



Om genbrug af træ

Jørgen Munch-Andersen, seniorrådgiver, phd, BUILD, Aalborg Universitet

Oliver Zillo Jensen, specialist, diplomingeniør, COWI

2024-12-17

Indhold

At genbruge træ hensigtsmæssigt	2
Sammenfatning	2
Genbrug af bygninger	2
Genbrug af komponenter	3
Genbrugstræ til konstruktive formål	4
Ulemper	4
Eksempler på anvendelse	4
Dokumentation af bæreevne	5
Dokumentation af brandegenskaber	6
Upcycling	6
Hvorfor ikke genbrugstræ til konstruktive formål	7
Tilgængelighed af genbrugstræ	8
Interimstræ	8
Acknowledgement	8
Referencer	8

At genbruge træ hensigtsmæssigt

Sammenfatning

Ved genbrug af træ skal der opnås størst mulig reduktion af drivhusgasudledningen uden at omkostningerne bliver væsentlig højere end ved at anvende nye materialer. I det følgende argumenteres for at det bedst sker ved:

- 1 Genbrug af bygninger
- 2 Genbrug af komponenter
- 3 Genbrugstræ bruges til sekundære formål

Dette uddybes i det følgende.

Genbrug af bygninger

Der er på det seneste kommet fokus på at genbruge hele bygninger, da det sikrer en stor reduktion af udledningen af drivhusgasser ift. nybyggeri, også selvom det primært er råhuset der genbruges.

Genbrug af eksisterende konstruktioner kræver at bæreevnen af de bærende konstruktioner kan fastlægges og dokumenteres på en enkel måde. Standarden DS 11990 *Bæreevnevurdering af eksisterende konstruktioner* [Dansk Standard, 2024] er et godt skridt på vejen. Standarden omfatter blandt andet en metode med prøvebelastning, der udnytter den viden, at bygningen har været velfungerende i en længere årrække. Der er også enklere, mere materiale-specifikke metoder, endnu dog ikke for trækonstruktioner. Dansk Standards udvalg for trækonstruktioner (S-1995) arbejder med at inkludere materialespecifikke metoder for træ.

I mange tilfælde er det ønskeligt at den faktiske styrke af fx hver bjælke i et bjælkelag kan estimeres med rimelig sikkerhed. Udvikling af ikke-destruktive prøvningsmetoder til bestemmelsen er et væsentligt emne i projektet Wood Vita om genbrug af træ, der netop er startet på BUILD, Aalborg Universitet. Om det bliver den nuværende styrke eller den oprindelige styrke der estimeres, afhænger af prøvningsmetoden.

Traditionelt betragtes en bygning, der overholdt krav til bæreevne og brand på opførelsetidspunktet, og som er rimeligt vedligeholdt, og ikke er ændret væsentligt, for fortsat at være tilstrækkelig sikker. Man kan derfor anlægge den betragtning at indflydelsen af en mulig styrkereduktion over tid er indeholdt i dimensioneringsreglerne, fordi de i høj grad reelt er kalibreret mod erfaringer. Det er et argument for at det bør være styrken ved opførelsen der anvendes ved eftervisning af genbrugte konstruktioners bæreevne efter renoivering, naturligvis forudsat at konstruktionerne ikke er skadede.

I Københavns kommune har der været praksis for at antage at træ i gamle bjælkelag med stort tværsnit svarer til mindst styrkeklasse C24, da kvaliteten erfaringsmæssigt er høj. Krav om brug af certificerede statikere kan risikere at udfordre denne praksis.

Vedrørende brandegenskaber, se *Dokumentation af brandegenskaber*.

Genbrug af komponenter

Der er også en betydelig miljømæssig gevinst ved at genbruge hele komponenter, som fx gitterspær eller store limtræsbjælker, til nye bygninger. Den bedste udnyttelse fås hvis den nye bygning projekteres under hensyn til dimensioner og egenskaberne af de potentielt genbrugelige komponenter. Det stiller betydelige krav til planlægningen, der ideelt skal sikre at de genbrugte komponenter kan flyttes direkte fra nedrivningsstedet til det nye byggeri, uden behov for oplag.

Det kræver at egenskaberne af komponenterne kan fastlægges før nedrivningen. Her kan anvendes de samme ikke-destruktive prøvningsmetoder som ved genbrug af hele bygninger til fastlæggelse og dokumentation af styrkeegenskaberne for træet. Komponenten kan så genberegnes efter dagens regler og eventuel forstærkning af fx samlinger kan planlægges.

Når komponenter genbruges i nye bygninger, giver det i højere grad mening at tage hensyn til den styrkereduktion, der er sket siden de blev produceret. Det skyldes, at selvom de genbruges til nogenlunde sammen formål som oprindeligt, kan viden om at de har været velfungerende i den oprindelige bygning ikke tillægges sammen vægt som når hele bygningen genbruges.

Et alternativ, hvis komponenterne nedtages i god tid inden projekteringen færdiggøres, er at udføre prøvning til brud af en mindre del af en større serie ens komponenter. Her er der en betydelig fordel ved at prøve hele komponenter, som fx spær, fremfor at prøve plankestykker udtaget fra nogle af spærene. Det skyldes at mange usikkerheder, der må tages hensyn til ved sædvanlig projektering baseret på træets styrkeklasse, er elimineret når spæret er fremstillet.

Variationskoefficienten på bæreevnen forventes at bliver mindre end for de enkelte planker der indgår i fx et gitterspær, der er statistisk ubestemt og derfor til en vis grad kan omfordele lasten internt i spæret. Derved kan den faktiske middelværdi og variationskoefficient for bæreevne bestemmes med god nøjagtighed. Den heraf beregnede karakteristiske bæreevne vil derfor generelt blive højere end ved beregning med metoden for nye spær på basis af emnernes styrkeklasse.

Herved tages samtidig hensyn til den styrkereduktion, der måtte være sket over tid.

Det bør også vurderes om metoden med prøvebelastning – i modsætning til prøvning til brud - i DS 11990 [Dansk Standard, 2024] kan anvendes for komponenter, der genbruges i en anden bygning. Hvilken vægt det kan tillægges at komponenten har være velfungerende i en længere årrække, men i en anden bygning, bør vurderes nærmere.

Selvom der udvikles gode metoder til vurdering af egenskaberne af komponenter, må det forventes at være ret omkostningstungt.

Vedrørende dokumentation se *Dokumentation af bæreevne* og *Dokumentation af brandegenskaber*.

Genbrugstræ til konstruktive formål

Ved genbrugstræ forstås her træ, der ved nedrivning er udtaget i så store emner, at det kan anvendes direkte i stedet for nyt træ, forudsat det kan dokumenteres at det overholder de relevante krav til egenskaber for den aktuelle nye brug. Se også følgende afsnit *Hvorfor ikke genbrugstræ til konstruktive formål*.

Hvis genbrugstræ ønskes anvendt til en bærende konstruktion er det en betydelig udfordring at dokumentere især styrken af træet, se *Dokumentation af bæreevne*. Også brandegenskaberne skal dokumenteres, se *Dokumentation af brandegenskaber*.

Ulemper

Hvis genbrugstræ ønskes anvendt til bærende konstruktioner er der som antydning en række ulemper, både økonomisk og miljømæssigt.

I dag anvendes en lavt ansat styrke af genbrugstræet for at kunne dokumentere bæreevnen. Det betyder der anvendes mere træ end hvis man bruger nyt træ. Der kan også være et afledt ekstra bidrag til klimabelastningen fordi konstruktioner optager mere plads. For et træskelet med varmeisolering kan det få stor betydning, da det ekstra træ optager plads for isoleringen. En ydervæg må så gøres tykkere for at få plads til den isoleringstykkelse, der kræves for at opnå den ønskede U-værdi. Det øger også forbruget af isolering og dermed dens bidrag til miljøbelastningen, samtidig med at bygningsnettoareal reduceres.

Dertil kommer at langt det meste genvundne træ fra nedrivninger er i ret korte længder og ofte har et tværsnit der ikke passer til dagens praksis. Oparbejdning af genbrugstræ til konstruktionsformål, se *Upcycling*, er uundgåeligt dyrt, da det kræver ret meget arbejde at tildanne det. Der vil også være et ret stort spild, da tværsnitsdimensionerne ofte ikke passer til behovet.

Eksempler på anvendelse

Hvor genbrugstræ i Danmark er anvendt til bærende konstruktioner, er der altovervejende tale om sekundære konstruktioner, hvor der desuden er anvendt en forsigtig værdi for styrkeklassen, fx C14, hvor træet sandsynligvis oprindeligt har været klassificeret som C18 (eller tidligere betegnelser for det samme, fx C1, K18 eller u/k).

Det ses anvendt hvor genbrugstræ med forholdsvis store tværsnit og med lille behov for bearbejdning anvendes. Det er med succes brugt til sekundære bygninger, fx *Næste skur* [Lejrbo, u.a.] og *Orangeri 2.0* [DBI, 2023], hvor overdimensionering kan ses som en del af arkitekturen, der samtidig sikrer robusthed i brug.

Længere tilbage i tiden har man normalt blot antaget at genbrugstræ svarede til styrkeklasse C18, uden styrkereduktion, baseret på 'ingeniørmæssigt skøn'. Det princip har man reelt anvendt i *Det genanvendte hus* [Realdania 2022], der er en regulær beboelsesejendom, som i starten af 90'erne er opført med genbrugte mursten, teglsten og træbjælker, med byggeteknik som brugt omkring 1950. Det vil næppe være muligt i dag med de gældende dokumentationskrav.

Dokumentation af bæreevne

Bæreevnen af genbrugstræ skal dokumenteres, men der er ikke krav om CE-mærkning da de harmoniserede standarder ikke gælder for genbrugstræ. De er således vigtigt at være opmærksom på at Bygningsreglementet kun kræver dokumentation, ikke at det skal ske ved CE-mærkning.

Resume af metode for nyt træ

For nyt konstruktionstræ sikres dokumentation af styrke via CE-mærkningen, der blandt andet angiver træets styrkeklasse. Styrkeklassen bestemmes ved brug af sorteringsregler, der er kalibreret ved brug af destruktiv prøvning, se EN 14081-1 [Dansk Standard, 2019]. Det er en harmoniseret standard, som danner grundlag for CE-mærkningen af konstruktionstræ.

Der anvendes både traditionel visuel sortering, baseret på registrering af primært knaststørrelser og fiberhældning, og maskinsortering, der normalt baseres på stivhed eller lyd hastighed.

Mulige metoder for genbrugstræ

Når der er tale om egentligt genbrugstræ er det (principielt) enkelt at bestemme de parametre der indgår i sorteringen af nyt træ, men relationen til styrkeklassen mangler, da den som nævnt skabes ved kalibrering mod destruktive forsøg. Destruktiv prøvning til kalibrering af en sorteringsregel er kun rimelig ved store mængder af ens produkter.

I Norge er der en standard på vej med titlen Evaluation of recycled wood [Standard Norge, 2024], der behandler fastsættelse af styrkeklassen for genbrugstræ, baseret på traditionel visuel styrkesortering efter især knaststørrelser og fiberhældning som beskrevet i den fællesnordiske standard for styrkesortering, INSTA 142 [Dansk Standard, 2009]. Grundfilosofien i det norske forslag er at træet tillægges samme styrkeklasse som nyt træ med tilsvarende knaststørrelse mv., forudsat at træet ikke er beskadiget. Hvis der er mindre skader, reduceres styrkeklasse (men stivheden nedsættes ikke da den kun afhænger lidt af lokale forhold).

Da visuel sortering generelt er konservativ i forhold til maskinsortering forekommer det være en pragmatisk og rimelig fremgangsmåde.

I Tyskland er der regler på vej som forventes udgivet på delstatsniveau i starten af 2025. Indholdet er endnu ikke kendt, men det er udarbejdet at førende tyske universiteter indenfor træforskning.

Det bør overvejes om de norske regler skal udnyttes i en dansk standard, men de kommende tyske regler bør også inddrages i vurderingen.

En dansk standard kan eventuelt, med at passende niveau for kontrol, danne grundlag for en national mærkning af genbrugstræ, der kan fungere som dokumentation for egenskaberne, på linje med CE-mærkning. En standard kan evt. også gælde for komponenter til genbrug.

En anden mulighed er at udarbejde en EAD for genbrugstræ. Den største udfordringer at dokumentere metoden der skal beskrives i EAD'en. Det kan løses ved at baserer den på fx den nævnte norske standard for hvordan bæreevne og andre relevante egenskaber dokumenteres for genbrugstræ. På basis af EAD'en kan der laves en

ETA, som der kan CE-mærkes efter. Det er frivilligt om man vil bruge muligheden

EAD-metoden anvendes med succes for genanvendte mursten. Her er det acceptabelt med en ret konservativ værdi, da styrken som oftest er væsentligt højere end nødvendigt når stenene bruges til skalmure. For genbrugstræ vil overdimensionering som omtalt generelt ikke være hensigtsmæssigt.

I projektet der nu er i gang på BUILD, vil det blive undersøgt hvor god korrelation der er mellem et antal ikke-destruktive metoder og den faktiske styrke. Det giver grundlag for at vælge den eller de metoder, der blandt de praktisk anvendelige giver det mest nøjagtige estimat, herunder metoder der kan anvendes ved genbrug af bygninger eller komponenter. Omkostningerne vil også spille en rolle ved valget.

Der arbejdes mange andre steder i verdenen med ikke-destruktive metoder til vurdering af styrken af genbrugstræ.

Dokumentation af brandegenskaber

For enkel anvendelse af genbrugstræ er det væsentligt at det af myndigheder og brandrådgivere accepteres at brandforløb kan antages at være ens for nyt træ og genbrugstræ. Det gælder både for bærende konstruktioner og for beklædninger. Det vil betyde at de såkaldte kommissionsbeslutninger (CWFT) vedrørende især reaktion på brand for træ og træprodukter også kan anvendes for genbrugstræ. Vedrørende bæreevnen af trækonstruktioner under brand anvendes den såkaldte indbrændingshastighed til at beregne restbæreevnen efter Eurocoden om træ og brand [Dansk Standard, 2007].

Nogle undersøgelser hos DBI har sandsynliggjort at der ikke er forskel på reaktion på brand og indbrændingshastighed for nyt træ og genbrugstræ. Undersøgelserne fortsættes og resultaterne kan forhåbentligt lede til en generel accept af at der ikke er forskel på brandegenskaberne af nyt træ og genbrugstræ.

Denne accept letter også genbrug af både bygninger og komponenter, der klimamæssigt at meget interessant, som omtalt ovenfor.

Upcycling

Det er uden tvivl muligt at oparbejde meget af det genvundne træ til fingerskarede planker, der kan anvendes til konstruktionsformål, fx i træelementer eller som lameller i limtræ eller CLT. Fingerskarringen gør det muligt at bortsave beskadigede stykker og store knaster. Her ved upcycles træet til et homogent produkt af høj kvalitet, hvis egenskaber det samtidig er nemmere at dokumentere end ved direkte genbrug af bjælker.

Fremgangsmåden forudsætter at træet er garanteret fri for metal og sten, som vil ødelægge det præcisionsværktøj, der anvendes ved fingerskarring. Da afstanden mellem fingerskarringerne bliver ret lille, skal der også bruges en del lim, som udgør en ikke uvæsentlig miljøbelastning. [Ældre træfolk vil se at produktet minder om HQL-bjælker, som blev udviklet til at upcycle udtyndingstræ, men det blev ikke rentabelt og opgivet efter ret få år].

Plankerne vil formentlig blive noget dyrere end tilsvarende planker af nyt konstruktionstræ, men de fingerskarerede planker vil blive meget stærke og stabile, så krumning og vridning ved fugtændringer vil blive meget mindre end ved nyt træ (blandt andet fordi førstegangsudtørringen er overstået for genbrugstræ). Kan disse fordele ikke udnyttes skal man være opmærksom på at der heller ikke i dette tilfælde er nogen samfundsmæssig gevinst ved at anvende genbrugstræ til konstruktionsformål fremfor at anvende det til ikke-konstruktive formål, hvor der ellers ville blive brugt nyt træ.

For at give mening skal produktet også, økonomisk og miljømæssigt, kunne konkurrere med fx planker af LVL, der har samme fordele ved styrke og stivhed i forhold til almindeligt konstruktionstræ.

Hvorfor ikke genbrugstræ til konstruktive formål

I det følgende argumenteres for, at det er mest hensigtsmæssigt at bruge nyt konstruktionstræ til bærende konstruktioner, og så bruge genbrugstræ til andre formål. Det skyldes en række forhold, der behandles i det følgende.

Den potentielle mængde af træ fra nedrivninger af hele bygninger skønnes i [Andersen et al, 2023] at være højst 150.000 m³/år. Dertil skal lægges træaffald fra renovering m.v. [Miljøstyrelsen, 2022] har opgjort mængden af træbyggeaffald til 300.000 m³/år. Det svarer til at renovering m.v bidrager med samme mængde træaffald som nedrivninger, hvilket ikke er urimeligt.

Men meget træaffald kommer ikke fra byggeriet. [Miljøstyrelsen, 2018] angiver at mængden af træaffald generelt udgør hele 800.000 m³/år, hvilket det må betyde at betydelige mængder af træ og træplader der produceres i og importeres til Danmark ikke anvendes i byggeriet. En stor del anvendes formentlig kun i kort tid før det bliver til træaffald. Det gælder blandt andet såkaldt interimstræ (byggepladstræ), som hidtil har udgjort ca. 100.000 m³/år, se *Interimstræ* nedenfor. Det vides ikke hvor de resterende 400.000 m³/år kommer fra.

Disse tal skal sammenholdes med at forbruget af træ og træplader til byggeri udgør ca 1200.000 m³/år [Lind & Damsgaard, 2021]. En gennemgang af træstrømme i Danmark findes i [Brownell et al, 2023a, 2023b], hvor det bla. ses at en overvældende del af både dansk produceret og importeret træ bruges som brændsel.

I [Andersen et al, 2023] er det skønnet at kun 40.000 m³/år af de 150.000 m³/år fra nedrivning er bjælker og spær, der skønnes at være egnede til nye bærende konstruktioner.

Det ses således at genbrugstræ kun vil kunne dække en meget lille del af træforbruget i byggeriet samtidig med at store mængder træ anvendes til andre formål end byggeri. Det vil derfor være hensigtsmæssigt at anvende genbrugstræ til nogle af de mange formål, hvor der ikke kræves træ med dokumenteret bæreevne og så bruge nyt træ, der hvor der kræves dokumenteret bæreevne.

Nyt træ har den fordel at det udover at være meget billigere at dokumentere bæreevnen gennem sædvanlig styrkesortering også fås i dimensioner, der passer til dagens praksis. Ved andre

anvendelser vil det i højere grad være muligt at anvende træet som det er, så spildet ved tildannelse bliver mindre.

Det er vigtigt at bemærke at den samlede udledningen af drivhusgas ikke øges, da det blot er materialestrømmen der skal ændres. Da udledningen fra byggepladsen nu også skal medregnes i LCA-analysen, kan brug af genbrugstræ som interimstræ fortsat reducere den samlede udledning for bygningen.

Tilgængelighed af genbrugstræ

Øget brug af genbrugstræ til sekundære formål kræver at det er nemt tilgængeligt, så det skal være en hyldevare hos trælasthandlerne. Sådant genbrugt træ burde kunne sælges billigere end nyt træ, da egenskaberne ikke skal dokumenteres. Men det vil også have en merværdi da LCA-analysen bliver mere gunstig. Det må forventes at markedet over tid vil sikre, at genbrugstræ bliver anvendt hensigtsmæssigt.

Interimstræ

Der er på det seneste opnået gode erfaringer med genbrug af interimstræ, altså byggepladstræ, der kun bruges kortvarigt. Nogle trælasthandler tager sådant træ tilbage og sælger det videre til brug på andre byggepladser, til en lavere pris end for nyt træ.

Virksomheden Gentræ oplyser at interimstræet bruges mindst tre gange [Fonseca, 2024]. Gentræ vurderer også at der hidtil årligt er bortskaffet omkring 100.000 m³ interimstræ, der kun var anvendt en gang. [Fonseca, 2024].

Sådant interimstræ kan i udgangspunktet også være genbrugstræ eller frasorteret træ, der skæres op til de dimensioner, der efterspørges. Der kan dog være krav om styrkesorteret træ, når det anvendes til nedstyrtningsikring.

Acknowledgement

Notatet er udarbejdet som en del af projektet Upcycle 3.0, støttet af We Build Denmark.

Referencer

Standard Norge (2024): Evaluation of recycled wood (prNS 3691)

Fonseca (2024): Kent Fonseca, Gentræ. Personlig kommunikation.

Dansk Standard (2024): Bæreevnevurdering af eksisterende konstruktioner (DS 11990:2024).

Brownell, P. H., Iliev, B. E., & Bentsen, N. S (2023a): How much wood do we use and how do we use it? Estimating Danish wood flows, circularity, and cascading using national material flow accounts. *Journal of Cleaner Production*, Volume 423, 15 October 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138720>

Brownell II, P. H., Iliev, B. E., & Bentsen, N. S.: (2023b). Wood flows through the Danish economy. Department of Geosciences and Natural Resource Management, University of Copenhagen. 2023. 69 s. (IGN Report March 2023).

Andersen, H. V., Munch-Andersen, J., Gottlieb, S. C. & Hoxha, E. (2023): Den gode dokumentationsproces – Bilag: Analyse Social- og Boligstyrelsen. 2023. 69 s. <https://sbst.dk/Media/638325184021823043/Den%20gode%20dokumentationsproces%20af%20genbrugte%20byggematerialer%20-%20Bilag.pdf>

DBI (2023): Upcycle Orangeri 2.0 Projektnotat - Beskrivelse af forløb og konklusioner. Projektnotat 30.06.23. DBI Brand og sikring. [[https://brandogsikring.dk/files/Pdf/FogU/Orangeri/Upcycle%20Orangeri%202.0%20-%20Projektnotat%20\(DBI\).pdf](https://brandogsikring.dk/files/Pdf/FogU/Orangeri/Upcycle%20Orangeri%202.0%20-%20Projektnotat%20(DBI).pdf)]

Realdania (2022): De genanvendte huse 30 år efter – Sammenfatningsrapport. [<https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/de-genanvendte-huse-30-aar-efter-sammenfatningsrapport>]

Miljøstyrelsen (2022): Affaldsstatistik 2020 (Miljøprojekt nr. 2217). <https://mst.dk/publikationer/2022/december/affaldsstatistik-2020>.

Lind, A. & Damsgaard, I. (2021): Performanceindikator for træets andel i byggeriet - Analyserapport. Rambøll Management Consulting A/S. 2021. 25 s. www.traeibyggeriet.dk

Miljøstyrelsen (2018): Kortlægning af genanvendeligt træaffald i Danmark (Miljøprojekt nr. 1993). <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/03/978-87-93614-89-5.pdf>

Dansk Standard (2019): Trækonstruktioner – Styrkesorteret konstruktionstræ med rektangulært tværsnit – Del 1: Generelle krav (EN 14081-1+A1).

Dansk Standard (2009): Nordic visual strength grading rules for timber (INSTA 142)

Dansk Standard (2007): Eurocode 5: Trækonstruktioner – Del 1-2: Generelt - Brandteknisk dimensionering (EN 1995-1-2+AC).

Lejrbo,,u.a]: Næste skur. <https://www.lejrobo.dk/om-lejrobo/byggeri/naeste-skur>. Lokaliseret 2024-12-05.