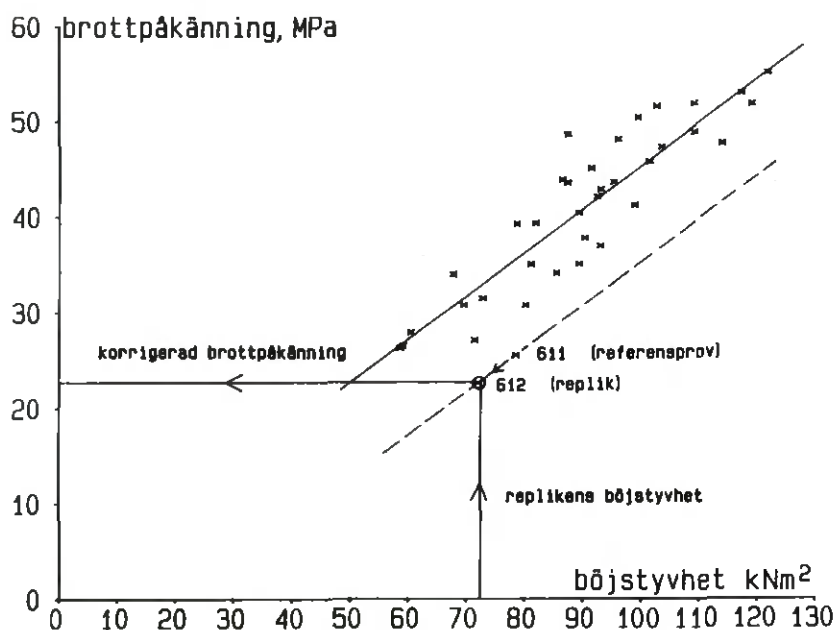
Figur 6 visar referensprovets böjbrottpåkänning som funktion av böjstyvheten (bestämd vid styvhetsmätningen) inom mätlängd nr 4 (600 mm). Brottlasten för den för brandprovning avsedda repliken sattes därefter lika med referensprovets brottlaster efter linjär korrigering för skillnad i böjstyvhet. Principen framgår av figur 6.

Belastningen vid brandpåverkan valdes slutligen till en tredjedel av den korrigerade brottlasten, vilket ungefär motsvarar tillåten korttidslast.



Figur 5.

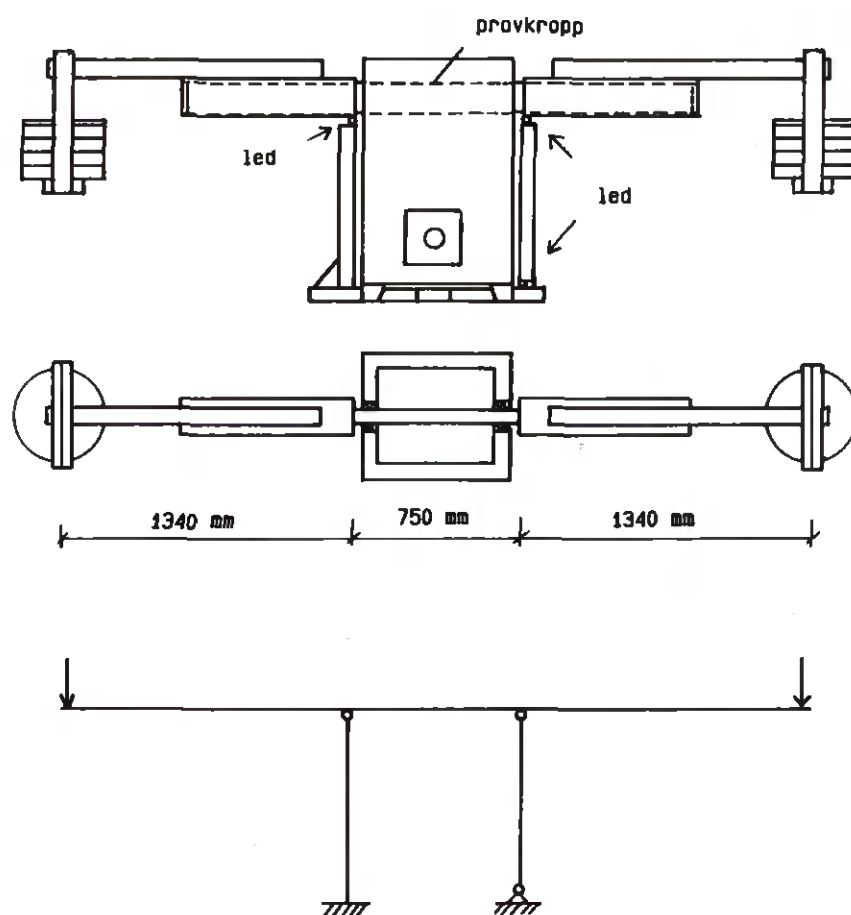
Uppställning för bestämning av korttidshållfasthet enligt standardprovning.



Figur 6. Referensprovets böjbrottpåkänning som funktion av böjstyvheten över mätlängd nr 4 (heldragen linje), enligt figur 3. Inritade pilar anger princip för beräkning av brottpåkänning för ett för brandbelastning avsett prov (nr 612) ur referensprovets (nr 611) brottpåkänning. Streckad linje motsvarar heldragen linje parallellförskjuten genom det enskilda referensprovet.

Brandprovning

Försöken med brandpåverkan under last har genomförts i en liten ugn med en belastningsanordning. Provningsuppställningen framgår av figur 7.



Figur 7. Övre: Ugn med belastningsanordning.
Undre: Statiskt verkningsätt hos belastningsanordning.

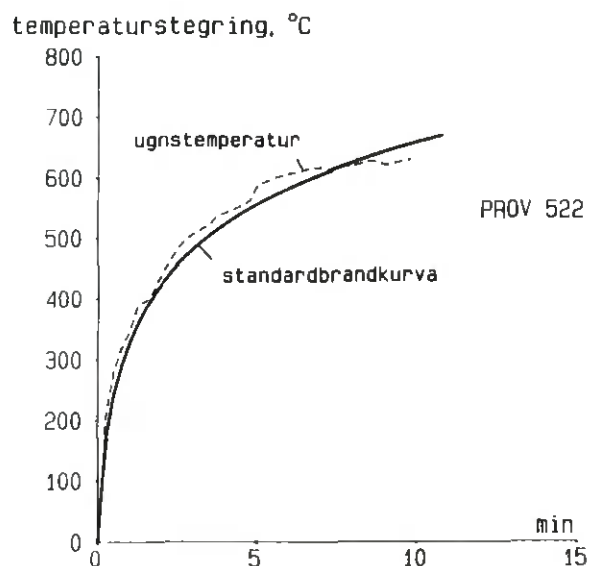
Ugnen, som tidigare använts för att bestämma brandmotstånd hos beklädnads-skivor (Norén och Östman, 1985), har modifierats så att provkroppar kan ut-sättas för brandpåverkan under statisk belastning. Den ursprungliga ugnen har byggts på 300 mm på höjden och försetts med öppningar på kortsidorna. Detta gör det möjligt att placera en provkropp genom ugnen. I ugnen utsätts provkroppen för brandpåverkan från fyra sidor på en längd av ca 450 mm. Den termiska påverkan motsvarar tid-temperaturkurvan för standardbrand enligt ISO 834 och SIS 02 48 20, se figur 8.

Två viktbelastade hävarmar ger provkroppen ett konstant böjande moment mel-lan upplagen, d v s i området där ugnen är placerad. En led under det ena stödbenet för hävarmen möjliggör horisontella längdändringar hos provkrop-pen. Figur 9 visar ett belastat prov innan brandförsöket startar.

Provkropparna placerades i provningsriggen och belastades stegvis upp till bestämd lastnivå som uppnåddes efter ungefär en till två minuter. Lasten fick sedan vila ytterligare ett par minuter innan brandförsöket påbörjades.

Temperaturen i ugnen registrerades under försöken i dator var 15:e sekund.

Under försöken bestämdes nedböjningen på avståndet 1,1 m från ena upplaget samt tid till brott. Tid till brott definieras som tiden från brandförsökets start till dess att nedböjningen ökar kraftigt och kollaps inträffar enligt figur 10. Provkropparna kylades sedan omedelbart med vatten för att förhindra ytterligare förkolning.



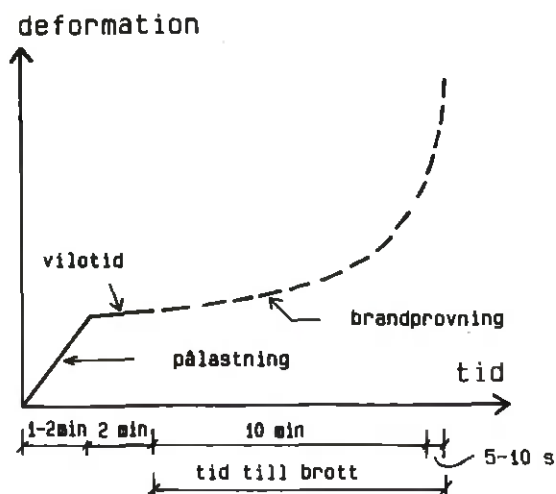
Figur 8.

Standardbrandkurva enligt ISO 834 och ett typiskt exempel på uppmätt ugnstemperatur (prov 522).



Figur 9.

Belastat prov innan brandförsök. Ugnens översida är fortfarande öppen.



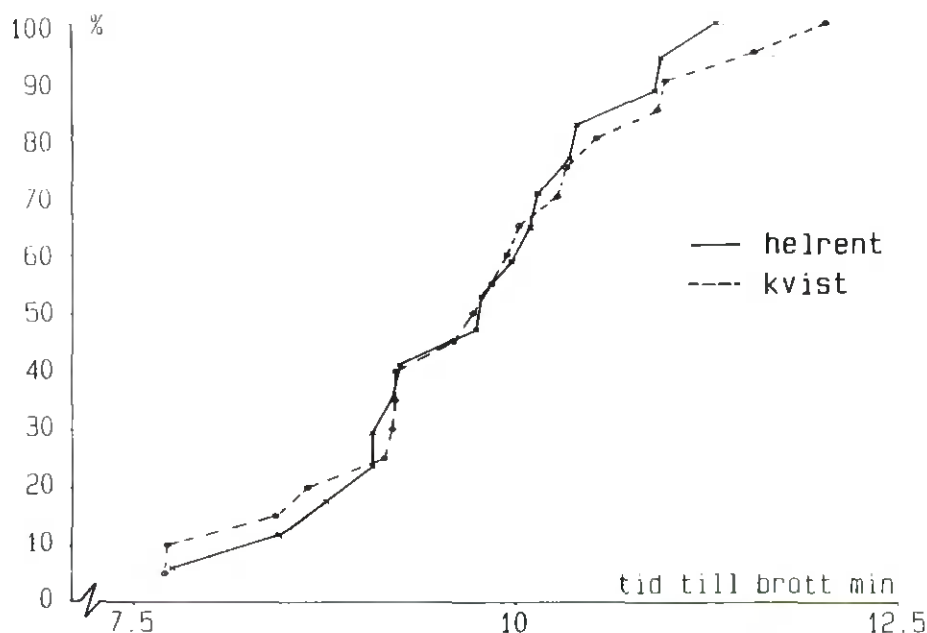
Figur 10.

Deformation 1,1 m från uppläg som funktion av tiden.

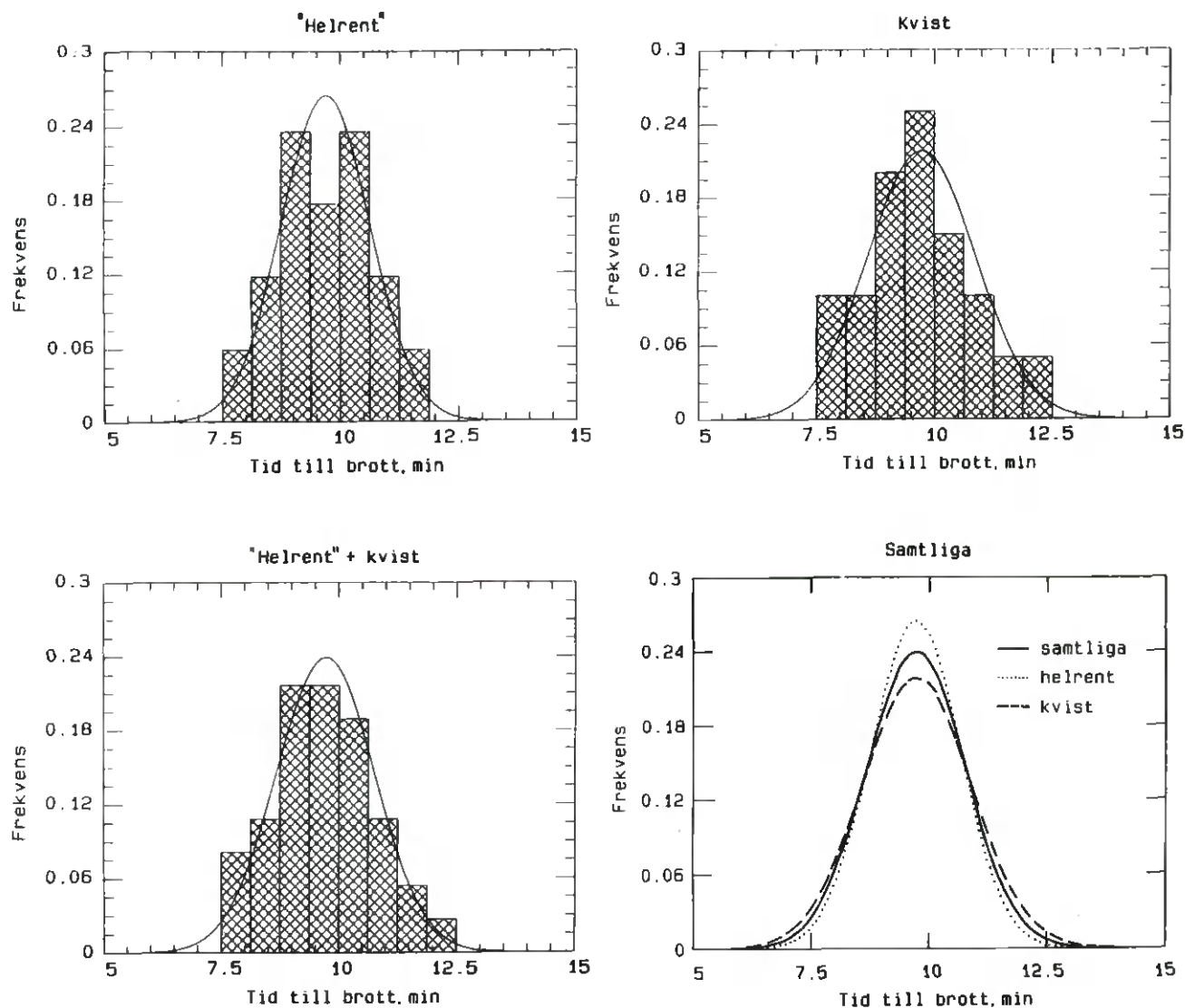
RESULTAT OCH UTVÄRDERING

Tid till brott vid brand

Tid till brott vid brand är den parameter som enklast karakteriserar eventuella skillnader i bärförmåga. I figur 11 ges den relativa fördelningen över tid till brott för det oklassade materialet uppdelat på "helrena" prov (heldragen kurva) och prov med kvist (streckad kurva). Figur 12 visar histogram och till normalfördelningen anpassade frekvenskurvor över tid till brott för provmaterialet uppdelat i "helrena" prov, prov med kvist och för samtliga prov. Prov med kvist har en något större spridning än "helrena" prov, vilket är naturligt eftersom hållfasthetsvariationerna är större p g a lokala fiberstörningar vid kvist. I figur 12 har även frekvenskurvorna över tid till brott sammanställts för samtliga prov (heldragen kurva) respektive materialet delat i "helrena" prov (prickad kurva) och prov med kvist (streckad kurva). Skillnaden mellan kurvorna är obetydlig och medelvärdet för tid till brott praktiskt taget detsamma för båda virkeskvaliteterna. I tabell 2 ges en sammanställning av data över tid till brott. Spridningen i tid till brott är liten och beror dels på spridning orsakad av provningsutrustningen, dels på naturliga virkesvariationer i provmaterialet. Ugnen gav vid de tidigare försöken med beklädnadsskivor (Norén och Östman, 1985) en god repeterbarhet ($\pm 0,5$ min) mellan identiska prov varför en stor del av spridningen sannolikt kan hänföras till virkesvariationerna i provmaterialet.



Figur 11. Relativ fördelning över tid till brott för "helrena" prov (heldragen kurva) och prov med kvist (streckad kurva).



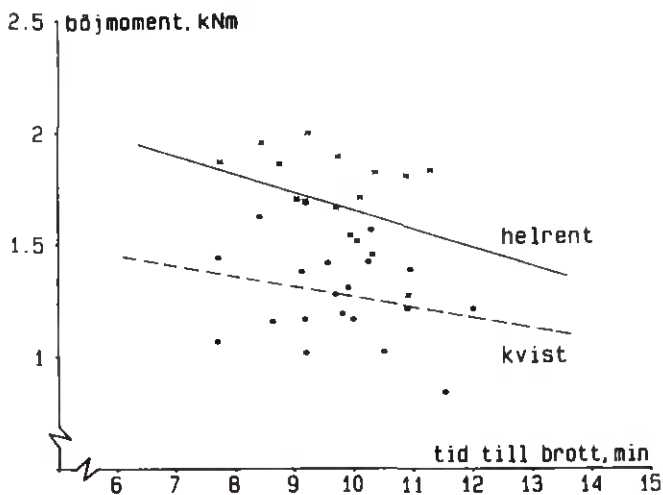
Figur 12. Histogram och frekvenskurvor över tid till brott för "helrena" prov och prov med kvist samt för det totala provmaterialet.

TABELL 2. Tid till brott.

Typ av prov	Antal	Tid till brott		
		Medelv. min	Standardavv. min	Var.koeff. %
Helrena	17	9,70	0,94	9,6
Med kvist	20	9,73	1,14	11,7
Samtliga	37	9,72	1,04	10,7

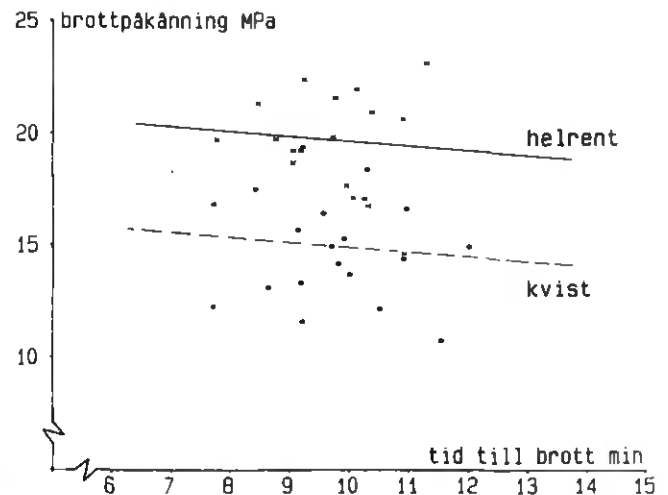
Resultaten har även sammanställts i figur 13, som visar sambandet mellan tid till brott och belastningen under brandpåverkan. Lutningen hos regressionslinjerna för "helrena" prov och prov med kvist är oväntad och osäker på grund av en låg korrelationskoefficient. En orsak till lutningen kan vara en feluppskattning av replikernas hållfasthet. Om hållfastheten skattas för högt blir också påförd belastning vid brand för hög, vilket medför kortare tid till brott. Omvänt medför en lågt skattad hållfasthet längre tid till brott.

En eventuell skillnad i bärförmåga vid brand eller tid till brott skulle kunna tänkas bero på olika kvistinnehål såsom olika antal kvistar eller olika stora kvistar. Om t ex kvistzonen skulle motstå brand bättre skulle prov markerade med cirklar vara förskjutna mot längre tid. Någon förskjutning kan inte iakttas i den ena eller andra riktningen. Helt naturligt visar proven med kvistar lägre hållfasthet men har också belastats därefter.



Figur 13.

Böjmomentet för "helrena" prov (kryss) och prov med kvist (cirklar) mot tid till brott vid brand.



Figur 14.

Brottpåkänningen för "helrena" prov (kryss) och prov med kvist (cirklar) mot tid till brott vid brand.

I figur 14 ges tid till brott som funktion av brottspänningen. Brottpåkänningen har beräknats på ett resttvärsnitt där enbart den förkolnade zonen tagits bort, se vidare avsnitt "Bärförmåga - Termiska effekter". Likheterna med figur 13 är stora, varför samma resonemang om linjernas lutning kan föras även här.

Brott beteende

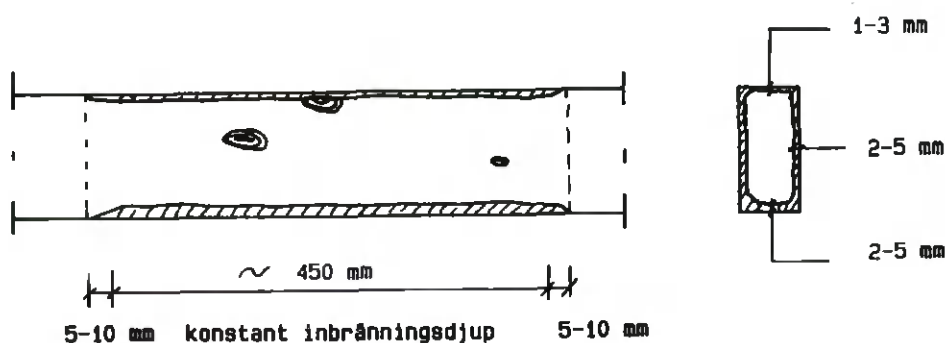
Vid brott under brand slog sprickor som regel inte ut lika långt som vid vanlig provning. Detta beror delvis på inflytande av den lokala inbränningen som ger en kortare brottzon. Dessutom sker en uppmjukning av materialet vid högre temperatur.

För övrigt är det ingen tydlig skillnad i brottets karaktär i det normala fallet och i brandfallet.

Skillnader i brandfallet mellan brottets karaktär i "helrent" virke (med utvecklat tryck och dragbrott) och i virke av lägre kvalitet (tryckbrott ej alltid utvecklat) är inte påtagliga.

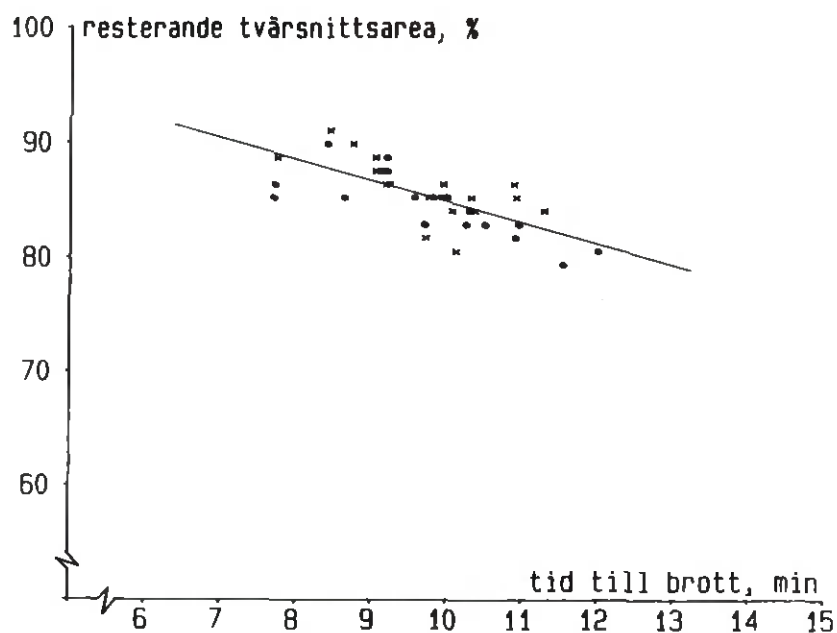
Bärförmåga - termiska effekter

Vid tidpunkten för brott var förkolningsdjupet i det brandpåverkade avsnittet relativt litet, vilket delvis beror på att provkropparnas fuktkvot var hög, i medeltal 17,2 procent. Den korta provningstiden inverkar också eftersom ugnens termiska påverkan på provkroppen är liten vid brandförsökets början. Figur 15 visar det brandpåverkade avsnittet av en belastad provkropp. Övergångszonen mellan påverkat och opåverkat tvärsnitt är kort, ca 5-10 mm. Förkolningen i tvärsnittet är störst på provkroppens underkant och sidor, ungefär 2-5 mm. Överkanten är däremot lite förkolnad, endast 1-3 mm. Den termiska effekten avser förutom temperaturen även fuktkvotens variation och dess inverkan på materialet vid höga temperaturer.



Figur 15. Förkolningsdjupets variation i det brandpåverkade avsnittet.

I figur 16 ges det resterande tvärsnittet som funktion av tid till brott för "helrena" prov (kryss) respektive prov med kvist (cirkclar). Som resterande tvärsnitt definieras det inre tvärsnittsområde som begränsas av den skarpa gränsen mellan kolskiktet och det oförbrända träet. Det innehåller således även den svårbestämda övergångszonen närmast kolskiktet. Förkolningen uppmättes på kvistfria tvärsnitt så nära brottzonen som möjligt. I själva brottsnittet var det omöjligt att bestämma resttvärsnittet. Det resterande tvärsnittet som redovisas är således endast ett referensvärde. Detta betraktelsesätt motsvarar det som är vanligt vid bestämning av bärformåga hos virke med kvistar. Tvärsnittet anses vara fullt effektivt och endast hållfastheten anses vara reducerad.

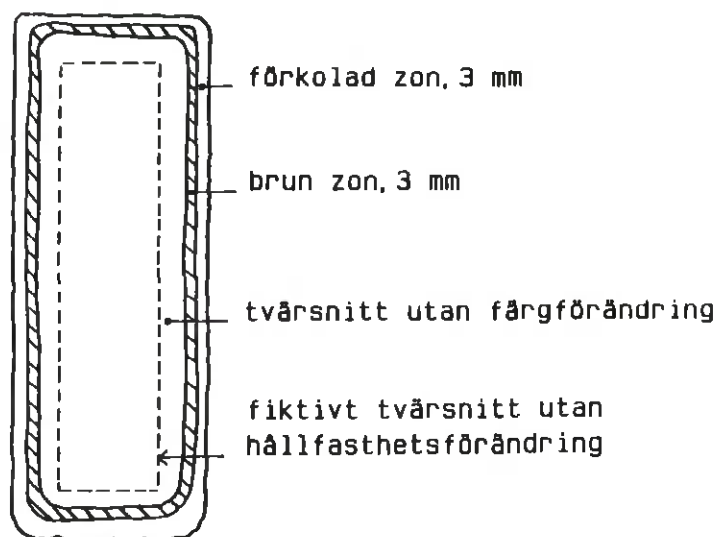


Figur 16. Resterande tvärsnitt i procent av ursprungligt tvärsnitt som funktion av tid till brott för "helrena" prov (kryss) och för prov med kvist (cirkclar).

I figur 17 ges ett exempel på ett tvärsnitt utsatt för brand i ca 10 minuter. Den yttre zonen är helt förkolnad och saknar hållfasthet. Övergången mellan den förkolnade zonen och det till synes opåverkade tvärsnittet utgörs av en brun zon med en betydligt reducerad hållfasthet och styvhet. I det till synes opåverkade tvärsnittet varierar fuktkvoten med stigande temperatur. Fukt- och temperaturprofiler finns uppställda för brandpåverkat tvärsnitt som visar fuktens och temperaturens variation på olika avstånd från förkolningszonen (White och Schaffer, 1981). Dessa är dock inte direkt jämförbara eftersom försöken genomfördes på grövre tvärsnitt och med enbart ensidig brandpåverkan.

Det till synes opåverkade tvärsnittet ger med påförd belastning en betydligt lägre brottpåkänning än vid normal temperatur, vilket tyder på att verkets hållfasthet har reducerats vid stigande temperatur och ändrad fuktkvot, se tabell 3. Ett fiktivt tvärsnitt, där brottpåkänningen förutsätts oförändrad under brand, reduceras till dess att påförd belastning gav samma brottpåkänning som vid normal temperatur, se figur 17.

De termiska effekterna på det till synes opåverkade tvärsnittet är således stora. En förklaring till detta är det smala tvärsnittet i kombination med fyrsidig brandpåverkan som leder till en snabb uppvärmning.



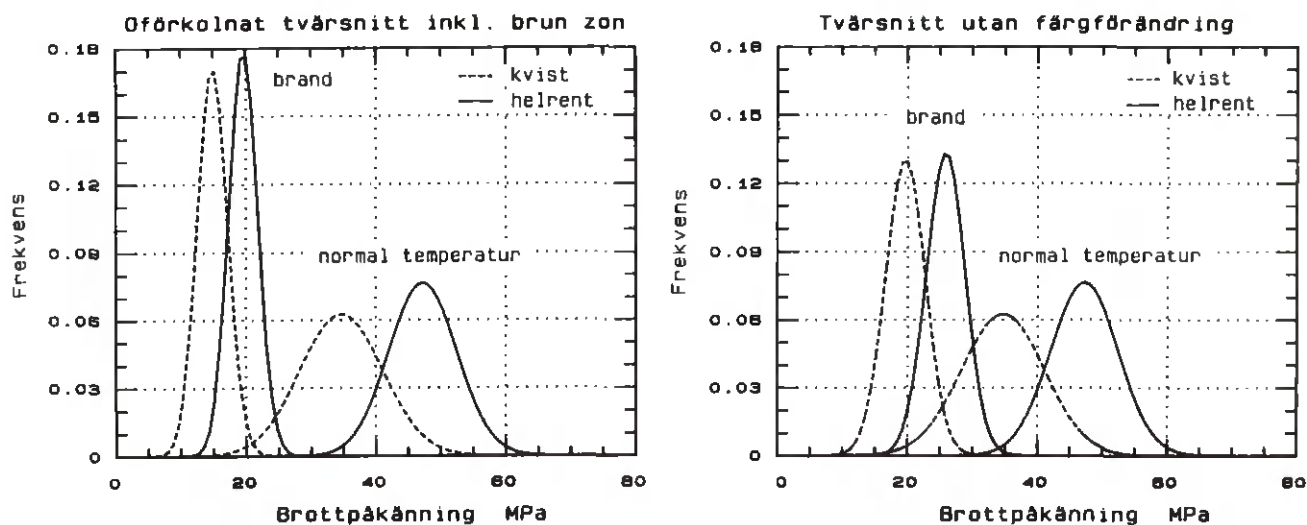
Figur 17. Exempel på ett tvärsnitt efter ungefär 10 minuters brandpåverkan.

TABELL 3. Brottpåkänning.

Tvärsnitt	Typ av prov	Antal	Brottpåkänning			
			Medelv. MPa	Standardavv. MPa	Var.- koeff. %	Karaktē- ristisk MPa
Före brand- påverkan	"Helrena"	17	47,2	5,2	11,0	37,0
	Med kvist	20	34,7	6,4	18,4	22,4
Resttvärsnitt inkl. brun zon	"Helrena"	17	19,6	2,2	11,2	15,3
	Med kvist	20	14,9	2,3	15,4	10,5
Till synes opåverkat	"Helrena"	17	25,9	3,0	11,6	20,0
	Med kvist	20	19,7	3,1	15,7	13,7

Figur 18 visar frekvenskurvor anpassade till normalfördelningen över böj- brottpåkänningen vid normal temperatur och vid brand för prov med kvist (streckad kurva) respektive "helrena" prov (heldragen kurva). Brottpåkänningen vid brand, som baserats på ett tvärsnitt där enbart kolskiktet tagits bort, är ca 43 procent av medelbrottpåkänningen vid normal temperatur för prov med kvist och 42 procent för helrena prov. Beräknas brottpåkänningen vid brand på det till synes opåverkade tvärsnittet, d v s utan den bruna zonen innanför kolskiktet, blir motsvarande förhållande 57 respektive 55 procent, se tabell 4. Detta tyder på att reduktionen i bärförmågan p g a de termiska effekterna är i stort sett densamma för båda virkeskvaliteterna.

I tabell 4 anges även resterande karakteristisk bärförmåga som har en tendens att vara större för prov med kvist än för "helrena" prov. Dessa värden är dock något osäkra p g a ett litet statistiskt underlag.



Figur 18. Frekvensen över brottpåkänningen vid brand och vid normal temperatur för prov med kvist (streckade kurvor) och helrena prov (heldragna kurvor). I figurens vänstra del har brottpåkänningen vid brand beräknats på ett tvärsnitt innanför den förkolnade zonen. I figurens högra del har förutom den förkolade zonen även den intilliggande bruna zonen räknats bort ifrån tvärsnittet.

TABELL 4. Resterande bärförmåga.

Tvärsnitt	Typ av prov	Antal	Resterande bärförmåga, %	
			Medelbrott- påkänning	Karakteristisk brottpåkänning
Resttvärsnitt	"Helrena"	17	42	41
inkl. brun zon	Med kvist	20	43	47
Till synes	"Helrena"	17	55	54
opåverkat	Med kvist	20	57	61

SLUTSATSER

Några skillnader i tid till brott för konstruktionsvirke med olika kvalitet, där lasten anpassats efter individens bärförmåga, har inte kunnat påvisas. Reduktionen i brottpåkänning p g a de termiska effekterna är i stort sett densamma för de båda virkeskvaliteter som provats.

Det är heller ingen skillnad i brottets utseende i det normala fallet och i brandfallet. Den lokala inbränningen ger dock en kortare brottzon.

Förkolningen är totalt sett långsam p g a relativt korta tider till brott och hög initial fuktkvot.

En tendens till långsammare förkolning i området närmast kvist iakttoogs. Eftersom prov med kvist inte uppvisade några bättre egenskaper vid brand än "helrena" prov uppvägs den långsammare förkolningen troligen av större lokal hållfasthetsreduktion i kvistområdet.

De termiska effekterna är relativt stora eftersom ett smalt tvärsnitt utsatts för fyrsidig brandpåverkan. Det leder till en kraftigt reducerad hållfasthet i det resterande tvärsnittet, men reduktionen tycks inte ha något samband med virkeskvaliteten.

Isolerade provkroppar och inbränning från färre sidor skulle sannolikt reducera de termiska effekterna. Men för att studera inverkan av virkeskvaliteten är fyrsidig inbränning troligen mest kritisk.

Två omständigheter gör dock att man måste vara försiktig med att generalisera resultaten utanför experimentets ramar. Den första är att bedömningen av de brandprovade balkarnas initialstyrka kan avvika något från den verkliga, trots parmatchningen och korrigeringen efter böjstyvhet. Det kan göra det svårare att upptäcka ett eventuellt inflytande av virkeskvaliteten vid ett begränsat antal provkroppar. Den andra är att undersökningen är begränsad till en belastningsnivå 0,33, d v s ett i sammanhanget ganska högt förhållande mellan påförd last och brottlaster. Det vore önskvärt att vidga undersökningen till åtminstone en lägre nivå (t ex 0,2) och därmed komma upp i något längre tider till brott, varvid förkolningen skulle gå djupare och där de termiska effekterna kan ha större betydelse.

TACKORD

Ett tack framförs till Bo Källsner, Jürgen König och Birgit Östman, Träteck, som bidragit vid planering och utvärdering av försöken och lämnat synpunkter vid sammanställandet av rapporten. Ett tack riktas också till Nyby Såg, som bidragit med provmaterial.

REFERENSER

Boutelje, J.:

On the anatomical structure, moisture content, density, shrinkage and resin content of wood in and around knots in Swedish pine (*Pinus sylvestris*) and in Swedish spruce (*Picea abies* karst).
Svensk Papperstidning 69(1):1-10, 1966.

Brundin, J.:

Maskinhållfasthetssortering - Sambandet mellan hållfasthet vid böjning på högkant och böjstyvhet för svenskt furu och granvirke. Principer för maskinprogrammering.
STFI-meddelande serie A nr 543, 1981.

Gerhards, C.C.:

Effect of moisture content and temperature on the mechanical properties of wood; An analysis of immediate effects.
Wood and Fiber. 14(1):4-36, 1981.

Hägglund, G. och Lindgren, O.:

Mätning av densitet- och fuktvariationer i trämaterial med hjälp av dertortomografi. Förstudie.
TräteknikRapport nr 67/I 8706040, 1987.

Norén, B.:

Result of pair-matching of wood. International workshop on duration of load. Vancouver B.C. Sept. 1985 (Contract-report No. 4).

Norén, J. och Östman, B.A-L.:

Skivmaterials bidrag till brandmotståndet.
TräteknikRapport nr 79, 1985.

Schaffer, E.L.:

Charring rate of selected woods transverse to grain.
USDA For. Serv. Res. Pap. FPL 69, 1967.

White, R. and Schaffer, E.:

Transient moisture gradient in fire-exposed wood slab.
Wood and Fiber 13(1), 1981.

Östman, B.A-L.:

Wood tensile strength at temperatures and moisture contents simulating fire.
Wood Science and Technology 19:103-116, 1985.

SUMMARY

The effect of grade on the resistance to load of structural timber in fire has been investigated by testing. Beams, loaded to constant moment, were exposed to fire and the time to failure was recorded. The test material was spruce of different grades, from near clean material to ordinary grades for building purpose. The tests were performed in a small furnace.

In order to reduce the number of tests, a method of matching was applied, by which pairs of specimens were cut from logs, symmetrically to the pith, leaving duplicates with respect to wood material, including equal knots. One piece was used to establish a reference value of strength at normal temperature, the other for the testing of resistance to load during fire. The level of load applied at the fire tests was $1/3$ of the strength of the reference specimen according to standard short-term loading.

The possible influence of the timber grade on the resistance to fire was judged from the time to failure and from the reduction in strength due to thermal effects. No significant influence of the grade could be established from the results.

Detta digitala dokument
skapades med anslag från
**Stiftelsen Nils och Dorthi
Troëdssons forskningsfond**

TräteknikCentrum

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

Box 5609, 114 86 STOCKHOLM
Besöksadress: *Drottning Kristinas väg 67*
Telefon: 08-14 53 00
Telex: 14445 tratek s
Telefax: 08-11 61 88
Huvudenhet med kansli

Asenvägen 9, 552 58 JÖNKÖPING
Telefon: 036-12 60 41
Telefax: 036-16 87 98

931 87 SKELLEFTEA
Besöksadress: *Bockholmsvägen 18*
Telefon: 0910-652 00
Telefax: 0910-652 65
Telex: 65031 expolar s

ISSN 0283-4634