

**A fűrészáru szilárdság szerinti osztályozásával kapcsolatos
hazai és nemzetközi tananyagok és segédletek áttekintése és
rendszerezése**

MMK Feladatalapú Pályázat

Szerzők: Dr. Bejó László, Dr. Divós Ferenc

2016

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. Vizuális szilárdság szerinti osztályozás	5
2.1. A vizuális szilárdsági osztályozás története és jelenlegi hazai helyzete	5
2.2. A fűrészáru vizuális szilárdsági osztályozásának hazai gyakorlata.....	6
2.3 A vizuális szilárdsági osztályozás szabványi háttére	7
2.4. Tananyag összeállítása a vizuális szilárdsági osztályozáshoz	8
2.5. A tanúsítás lehetősége, és a MMK lehetséges szerepe.....	20
3. Gépi szilárdsági osztályozás	21
3.1. Statikus rugalmassági modulusz mérésén alapuló osztályozó gépek	22
3.2. Dinamikus rugalmassági modulusz mérésén alapuló osztályozó gépek	24
3.3. A csillapítás hatása a frekvenciára	26
3.4. Egyéb megfontolások.....	27
3.5. A PLG+ osztályozógép	28
4. Összefoglalás, konklúzió	32
5. Irodalomjegyzék	33
A Melléklet – A fűrészáru szilárdság szerinti osztályozásának és a faszerkezetek méretezésének rendszere	34
B Melléklet – Az MSZ EN 338 szerinti szilárdsági kategóriák.....	35
C Melléklet – A vizuális osztályozáshoz rendelkezésre álló nemzeti szabványjelzetek listája.....	36
D Melléklet – Szemelvények néhány nemzeti osztályozási szabvány előírásaiból	37
E Melléklet – a Fűrészáru osztályozással összefüggő szabványok listája	40

1. Bevezetés

A faanyag egyik szép és egyben nagy kihívást jelentő tulajdonsága a természetes változékonysága, kiszámíthatatlansága. A statikus tervezők részéről azonban joggal merül fel az igény a tervezhető mechanikai tulajdonságok, a konkrét határfeszültségi és rugalmassági modulusz értékek iránt.

Bár a faanyag tulajdonságai valóban nehezen kiszámíthatók, azért természetesen van lehetőség a megbízható tervezési tulajdonságok meghatározására, a szilárdsági osztályozáson keresztül. A szilárdsági osztályokat, illetve az egyes osztályokba történő besorolás módját megfelelő európai szabványok rögzítik.

A faanyag, mint természetes és megújuló építőanyag rugalmassági modulusza és szilárdsága jelentős szórással bír. A fenyő rugalmassági modulusza jellemzően 6 -16 GPa között szór, hajlítószilárdsága pedig 30 és 80 MPa közötti értékeket vesz fel. Osztályozás nélkül ebből a széles tartományból a leggyengébb tulajdonságokat kellene figyelembe venni, ami a szerkezetek túlméretezéséhez vezetne. Ezt úgy tudjuk elkerülni, hogy szilárdság szerint osztályozzuk a faanyagot.

Az MSZ EN 338:2010 szabvány a faanyagokat két nagy fajtacsoportba sorolja. Az egyik csoportba tartoznak a fenyő illetve a lágylombos anyagok, amelyeket „C” jelöléssel látnak el. A másik csoportot a keménylombos anyagok alkotják, ezeket „D” betűvel jelölik. Az előbbi csoporton belül 12, az utóbbiban 7 kategóriát különít el a szabvány. A szilárdsági kategóriákat számokkal jelölik, amelyek a hajlítószilárdság tervezési értékére utalnak, tehát pl. a C30-as kategória 30 N/mm² hajlítószilárdságú fenyő faanyagot jelent. A szabvány természetesen a hajlítószilárdság mellett megadja a húzó-, nyomó- és nyírószilárdság tervezési értékeit, és rugalmassági moduluszt is. Az Eurocode 5 szabványrendszer a faanyag esetében ezekre a szilárdsági tulajdonságokra épít. Fontos tudni, hogy az itt szereplő értékek beltéri tárolás és felhasználás esetén érvényesek – nedves környezetben az értékek valamelyest csökkennek.

Az egyes faanyagok szilárdsági kategóriákba történő besorolása az MSZ EN 14081 szabványsorozat szerint történhet az alábbi módszerekkel:

- Vizuális szilárdsági osztályozás
- Roncsolásmentes osztályozás
- Szilárdsági osztályozó berendezésekkel

A fűrészáru szilárdsági osztályozásának és a faszerkezetek méretezésének a rendszerét az **A melléklet** foglalja össze.

Sajnos a fűrészáru szilárdsági osztályozása jelenleg Magyarországon sajnos még mindig gyerekcipőben jár. A hazai gyártású fűrészárut nagyon ritkán vetik alá vizuális szilárdsági osztályozásnak, a gépi osztályozás pedig szinte teljesen ismeretlen hazánkban. E tanulmány célja részletesen bemutatni a vizuális és gépi szilárdsági osztályozás szabványi háttérét, követelményeit, feltételeit, a tanúsítás lehetőségeit, illetve annak lehetőségét, hogy hogyan járulhat hozzá a Magyar Mérnöki Kamara e terület fejlődéséhez, a szilárdsági osztályozásra alkalmas szakemberek, berendezések és cégek számának emelkedéséhez.

2. Vizuális szilárdság szerinti osztályozás

A szerkezeti faanyagok osztályozásának a legegyszerűbb módja a vizuális szilárdság szerinti osztályozás. Bár ez az eljárás lassabb, kevésbé termelékeny, élőmunka igényes, és csak alacsonyabb szilárdsági osztályba sorolást tesz lehetővé, sok európai gyártó választja, elsősorban a gépi osztályozás magas beruházás igénye miatt. A hazai piacon sajnos csak néhány gyártó rendelkezik az osztályozási rendszer alkalmazásához szükséges tanúsítványokkal

2.1. A vizuális szilárdsági osztályozás története és jelenlegi hazai helyzete

A faszerkezetek építésénél történetileg hosszú időn keresztül nem alkalmazták a statikai tervezés mérnöki módszereit. Jellemzően tapasztalati méretekkal, jelentős túlméretezéssel készítették az ilyen szerkezeteket, és nem használták kellően ki a faanyag kitűnő húzó- és hajlító szilárdságát.

A statikai méretezési módszerek megjelenése a faiparban a XX. sz. második felére tehető. A faanyag természetes volta, és a benne jelen levő fahibák, növekedési sajátosságok miatt a méretezési eljárások alkalmazásához szükséges a tervezési feszültség értékek meghatározásához a faanyag szilárdsági osztályozására van szükség. Európa és a világ országaiban különböző méretezési eljárások alakultak ki, és vannak érvényben a mai napig.

Sajnos a hazai építőiparon belül a faépítészet egészen a közelmúltig másodlagos szerepet töltött be. Ennek megfelelően a mérnöki tervezési eljárások alkalmazása sem volt jellemző. Ugyan bevezetésre került a méretezés MSZ 15025-ös méretezési szabvány, illetve az ezzel összefüggő MSZ 10144-es szabvány, mely a fűrészáru szilárdsági osztályozásának a szabályait rögzítette, azonban alkalmazására érdeklődés hiányában szinte egyáltalán nem került sor.

Hazánk Európai Unió csatlakozását követően lehetőség lett volna a magyar szabvány integrálásába az EN szabványrendszerbe. Az európai szabványok rendszere ugyanis nem ír elő egységes szilárdsági osztályozási eljárásokat és követelményeket, hanem a meglévő nemzeti szabványokat sorolja egységes rendszerbe. Mivel azonban a hazai szabvány harmonizálásában senki nem volt különösebben érdekelt, ez a szabvány nem került

harmonizálásra, és ennek megfelelően jelenleg nincs hazai szabvány a fűrészáru osztályozására vonatkozóan.

2.2. A fűrészáru vizuális szilárdsági osztályozásának hazai gyakorlata

A XX. század végéig Magyarországon szilárdsági osztályozással gyakorlatilag egyáltalán nem foglalkoztak. A legújabb szabványok és építésügyi előírások azonban számos esetben megkövetelik a szilárdságilag osztályozott anyagok alkalmazását (pl. ragasztott szerkezeti faanyagok, szeglemezek gyártásához, vagy készházgyártók számára.) Ezeknek az anyagoknak a beszerzése nemzetközi piacról (pl. Ausztria, Németország) igen költséges, ezért megjelent és egyre növekszik a kereslet a hazai piacon is a szilárdságilag osztályozott fűrészáru iránt.

Ahhoz, hogy ma Magyarországon egy cég szilárdságilag osztályozott fűrészáru gyártásával foglalkozzon, üzemi gyártásellenőrzési tanúsítvánnyal kell rendelkeznie. Ezt a tanúsítást jelenleg az Építésügyi Minőségellenőrzési Intézet (ÉMI) állíthatja ki, mint az MSZ EN 14081-es szabványban foglalt műszaki előírásokra vonatkozóan hivatalos tanúsító szervezet (ún. 'Notified Body'). A tanúsítvány megszerzésének feltétele a szabvány megléte, és az abban foglalt feltételeknek való megfelelés.

Tekintettel arra, hogy hazai vizuális osztályozási szabvány (egyelőre) nem létezik, az üzemi gyártásellenőrzési rendszert valamely más ország osztályozási szabványai alapján lehet bevezetni. Az ÉMI elméletileg bármely ország szabványa szerinti osztályozásra tanúsíthatja az illető gyártó céget, azonban egyelőre leginkább a DIN szabvány alkalmazása jellemző a hazai cégek esetében.

Az ÉMI tájékoztatása szerint eddig csak néhány cég fordult hozzájuk szilárdsági osztályozásra vonatkozó gyártásellenőrzési rendszer tanúsítása céljából. Mivel az ÉMI nem tanácsadó, hanem tanúsító szervezet, nem foglalkozhat a cégek és mérnökök felkészítésével, képzésével, hogy a szilárdságilag osztályozott fűrészáru gyártásához szükséges feltételeknek meg tudjanak felelni. Az ÉMI és az MMK kölcsönösen érdekelt lehet abban, hogy az

2.3 A vizuális szilárdsági osztályozás szabványi háttére

A fűrészáru szilárdsági osztályozásával kapcsolatosan három fontos európai szabványt kell említenünk. Az MSZ EN 338:2010 szabvány tartalmazza magukat a szilárdsági osztályokat, illetve az ahhoz tartozó tervezési értékeket (határfeszültség és rugalmassági modulus értékek.) A szilárdsági osztályozással kapcsolatos szabályokat és tudnivalókat jelenleg az MSZ EN 14081-es szabványsorozat rögzíti. Az MSZ EN 1912:2012 szabvány pedig kapcsolatot teremt az egyes EU országok nemzeti osztályozási szabványai, valamint az EN szerinti szilárdsági osztályok között.

Az EN 338:2010 szabvány 12 szilárdsági osztályt különböztet meg fenyő és 7 szilárdsági osztályt lombos fafajok esetén. Ennek a tanulmánynak nem célja részletesen bemutatni ezt a szabványt, azonban az 1. melléklet kivonatossan bemutatja a szabványban található szilárdsági osztályokat és az ahhoz tartozó szilárdsági értékeket.

A vizuális szilárdsági osztályozással kapcsolatban az MSZ EN 14081-1:2006 szabvány rögzíti az alábbiakat:

- Az első típusvizsgálat követelményei. Erre azért van szükség, hogy bizonyítsák az osztályozási módszer megfelelőségét a szilárdsági értékek megállapítására. Az egyes nemzeti szabványok – köztük a DIN szabvány - ezen a típusvizsgálaton átestek, és az MSZ EN 1912 szabványnak megfelelően alkalmasak az EN 338 szerinti szilárdsági osztályok megállapítására.
- A gyártásellenőrzési rendszer üzemeltetésének előírása és annak elemei
- Az osztályozott anyagon feltüntetendő jelölések
- Követelmények arra vonatkozóan, hogy a vizuális osztályozási szabványoknak milyen szilárdságcsökkentő jellemzőkre kell kitérniük.

A szabvány nem tartalmaz konkrét osztályozási kritériumokat, azokat az egyes nemzeti szabványok hatáskörébe rendeli. Az MSZ EN 1912:*** szabvány tartalmazza azt, hogy az egyes nemzeti osztályozási szabványok szerint meghatározott szilárdsági osztályok az MSZ EN 338 szerint melyik szilárdsági osztálynak feleltethetők meg.

Mivel az EU-val harmonizált magyar fűrészáru osztályozási szabvány nem létezik, elméletileg bármelyik nemzeti osztályozási szabvány előírásai használhatják a magyarországi gyártók. A hazai gyakorlatban azonban egyelőre elsősorban a német DIN 4074:2003 szabványsorozat alkalmazása terjedt el, ezért egy esetleges jövőbeni képzésnek elsősorban ennek a szabványnak az előírásaira érdemes koncentrálnia.

A DIN 4074 szabványsorozat 5 részből áll:

- DIN 4074-1:2012-06 – A faanyag szilárdsági osztályozása. 1. rész: Fenyő fűrészáru
- DIN 4074-2:1958-12 – Építési faanyag fa épületelemekhez; a Building Timber for Wood Building Components; Quality Conditions for Building Logs (Softwood)
- DIN 4074-3:2008-12 – A faanyag szilárdsági osztályozása. 3. rész: a fűrészáru vizuális szilárdsági osztályozását támogató készülékek; követelmények és vizsgálatok.
- DIN 4074-4:2008-12 – A faanyag szilárdsági osztályozása. 4. rész: Megfelelőségi tanúsítvány a fűrészáru vizuális szilárdsági osztályozását támogató készülékekhez.
- DIN 4074-5:2008-12 – A faanyag szilárdsági osztályozása. 5. rész: Lombos fűrészáru

A fenti szabványok közül elsősorban az 1. és az 5. rész releváns a vizuális szilárdsági osztályozás szempontjából.

2.4. Tananyag összeállítása a vizuális szilárdsági osztályozáshoz

Sajnálatos módon kész tananyagok nem vagy csak nagyon korlátozottan állnak rendelkezésre, különösen magyar nyelven. Kíváncos lenne egy saját fejlesztésű tananyag összeállítása, ez azonban túlmegy e tanulmány keretein. A tananyag összeállításában elsősorban az MSZ EN 14081-1, illetve a DIN 4074-1 és DIN 4074-5 szabványokra lehet támaszkodni.

A tananyagnak egyrészt tartalmaznia kell a gyártásellenőrzési rendszer alapjait az EN 14081-1:2005 szabványnak megfelelően. Ezek alapján:

1. A gyártónak gyártásellenőrzési rendszert kell bevezetnie, dokumentálnia és üzemeltetnie annak érdekében, hogy biztosítsa, hogy a piacra kerülő termékek alapvető jellemzői megfelelnek a szabványban szereplő követelményeknek.

Az ellenőrzési rendszerben szerepelnek a folyamatok, rendszeres ellenőrzések és tesztek és/vagy vizsgálatok, valamint az eredmények felhasználása az alap- és egyéb bejövő anyagok, a berendezések, a gyártási folyamatok és a termékek ellenőrzése céljából.

Minden olyan elemet, előírást és rendelkezést, amit a gyártó bevezet, írásba foglalt eljárásrend és folyamatok formájában dokumentálni kell.

2. A gyártó felelőssége a gyártásellenőrzési rendszer megszervezése és hatékony végrehajtása az MSZ EN 14081-es szabványnak megfelelően. A feladatokat és felelősségeket dokumentálni kell, és ezt a dokumentációt naprakészen kell tartani.

A személyzet azon tagjainak felelősségét, hatáskörét és kapcsolatait, akik az állandó minőséget befolyásoló munkát végzik, meg kell határozni. Ez különösen azokra az alkalmazottakra vonatkozik, akiknek az egyenetlen minőség megakadályozása érdekében intézkednie kell, meg kell határozni a problémák esetén szükséges intézkedéseket, és fel kell jegyezniük a problémákat.

Az ilyen személyzet megfelelő képzettségéről gondoskodni kell, azt fel kell tartani és dokumentálni kell. Az osztályozást végző személyzet alkalmasságát legalább évente ellenőrizni kell. Az ellenőrzésnek ki kell terjednie az osztályozott anyag ellenőrzésére.

A gyáró minden üzemben delegálhatja a feladatokat olyan személynek, akinek megvan a szükséges hatásköre, hogy:

- meghatározza azokat a procedúrákat, amelyekkel kimutatható a termék minőségének állandósága a megfelelő helyeken
- meghatározza és feljegyze a meg-nem-felelés eseteit
- meghatározza azokat a procedúrákat, amelyekkel az ilyen esetek helyrehozhatók.

A gyártónak el kell készítenie és naprakészen kell tartania az üzemi gyártásellenőrzés dokumentumait. A gyártói dokumentációnak és a procedúráknak meg kell felelnie a termék és a gyártási folyamat kívánalmainak. Az ellenőrzési rendszernek megfelelő biztonsággal biztosítani kell a termék minőségének megbízhatóságát. Ehhez tartozik:

- a. dokumentált procedúrák és az üzemi gyártásellenőrzési rendszerre vonatkozó utasítások elkészítése, annak a műszaki specifikációnak (osztályozási szabványnak) megfelelően, amit alkalmaznak.
- b. ezeknek a procedúráknak és utasításoknak a végrehajtása
- c. ezeknek a tevékenységeknek a dokumentálása
- d. ezek eredményének a felhasználása az eltérések korrigálása, az ilyen eltérések hatásának a korrigálása a nem megfelelő minőség előfordulásának a kezelése és, ha szükséges, az ellenőrzési rendszer felülvizsgálata céljából, hogy a nem megbízható minőség helyrehozása érdekében.

Megi.: azok a cégek, akiknek az EN ISO 9001-es szabványnak megfelelő gyártásellenőrzési rendszere van, amely kiterjed az MSZ EN 14081 szabvány előírásaira is, azok úgy tekinthetők, mint akik megfelelnek a 305/2011 EU rendelkezésben foglalt gyártásellenőrzési rendszer kívánalmainak.

3. A gyártásellenőrzési rendszer a gyakorlatban:

- Minden alkalmazott mérő és vizsgálóberendezést rendszeresen ellenőrizni és hitelesíteni kell a lefektetett procedúráknak megfelelően.
- A bejövő faanyag specifikációit (beleértve a fafajt és a termőhelyet) fel kell jegyezni, valamint azt is, hogy milyen módon vizsgálták azt.
- Minden egységcsomagnak beazonosíthatónak és nyomkövethetőnek kell lennie a termelési folyamat során. A gyártónak írott procedúrákkal kell rendelkeznie, amelyek a nyomkövetési kódokat és/vagy jelöléseket rögzítik.
- A gyártónak a gyártási folyamatot a végterméknek megfelelő, ellenőrzött körülmények között kell kiviteleznie; az ellenőrzési folyamatot megfelelően dokumentálni kell.

- Termékvizsgálat és értékelés: a gyártónak megfelelő procedúrákat kell bevezetnie és működtetnie, amelyek biztosítják, hogy a végtermék rendelkezik a tanúsított jellemzőkkel.

A szilárdsági tulajdonságok tekintetében a C30 feletti osztályba sorolt fenyő faanyag szilárdságát rendszeres mintavételezéssel ellenőrizni kell az MSZ EN 408-as szabvány előírásai szerint. Tekintettel arra, hogy a vizuális szilárdsági osztályozás esetén ilyen magas osztályba csak a legritkább esetben sorolják az anyagokat (a DIN szabvány esetén C30 a legmagasabb lehetséges osztály), ezekre a vizsgálatokra vizuális szilárdsági osztályozás esetén nincs szükség.

Szárazon osztályozott fűrészáru esetén műszakonként egyszer ellenőrizni kell a faanyag nedvességtartalmát, az MSZ EN 13183-2, vagy az MSZ EN 14183-3 szabvány szerint. Az átlagos nedvességtartalom nem haladhatja meg a 20 %-ot, illetve az egyes vizsgált elemek nedvességtartalma a 24 %-ot.

A névleges mlretek az MSZ EN 336 szabványnak megfelelően kell ellenőrizni. Minden gyártott keresztmetszetet műszakonként legalább egyszer ellenőrizni kell. A névleges értéktől való eltérés nem haladhatja meg a termék tolerancia osztályában szereplő határértéket.

Ahol szükséges, a tűzellenállási teljesítményt is ellenőrizni kell műszakonként egyszer, az EN 13501-2-es szabványnak megfelelően. 350 kg/m³ alatti átlagos sűrűségű, vagy 22 mm vastagság alatti fűrészáru esetén, vagy, ha a 2000/147/EC rendelkezés szerinti D-s2, d0-nál magasabb tűzvédelmi besorolásra van szükség, a fűrészáru tűzzel szembeni reakcióját is vizsgálni és tanúsítani kell az MSZ EN 13501-1 szabvány szerint.

Az anyag természetes tartósságáról az MSZ EN 350-2 szabvány szerint kell nyilatkozni, külön említést téve a szíjács jelenlétéről, hacsak a gyártó külön nem gondoskodott a szíjács kiejtéséről. Védőkezelt anyag esetén az MSZ EN 15228 szabvány alapján kell kiállítani a nyilatkozatot. A károsanyag kibocsátásról csak a védőszerrel kezelt fűrészáru esetén kell nyilatkozni.

- Minden szilárdságilag osztályozott fűrészáru egységeket esetében az alábbi jellemzőket kell ellenőrizni és feljegyezni:
 - a. rakat azonosító
 - b. az anyag származási helye és a fafaj
 - c. a szilárdsági osztály és az osztályozási szabvány
 - d. névleges fűrészáru osztály és a tolerancia osztály
 - e. a szárazon osztályozott anyag esetén a nedvességtartalmi határértékek
 - f. dátum és műszak
 - g. az osztályozást végző szakember neve
 - h. C30-as osztály felett az osztályozott fűrészáru szilárdságvizsgálati eredményei.

Vizuális szilárdsági osztályozás esetén hetente legalább egy műszak során osztályozott anyag esetén fel kell jegyezni az egyes szilárdsági osztályokba, illetve a selejt osztályba sorolt anyag arányait, és a feljegyzéseket meg kell őrizni.

- Nem megfelelő termékek kezelése: a gyártónak írásos procedúrával kell rendelkeznie a nem megfelelő (azaz hibásan osztályozott) termékek kezelésével kapcsolatban. Minden ilyen eseményt fel kell jegyezni és ezeket a feljegyzéseket meg kell őrizni a gyártó írásos procedúráiban meghatározott időtartamig.

Amikor egy termék nem felel meg a kritériumoknak, a nem megfelelő termékekre vonatkozó előírások vonatkoznak rá, azonnal meg kell tenni a szükséges helyreigazító intézkedéseket, és a nem megfelelő termékeket vagy rakatokat el kell különíteni és megfelelően azonosítani.

Ha a hibát kijavították, a kérdéses ellenőrző tesztet meg kell ismételni.

Az ellenőrzések és tesztek eredményeit megfelelően dokumentálni kell. A termék leírását, a gyártás idejét, az alkalmazott vizsgálati eljárást, a vizsgálat eredményeit és a kritériumokat be kell vezetni a feljegyzések közé, az ellenőrzést/vizsgálatot végző személy aláírásával.

Minden olyan ellenőrzési eredmény esetén, amely nem felel meg a szabvány előírásainak, a kijavítás érdekében tett intézkedéseket (pl. a további elvégzett vizsgálatokat, az osztályozási folyamat módosítását, a termék újraosztályozását) fel kell tüntetni a feljegyzések között.

A gyártónak dokumentált eljárásrenddel kell rendelkeznie, amely megjelöli azokat az intézkedéseket, amivel meg lehet szüntetni a meg-nem-felelőséget, az újbóli előfordulás megakadályozása érdekében.

- A gyártónak dokumentált eljárásrenddel kell rendelkeznie arról, hogy milyen módszerekkel gondoskodik a termék minőségmegóvó tárolásáról, amely megakadályozza annak károsodását vagy minőségromlását.
- A gyártónak kétlépcsős gyártásellenőrzési rendszert kell működtetnie:
 - o gyártás előtti és/vagy közbeni ellenőrzés, a gyártásellenőrzési vizsgálati tervben lefektetett gyakorisággal
 - o a végtermék ellenőrzése és vizsgálata, a gyártásellenőrzési vizsgálati tervben lefektetett gyakorisággal

Általánosságban: minél részletesebb a gyártási folyamat közbeni ellenőrzés, annél kevésbé van szükség a termék ellenőrzésére.

A gyártónak meg kell őriznie azokat a dokumentumokat, amelyek bizonyítják, hogy a termelés ellenőrzésére sor került. A dokumentumoknak egyértelműen be kell mutatniuk hogy a termelés megfelelt-e a kritériumoknak, és legalább három évre visszamenően rendelkezésre kell állniuk.

4. A gyártásellenőrzési rendszer első vizsgálata, folyamatos ellenőrzése és módosítása
 - Az ellenőrzési rendszer első vizsgálatát az osztályozási folyamat bevezetése és megkezdése után kell elvégezni. A gyártási és gyártásellenőrzési dokumentációt meg kell vizsgálni, hogy az megfelel-e a korábbiakban leírt követelményeknek.

A vizsgálat során ellenőrizni kell az alábbiakat:

- az osztályozáshoz szükséges eszközök és erőforrások rendelkezésre állnak és megfelelően használják őket
- a gyártásellenőrzési rendszert a dokumentációnak megfelelően alkalmazzák
- a termékek megfelelnek az előírásoknak, amelyek szerint azokat tanúsítják.

Az összes vizsgálatot és azok eredményét fel kell jegyezni az első vizsgálati jegyzőkönyvbvben.

- A gyártásellenőrzési rendszer felülvizsgálatát vizuális osztályozás esetén legalább évente egyszer el kell végezni.

A felülvizsgálátnak ki kell terjednie az ellenőrzési rendszer vizsgálati tervére és a gyártási folyamatokra minden termék esetében hogy kiderüljön, történt-e valamilyen változás a legutóbbi felülvizsgálat óta. A változások fontosságát fel kell mérni.

Ellenőrzésekre van szükség a tekintetben, hogy a vizsgálati tervet továbbra is helyesen betartják-e, és hogy a berendezések továbbra is megfelelően karban vannak tartva, és megfelelő időközönként megtörténik-e az ellenőrzésük.

A gyártási folyamat során, valamint a készterméken elvégzett vizsgálatokról és mérésekről szóló jegyzőkönyveket át kell tekinteni annak ellenőrzése céljából, hogy a kapott értékek továbbra is megfelelnek-e a termékekkel kapcsolatos előírásoknak, és hogy az esetlegesen nem megfelelő eredmények esetén megtörténtek-e a szükséges intézkedések.

- Ha a terméket, az osztályozási folyamatot vagy a gyártásellenőrzési rendszert érintő változások történtek amelyek a végtermék szabványban rögzített paramétereire hatással lehetnek, akkor azokat a végetermék tulajdonságokat (azaz a szilárdsági osztályt, amire a módosítás jelentős hatással lehet, újra meg kell határozni.

Minden ilyen vizsgálatot fel kell jegyezni egy jegyzőkönyvbvben.

5. Jelölések

- Jelölési módok. A szilárdságilag osztályozott fűrészáru jelölése kétféleképp történhet:
 - A módszer: az egyes anyagok jelölése. Ez esetben minden egyes szerkezeti fűrészárut jól láthatóan és eltávolíthatatlan módon megjelölnek a megfelelő információkkal
 - B módszer: egységgrakat jelölés. Ebben az esetben minden szerkezeti fűrészáru rakat jól látható és eltávolíthatatlan jelölést kap a megfelelő információkkal.
- A fűrészárun (A módszer) vagy a rakaton (B módszer) feltüntetendő információk:
 - a. A gyártó neve vagy azonosító jelölése
 - b. A "DG" jelölés szárazon osztályozott fűrészáru esetén. Alternatív jelölés elképzelhető, de csak abban az esetben, ha a fűrészárut a szárazon osztályozott fűrészáru követelményei szerint szárították. Ebben az esetben az alternatív jelöléssel kapcsolatos részletes információknak szerepelniük kell a dokumentációban.
 - c. Azonosító kód, amely alapján a termék a kísérő dokumentumokban azonosítható.
 - d. A fűrészáru leírása, a következők szerint:
 - megnevezés: szilárdságilag osztályozott szerkezeti faanyag
 - a méret tűrésosztálya
 - a fafaj vagy fafajcsoport kódja az MSZ EN 13556 szerint
 - a származási ország azonosító kódja az EN ISO 3166-1 szerint
 - a szilárdsági osztály a nemzeti szabvány szerint, és az alkalmazott osztályozási szabvány
 - e. az EN 338 szerinti szilárdsági osztály
 - f. tűzvédelmi osztály (ülön vizsgálat nélkül D-s2, d0, vagy a külön vizsgálattal meghatározott tűzvédelmi osztály
 - g. tűzzel szembeni ellenállás (beégési sebesség) a jellemző sűrűség és fafaj alapján

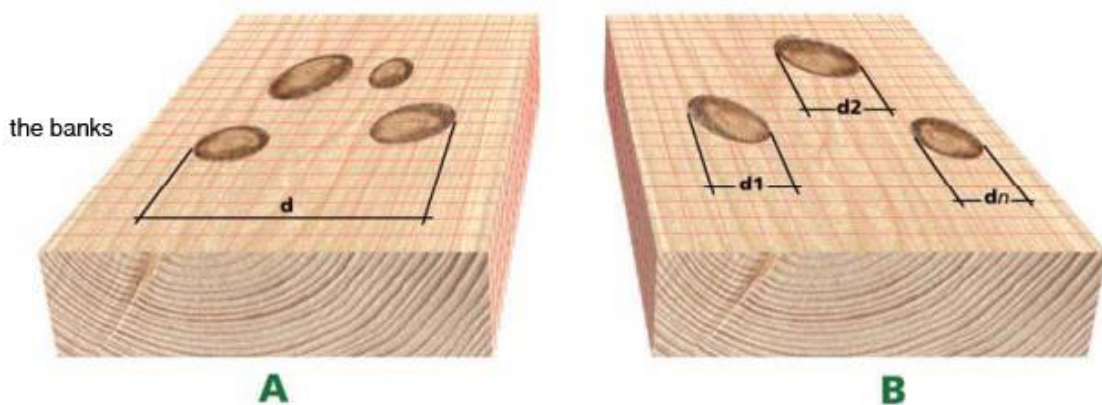
h. tartóssági besorolás

- kezeletlen fűrészásu esetén az EN 350-2 szerinti fafaji besorolás szerint,
- faanyagvédőszerrel kezelt fűrészáru esetén a "PT" megjelölés és az EN 15228 szerinti besorolás

Másrészt, a tananyag fontos része a DIN 4074 szabvány szerinti osztályozási eljárás ismertetése. A szabvány konkrét osztályozási kritériumokat határoz meg, ami alapján az egyes faanyagok szilárdsági osztályokba (Sortierklasse, S) sorolhatók be. A szabvány az alábbi paraméterekre terjed ki:

1. Göcsösség: a legfontosabb osztályozási kritérium.

A göcsösség mérése a fűrészáru szélességének arányában történik. Ezen belül eltérő szabályok vonatkoznak a gerendák, a deszkák, és a tetőlécék osztályozására. Nem tesznek különbséget a kieső és nem kieső göcsök között, az ághelyek az ággöcsökkel azonos elbírálás alá esnek, és a benőtt kéreg is hozzáadódik a göcs átmérőjéhez. A fűrészáru 15 cm-es szakaszon belül elhelyezkedő göcsök átmérőjét az alábbi ábra szerint kombinálni kell (a kombinált átmérő azonos a baloldali ábrán látható d értékkel, vagy a jobboldali ábrán a $d_1+d_2+d_3$ összeggel).



Az 5 mm-nél kisebb göcsök (tűgöcsök) nem kerülnek beszámításra.

2. Rostkifutás

Rostkifutás alatt a rostirány eltérését értjük a fűrészáru hossz tengelyéhez képest. A rostkifutást százalékos értékkel jellemezzük.

3. Bél

A bél nem megengedett akkor sem, ha nem a fűrészáru teljes hosszában van jelen.

4. Évgyűrűszélesség

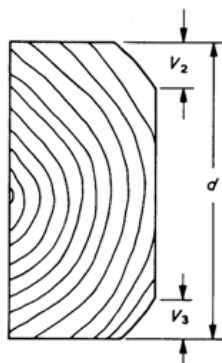
Az évgyűrűszélesség mérése a бүтүн történik, az évgyűrűkre merőlegesen. Az évgyűrűszélesség mérése úgy történik, hogy egy adott szakaszon megsámoljuk az évgyűrűk számát, és a szakasz hosszát elosztjuk az évgyűrűk számával. Az évgyűrűszélességre vonatkozó határértékek kizárják a nagy évgyűrűszélességű, és ennek következtében alacsony sűrűségű és szilárdságú faanyag alkalmazását.

5. Repedések

A villámrepedés és a gyűrűs elválás, ami már a hengeres fában is jelen van, nem megengedett. A fűrészáru hosszának ¼-énél rövidebb repedések figyelmen kívül hagyhatók. A repedések mélységét a repedés hosszában három helyen kell mérni, és az átlagértéket figyelembe venni. A repedések mélységét a fűrészáru szélességének vagy vastagságának az arányában fejezik ki. Kétoldali repedés esetén a repedések mélysége összeadódik.

6. Tompaélűség

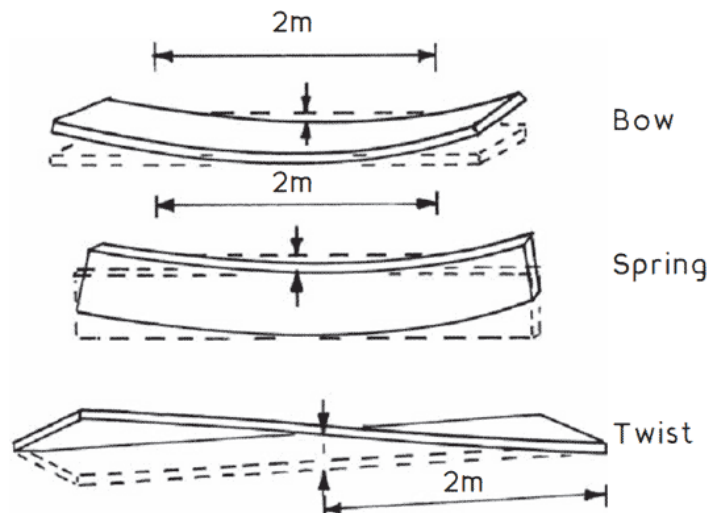
A fűrészáru tompaélűségét úgy határozzák meg, hogy az ép oldalfelületet osztják a teljes szélességgel illetve vastagsággal. A legrosszabb értéket kell figyelembe venni az osztályozásnál.



$$\text{Tompaelűség} = \frac{d - v_2 - v_3}{d}$$

7. Görbeség, csavarodás

A görbeség és a csavarodás mértékének a mérése a fűrészáru legdeformáltabb szakaszán történik. A görbeség vagy csavarodás mértékét a 2000 mm-es szakaszon mérhető eltérés mm-ben mért értékeként határozzák meg.



8. Elszíneződés

Az elszíneződés a normál, természetes faanyag színétől való eltérés. A kékülés a szilárdsági paramétereket nem befolyásolja, és korlátlanul megengedett. A vörös és barna csíkozottság szerepel az osztályozási szempontok között, a barna és fehér korhadás pedig nem megengedett. Az elszíneződés mértékét a fűrészáru felületén, a kerület arányában mérik.

9. Nyomott fa

A nyomott fa a fatörzs oldalirányú terhelésének a hatására, reakciófaként jön létre. Vizuálisan egyes helyeken láthatóan szélesebb évgyűrűkről, illetve a sötétebb színükről lehet felismerni. A mérése a faanyag felületén, a hossz tengelyre merőlegesen történik (az elszíneződés alapján).

10. Rovarrágás

Az élő- illetve a frissen döntött faanyagot az élőfa károsító rovarok megtámadhatják. A szárított faanyagban nincs lehetőség a további terjedésére. A szilárdságra gyakorolt hatása a kirepülőnyílások méretétől függ. 2 mm-nél kisebb átmérőjű nyílások megengedettek.

A fenti paraméterekre vonatkozó kritériumok és határértékek a DIN 4074-es szabványban megtalálhatók.

A DIN 4074 szabvány szerint a fűrészárúk 3 szilárdsági osztályba (S7, S10, S13) sorolhatók be. Az MSZ EN 1912-es szabvány ezeket a szilárdsági osztályokat az alábbiaknak megfelelően sorolja be az MSZ EN 338-nak megfelelő európai szilárdsági kategóriákba:

Fafaj	Sortierclasse (DIN 4074)	Szilárdsági osztály (EN 338)
Duglász fenyő	S7	C16
	S10	C27
	S13	C35
Lucfenyő, Erdei fenyő	S7	C18
	S10	C24
	S13	C35
Fenyők, egyéb	S7	C16
	S10	C24
	S13	C30
Nyár	LS13	C27
	LS10	C22
Tölgy	LS10	D30
Kőris	LS10, LS13	D40
Juhar	LS10, LS13	D30
Bükk	LS10	D35
	LS13	D40

Míg Magyarországon a nemzeti szabványok közül egyértelműen a német DIN szabvány szerinti osztályozás a legelterjedtebb, számos egyéb alternatíva is rendelkezésre áll. Néhány nemzeti szabványt és az ahhoz tartozó osztályozási kritériumokat mutat be a B melléklet.

2.5. A tanúsítás lehetősége, és a MMK lehetséges szerepe

Mint korábban leírtuk, a fűrészáru osztályozására csak gyártó cégeknek van lehetőségük, akik egyrészt a megfelelő nemzeti osztályozási szabvány alkalmazásával tudják végezni az osztályozási tevékenységet, másrészt pedig megfelelő gyártásellenőrzési rendszert kell bevezetniük és üzemeltetniük az MSZ EN 14081:2016 szabvány követelményeinek megfelelően.

Az Építésügyi Minőségellenőrzési Intézet, mint tanúsító testület, nem végezhet tanácsadási tevékenységet. A cégek munkatársai azonban sajnálatosan alulinformáltak a tanúsításhoz szükséges feltételekkel, és különösen a gyártásellenőrzési rendszer kialakításával és üzemeltetésével kapcsolatban. Az ÉMI munkatársaival történt egyeztetés alapján az intézet kimondottan pozitívan áll hozzá az MMK esetleges részvételéhez.

A fentiek alapján elképzelhető lenne egy képzés összeállítása ezen a területen, ami nagyon hasznos lenne az ezzel foglalkozó mérnökök számára. A képzés tananyagának az alapját képezhetik a fentiekben leírtak, amelyeket ki kellene egészíteni a DIN szabványban található pontos kritériumokkal, valamint a gyártásellenőrzési rendszer pontos megvalósítására vonatkozó példával. Az ÉMI munkatársai szívesen közreműködnek egy ilyen tananyag ellenőrzésében, pontosításában.

3. Gépi szilárdsági osztályozás

A fűrészáru szilárdság szerin történő osztályozása közel 60 éves múlttal rendelkezik. 1959-ben történt a Washington Állami Egyetemen az USA-ban, Pullmanban, egy asztalláb váratlan törése az anyagvizsgálati laboratóriumban, ami jelentős anyagi kárt is okozott. Ennek kapcsán kezdtek el foglalkozni a faanyag szilárdságának előrejelzésével, becslésével. Az anyag szilárdságát meghatározni csak tönkretétellel lehetséges. Keresték azokat a törés – roncsolás nélkül mérhető paramétereket, amelyekkel a szilárdság kellő pontossággal előre jelezhető. Csakhamar rájöttek arra, hogy a hibamentes gerendák nagyobb rugalmassági modulusza nagyobb szilárdsággal párosul. Ennek kapcsán jött létre egy speciális szakterület, a roncsolásmentes fa és faanyag vizsgálat. 1963-ban jött létre az első nemzetközi konferencia ezen a téren. Azóta 2-3 évente kerül sor ilyen konferenciákra, 2000-ben és 2011-ben Soproni Egyetem lehetett a házigazda.

Már a hatvanas évek elején létrehozták az ipari körülmények között is alkalmazható statikus rugalmassági moduluszt mérő görgős osztályozó gépet a CLT-t. CLT a (Continuous Lumber Tester) folytonos fűrészáru vizsgáló szavak kezdőbetűiből származik. Érdekes karriert futott be a CLT berendezés. Az innovatív fűrészüzemek megvásárolták az CLT berendezést és elkezdtek ontani a szilárdság szerint osztályozott fűrészárut. Természetes módon a nagyobb szilárdságú anyagot drágábban adták. Mivel az építőipar még nem volt felkészülve a szilárdság szerint osztályozott faanyag feldolgozására, a kapcsolódó szabványok sem álltak rendelkezésre, ezért a fűrészüzemek nyakán maradt nagy mennyiségben a drága de nagy szilárdságú fűrészáru. Néhány cég – részben ennek a helyzetnek köszönhetően csődbe került. A csődeljárás során olcsón jutottak az építőipari cégek jó minőségű fűrészáruhoz. Ezeket az anyagokat felhasználva megtapasztalták azt, hogy anyaghiba miatt bekövetkező váratlan tönkremenetel nem történt, ami jelentős költségcsökkenést eredményezett. A pozitív tapasztalatok hatására a 70-es évek végétől már elkezdtek keresni az építőipari cégek a géppel osztályozott fűrészárut. Az igények növekedése kikényszerítette a CLT továbbfejlesztését. Az alapelvet – a statikus rugalmassági modulusz mérését megtartva felgyorsították a gépet, a HCLT előtolási sebessége akár 65 km/óra is lehet.

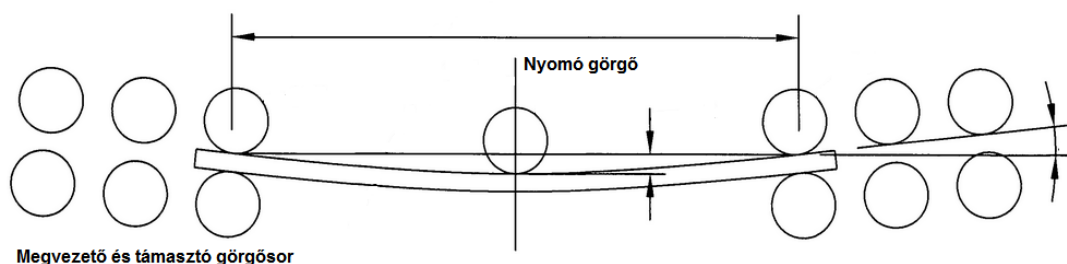
A hazai helyzet a fűrészáru osztályozás területén egészen más. Az EuroCode bevezetésével a vonatkozó szabványok rendelkezésre állnak, MSZ EN 338 a fűrészáru szilárdsági osztályait határozza meg. Az osztályozó géppel szemben támasztott követelményeket az MSZ EN 14081-es szabványsorozat írja le. A szabványsorozat 1. része tartalmazza az általános követelményeket. A 2. rész írja le az első típusvizsgálat követelményeit. A 3. rész az üzemi gyártásellenőrzés követelményeit tartalmazza. A 4. rész tartalmazza a gyakorlatban is használható berendezések beállítási értékeit, különböző szilárdsági osztályok kombinációira, és bizonyos termőhelyről származó fafajokra vonatkozóan (MSZ EN 14081-1,2,3,4). A szabványok megléte nem keltette fel az építésszek és statikusok érdeklődését. Ennek köszönhetően a fűrészüzemek nem költenek feleslegesnek tűnő és lassan megtérülő beruházásra. Ezért nincsen hazai üzemnek szilárdság szerint történő osztályozó gépe.

3.1. Statikus rugalmassági modulusz mérésén alapuló osztályozó gépek

Ez az eljárás volt az első, ami a gyakorlatban széles körben elterjedt. Alapja a hajlító rugalmassági modulusz és az anyag hajlítószilárdsága közti jó korreláció, $r^2=0.675$ (Divos 2011). Ez a hajlító rugalmassági modulusz mért értékei alapján szilárdsági kategóriákba való besorolást tesz lehetővé. Két alapvető eljárás van, amely a hajlító rugalmassági modulusz folyamatos mérésén alapul:

- adott, állandó erőhatás következtében fellép. lehajlást méri
- adott lehajlás előidézéséhez szükséges terhelő erőt méri

Mára már a hajlító rugalmassági modulusz meghatározására különböző konstrukciókat dolgoztak ki, amelyeknek eltérő a pontossága. Az előtolási sebesség géptípustól függően 50 és 1080 m/perc között változik. Az első berendezés a CLT 1963-ban kezdte meg működést az USA-ban:



Forrás: Method and apparatus for calibrating wood testing machine US 7974803 B2, szabadalmi leírás.

További hasonló osztályozó berendezés típusok:

- COMPUTERMATIC (Anglia),
- RAUTE TIMGRADER (Finnország),
- COOK BOLINDERS (Finnország),
- STRESS-O-MATIC (USA).

Az alábbi ábra az egyik leggyorsabb fűrészáru osztályozó gépt, a HCLT-t mutatja.



Forrás: <http://metriguard.com/>

A statikus rugalmassági modulus meghatározásán alapuló görgős rendszerek előnyei, hogy nagy sebességgel osztályoznak, a technológiába jól beépíthetőek, azonban meg kell említeni, hogy ezek a berendezések viszonylag drágák, a fűrészáru végei nem minősíthetőek vele, valamint egy adott vastagságnál (70-80 mm) nagyobb keresztmetszetre nem alkalmazhatóak és igen nagy a karbantartásigényük is.

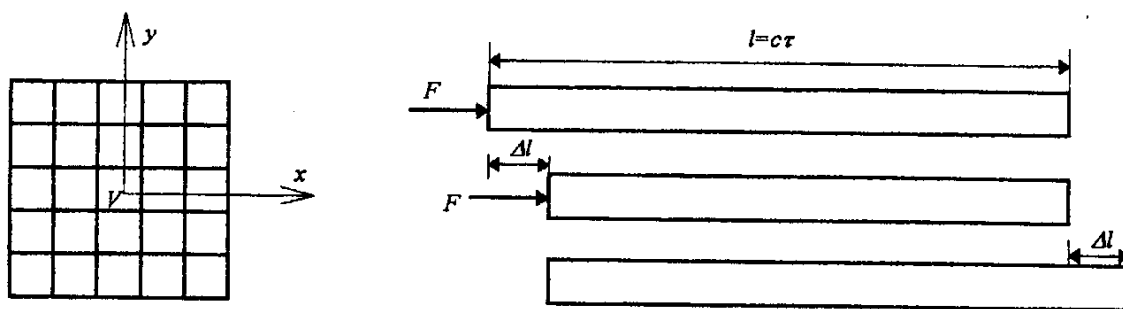
A rugalmassági modulus az anyagoknak az a tulajdonsága, amely meghatározza a terhelés hatására bekövetkező deformáció mértékét. Ez a paraméter tehát fontos olyan szerkezetek esetében, ahol a behajlásra méretezünk (födémek, polcok, stb.). A másik ok, amiért ez a paraméter érdeklődésre tarthat számot, az, hogy a rugalmassági modulus jól korrelál ($r^2=0.7$) a hajlítószilárdsággal, így felhasználható annak becslésére is. Ezt az alapvetet ma már széles körben alkalmazzák fűrészáru gyártás közbeni minősítésére, ahol is görgős rendszerek segítségével becslik a hajlítószilárdságot.

3.2. Dinamikus rugalmassági modulusz mérésén alapuló osztályozó gépek

A különböző anyagok rezgési karakterisztikájára nézve meghatározóak az elasztikus tulajdonságok. A megfelelő összefüggések ismeretében tehát a szerkezetek rezgési karakterisztikájából következtetni lehet az anyag rugalmassági modulusára. Az ilyen módon meghatározott rugalmassági moduluszt dinamikus rugalmassági modulusnak hívjuk, és mérésére többféle lehetőség kínálkozik. Ezek közül az egyik legegyszerűbb a longitudinális rezgések használata. Ezt a módszert már több kutató is vizsgálta és megállapították, hogy a longitudinális rugalmassági modulus kiválóan korrelál a hajlítószilárdsággal. (Pellerin és Galligan, 1964; Divós, 1994)

A dinamikus rugalmassági modulus mellett a gyakorlat számára fontos a statikus rugalmassági modulus is. A vizsgálatok azt mutatják, hogy a két anyagjellemző közt meglehetősen szoros összefüggést lehet felállítani. A két modulus érték közti különbség elsődleges oka az, hogy a dinamikus vizsgálatnál az anyag deformációja nagyon gyorsan megy végbe. Ez nem ad lehetőséget a viszkoelasztikus deformációra, ami statikus terhelésnél fontos szerepet játszik. A két mérés közt a mérésre fordított idő akár 3-4 nagyságrenddel is különbözhet. Ha a fa viszkoelasztikus viselkedését figyelembe vesszük, akkor a jelentős idő különbség magyarázatot ad arra, hogy miért nagyobb 8-10%-al a dinamikusan mért rugalmassági modulus, mint a statikus.

A következőkben bemutatjuk, azt, hogyan terjed a longitudinális hullám hosszú rudakban, levezetjük a longitudinális hullámokkal végzett dinamikus rugalmassági modulusz mérésének alapösszefüggését. A rugalmas hullámok terjedésénél az anyagi közeg részecskéi között fellépő rugalmas erők játszanak szerepet. Szilárd közegben például a V térfogatelem (3.1. ábra) x irányú elmozdulásaként vagy rezgéseként megnyilvánuló zavar a nyomóerők által az x tengely menti, a nyíróerők által pedig az y tengely menti szomszédos elemekre is áttérjed.



Legyen a fenti ábrán látható rúd keresztmetszete A , sűrűsége ρ , rugalmassági modulusa pedig E . Ha a rúd baloldali végére hosszirányban igen rövid τ ideig F erő hat, például a rúd végére kalapáccsal ráütünk, akkor ez a rúd összenyomásában megnyilvánuló zavar longitudinális hullámként halad jobbra bizonyos c sebességgel, és τ idő alatt $l = c \cdot \tau$ távolságra jut el. Legyen a rúd hosszúsága éppen ez az l távolság. Ekkor a zavar terjedését az ábra szerint képzelhetjük el. Az erőhatás kezdetekor, $t = 0$ -nál még az egész rúd nyugalomban van. A $t = \tau$ időpontban a rúd baloldali véglapja már valamilyen Δl -el elmozdult, de a jobb oldali véglap még éppen nyugalomban van. A $t = 2\tau$ időpontban, az előrehaladás megszűnte után τ idő múlva a jobb oldali véglap is elmozdult Δl -el. Az állandónak feltételezett F erő tehát az l hosszúságú rudat Δl -el megrövidíti, azaz a Hooke-törvény alapján fennáll:

$$F = E \cdot \frac{\Delta l}{l} \cdot A$$

Másrészt, az ábra szerint az $F \cdot \tau$ erőlkés hatására először a bal oldali véglap, majd egymás után valamennyi keresztmetszet elmozdul $v = \frac{\Delta l}{\tau}$ sebességgel, tehát végeredményben úgy számolhatunk, mintha ezzel a sebességgel az egész $m = \rho \cdot A \cdot c \cdot \tau$ tömegű rúd elmozdult volna. Ezért az impulzustétel szerint:

$$F \cdot \tau = m \cdot v = \rho \cdot A \cdot c \cdot \tau \cdot \frac{\Delta l}{\tau}$$

Az F -et az előző egyenletből behelyettesítve, egyszerűsítés után a rugalmassági modulusra a következő egyszerű formula adódik:

$$E = \rho c^2$$

Fontos megjegyezni, hogy a fenti összefüggés csak valóban hosszúkás anyagokban terjedő, longitudinális hullámokra igaz. A nagyobbik keresztmetszeti méret 5-szörösét meghaladó hosszra van szükség.

Longitudinális hullámok a a fűrészáru végére mért kis ütéssel gerjeszthetők és a keltett hang frekvenciája (f) és a fűrészáru hossza (L) ismeretében meghatározható:

$$c = 2 \cdot f \cdot L,$$

Ezek után a hang terjedési sebességére vonatkozó összefüggés felhasználásával a következő képlettel határozható meg a dinamikus rugalmassági modulusz:

$$E = c \cdot v^2 = 4 \cdot L^2 \cdot f^2 \cdot \rho$$

3.3. A csillapítás hatása a frekvenciára

Valós esetben a longitudinális lökeshullámok által keltett rezgés – akárcsak az összes többi rezgésfajta – nem pontosan harmonikus rezgés, mert az anyag belső súrlódása és egyéb tényezők hatására a rezgés amplitúdója csökken. Ezt a jelenséget csillapításnak nevezzük. A csillapításnak több fajtája létezik, ezek közül matematikailag legegyszerűbben leírható az az eset, amikor az egymást követő amplitúdók geometriai haladvány szerint csökkennek, azaz a soron következő amplitúdó érték mindig ugyanolyan arányban csökken az előzőhöz képest. Feltételezve, hogy az általunk vizsgált csillapodó rezgés ebbe a rezgésfajtába tartozik, a mozgást a következő egyenlet írja le:

$$x = A \cdot e^{-\beta \cdot t} \cdot \sin(\omega \cdot t + \alpha)$$

ahol: A - az amplitúdó értéke $t = 0$ -ban

e - a természetes alap

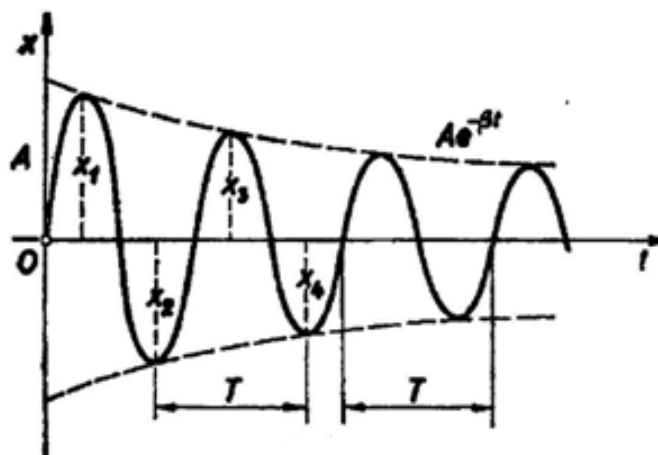
β - csillapítási tényező

t - idő

ω - a rezgés körfrekvenciája ($2\pi f$)

α - kezdőfázis

Az alábbi ábra mutatja a csillapodó rezgések burkológörbéjét:



Amint a fenti ábrán látható, a rezgési görbét ebben az esetben egy exponenciális görbe burkolja, melynek egyenlete a fenti kifejezésben is szereplő $e^{-\beta t}$ függvény. Ebből látható, hogy a β értéke meghatározó a csillapítás mértékére nézve. A csillapítás jellemzésére gyakran használják a $\Lambda = \beta T$ értéket is, ahol T a rezgés periódusideje. Ezt a mennyiséget logaritmikus dekrementumnak nevezzük.

Fontos tudnivaló, hogy a csillapító erők nem csak a rezgés amplitúdójára vannak hatással, hanem befolyásolják a periódusidőt, és ezzel a frekvenciát is. Ezt a jelenséget a következő összefüggés írja le matematikailag:

$$T = T_0 \cdot \sqrt{1 + \frac{\Lambda^2}{4\pi^2}}, \quad \text{vagy} \quad f = \frac{f_0}{\sqrt{1 + \frac{\Lambda^2}{4\pi^2}}},$$

ahol: T_0, f_0 – az érzékelt periódusidő, illetve frekvencia

T, f – a megfelelő csillapítatlan rezgés periódusideje, illetve frekvenciája.

Longitudinális rezgések esetében a Λ csillapítási tényezője nagyban függ a megfogási körülményektől (például jelentősen növekszik merev befogás esetén, amely nem engedi szabadon továbbterjedni a hullámokat). Amennyiben a próbatestet nem fogjuk be, hanem csupán valamilyen alátámasztó felületre helyezzük, a logaritmikus dekrementum értéke igen kicsiny, így a csillapítás legtöbbször elhanyagolható. Fontos megjegyezni, hogy ez nem minden anyag esetén igaz, például forgácslapok esetében a fenti korrekciót nem lehet elhagyni.

3.4. Egyéb megfontolások

A mérést olyan módon lehet kivitelezni, hogy a próbatest bütűjét finoman megkoccintjuk egy kalapács segítségével. Ilyen módon az anyagban egy rostirányú lökéshullámot indítunk el, ami longitudinális rezgésbe hozza a próbatestet. Méréstechnikailag fontos, hogy milyen keménységű anyagot használunk a próbatest megütéséhez. A puhább anyagok jobban megfelelnek, ha alacsonyabb frekvenciát akarunk gerjeszteni. Ha magasabb frekvenciatartományban kell mérnünk, keményebb kalapácsot kell használni. Általános irányelveként elmondható, hogy minél kisebb a próbatest, illetve minél nagyobb a rugalmassági modulusa, annál magasabb frekvenciát kell gerjeszteni, azaz annál keményebb kalapácsra van szükség.

Mint ismeretes, a fa ortogonálisan anizotróp (ortotróp) anyag, ezért tulajdonságai különbözőek a három anatómiai főirányban. Ennek megfelelően megkülönböztetünk longitudinális, radiális és tangenciális irányban mért rugalmassági modulusokat. Ezek közül, a faanyag sajátos felhasználási tulajdonságai miatt a legfontosabb a longitudinális rugalmassági modulus. Mivel ennél a vizsgálatnál longitudinális lökéshullámokat gerjesztünk, a mért frekvenciából számított rugalmassági modulus érték is ilyen irányú terhelésre vonatkozik.

A teljesség kedvéért meg kell említeni, hogy a rugalmassági modulus értéke bizonyos mértékben változik a hőmérséklet és a nedvességtartalom hatására, ami értelemszerűen befolyásolja a hang terjedési sebességét is. A növekvő hőmérséklet kismértékben csökkenő rugalmassági moduluszt eredményez. A faanyag nedvességtartalmának 1%-os növekedése a rugalmassági modulusz 1%-os csökkenését eredményezi.

Az **A Mellékletben** található táblázat tartalmazza az MSZ-EN 338-as szabvány szerinti szilárdsági osztályokat, a rugalmas és a szilárdsági tulajdonságokat. Mindössze két fafaj csoportot tartalmaz a szabvány: fenyő + nyárfa és lombos fák csoportját.

3.5. A PLG+ osztályozógép

A Nyugat-magyarországi Egyetem Bódig József Roncsolásmentes Faanyagvizsgáló laboratóriumában Sismándi Kiss Ferenc fejlesztette ki az ipari környezetben is használható PLG+ fűrészáru osztályozó gépet. A kiindulást a PLG (Portable Lumber Grader – hordozható fűrészáru osztályozó) elnevezésű berendezés jelentette, amely meghatározza az anyag longitudinális rezgés frekvenciáját, méri a faanyag fél tömegét, és számolja a dinamikus rugalmassági moduluszt, majd szilárdsági osztályba soroláshoz az MSZ EN 338 szabványt alkalmazza.

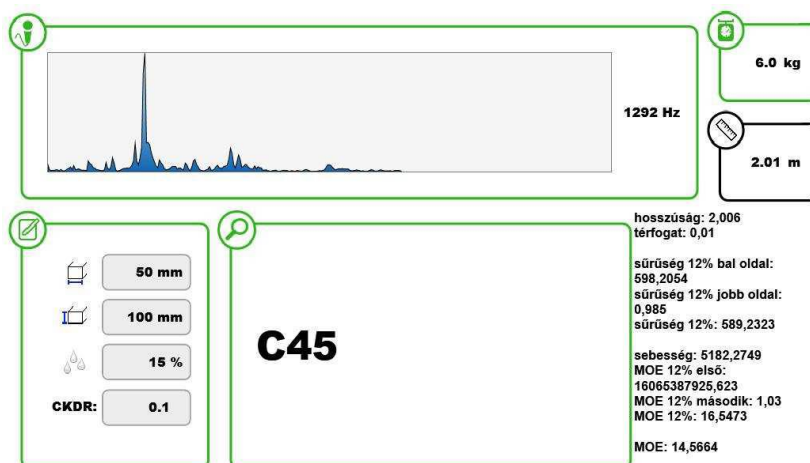
A már meglevő berendezés továbbfejlesztéséhez, a Baross Gábor Program keretében elnyert támogatás biztosította az anyagi fedezetet. Így jött létre a PLG+ berendezés.

A fejlesztés során elvégzett átalakítások:

- Egy mérleg helyett kettő,
- fűrészáru hossz mérése lézerrel,
- kalapács helyett automatikus ütőmű,
- ipari panel számítógép,
- műszerek koncentrációja, por védelme, ipari környezetre alkalmassá tétel.
- A kezdeti típusvizsgálathoz ezernél több gerenda megvizsgálására – beleértve a törés vizsgálatot – került sor.



A szoftveres felületet is megváltozott, hogy a gyakorlat számára egy könnyebben kezelhet. berendezést kapjunk. Ennek érdekében egy Panel PC-t építettünk be a rendszerbe, melynek érintőképernyős kijelzője megkönnyíti a kezelést. 6. ábra az ipari környezetben is használható Panel PC-t, valamint az új osztályozó szoftver felületét mutatja.



Elkészült a PLG+ típusvizsgálata, ami a PLG+ által meghatározott osztályba sorolást hasonlítja össze az anyagvizsgáló gépen elvégzett a statikus rugalmassági modulusz és törés vizsgálat által meghatározott osztályokkal. Az osztályba sorolás az MSZ EN 338 szerint történt. Mivel a gyakorlat nehezen viseli a túl sok osztályt ezért a következő osztályokat értelmezi a PLG+: osztályon kívüli, C18, C24 és C30. A 2. táblázat mutatja be az eredményeket. Az alábbi táblázat összesen 977 db gerenda vizsgálatát tartalmazza A mátrixban szereplő adatok az esetszámot mutatják. A 2. táblázat szerint olyan eset, amikor PLG+ C24-es osztályt jelzett, de a törővizsgálat C30-as minőséget talált 114 alkalommal fordult elő. A főátló felett alá becslés, a főátló alatt felé becslés esete forog fenn. A főátlóban a teli találat esetszáma látható.

Esetszámok				
Statikus vizsgálat szerinti osztály	PLG+ szerinti osztály			
	C30	C24	C18	elvet
C30	163	114	13	0
C24	6	57	82	1
C18	2	36	195	71
elvet	0	3	37	197
Teljes szám	171	210	327	269

A fenti táblázat szerint az osztályozó gép megfelel a szabványban elvárt követelményeknek. Már csak arra van szükség, hogy egy akkreditációs testület a pecsétet kiadja.

4. Összefoglalás, konklúzió

A tananyagfejlesztési koncepcióban összefoglaltuk, áttekintettük és rendszereztük a fűrészáru szilárdsági osztályozásával kapcsolatos szabványokat, az ahhoz rendelkezésre álló módszereket és berendezéseket. Az anyag alapján előkészíthető egy olyan továbbképzés, amely kiterjed:

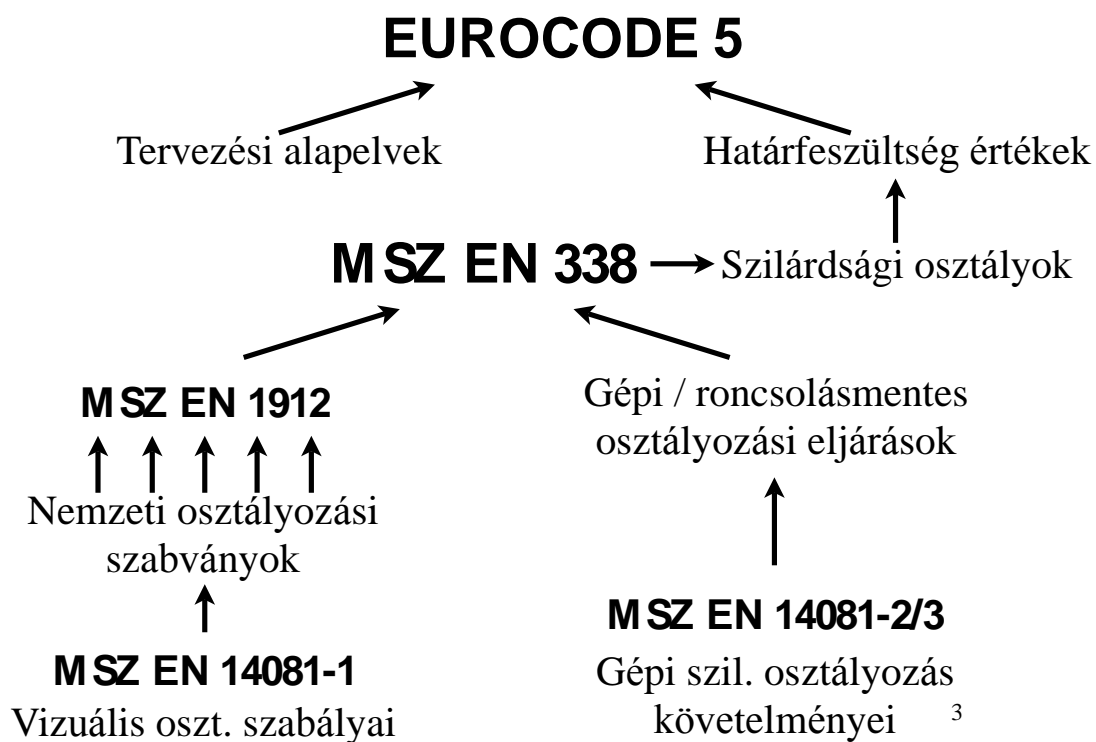
- A fűrészáru szilárdsági osztályozásával kapcsolatos általános tudnivalókra, mint az osztályozás jelentősége, módszerei, fafajcsoportok, a szilárdsági osztályok rendszere, stb.
- A vizuális szilárdsági osztályozással kapcsolatos elvárásokra és előírásokra (pl. az üzemi gyártásellenőrzési rendszer bevezetése, üzemeltetése, felügyelete és módosítása, stb.)
- A vizuális szilárdsági osztályozás konkrét előírásaira valamely nemzeti szabvány (célszerűen a DIN 4074-1 és a DIN 4074-5) alapján
- A gépi szilárdsági osztályozási eljárások lehetséges alapelveire és berendezéseinek ismertetésére
- A hazai fejlesztésű PLG+ osztályozóberendezés használatára.

5. Irodalomjegyzék

1. Absatzförderungsfonds der deutschen Forst- und Holzwirtschaft. 2004. **DIN 4074 - Qualitätskriterien für konstruktive Vollholzprodukte.** holzbau handbuch Reihe 4 Teil 2 Folge 1.
2. Bejó L., Divós F. 2015. **Mennyi az annyi? Hogyan tervezhetünk megbízható szerkezeteket egy olyan „megbízhatatlan” anyagból, mint a fa, avagy hogyan állapíthatjuk meg a faanyag szilárdságát?** Magyar Építéstechnika 2015(9):36-38
3. Divos F., Járasi J., Hodász E. 1994. **Lumber Strength Grading by Measuring Dynamic MOE.** Proc. of the First European Symposium on Nondestructive Evaluation of Wood, Sopron, Hungary. p531.
4. Divos F., Sismándy-Kiss F., Takats P.: **Evaluation of historical wooden structures.** SHATIS'international conference on structural health, Lissabon, (2011)
5. French Timber & Association for the Promotion of French Oak (APECF) 2015. **Grading of Oak Sawn Timber.** (Information Material)
6. Pellerin R., Galligan W.; **Vibrational approach to Nondestructive Testing of Structural Lumber.** Forest Prod. J. 15(3): 93-101. (1964)
7. Sismándy-Kiss F. 2012. **Fűrészáru szilárdsága és fizikai tulajdonságainak kapcsolata.** Doktori (PhD) értekezés, NymE Cziráki József Faanyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola, Sopron.

A Melléklet – A fűrészáru szilárdság szerinti osztályozásának és a faszerkezetek méretezésének rendszere

A szilárdsági osztályozás rendszere



B Melléklet – Az MSZ EN 338 szerinti szilárdsági kategóriák

(megj.: korábbi szabvány verzió alapján)

	Fenyő és nyár fafajok												Lombos fafajok					
	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40				D30	D35	D40	D50	D60	D70
Szilárdsági tulajdonságok, N/mm ²																		
Hajlítás	f _{m,k}	14	16	18	22	24	27	30	35	40			30	35	40	50	60	70
Rostirányú húzás	f _{t,0,k}	8	10	11	13	14	16	18	21	24			18	21	24	30	36	42
Rostirányra merőleges húzás	f _{t,90,k}	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4			0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9
Rostirányú nyomás	f _{c,0,k}	16	17	18	20	21	22	23	25	26			23	25	26	29	32	34
Rostirányra merőleges nyomás	f _{c,90,k}	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,6	5,7	6,0	6,3			8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Nyírás	f _{v,k}	1,7	1,8	2,0	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8			3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Merevségi tulajdonságok, N/mm ²																		
Rostirányú rugalmassági modulus középértéke	E _{0,mean}	7	8	9	10	11	12	12	13	14			10	10	11	14	17	20
Rostirányú rugalmassági modulus 5%-os kvantilisé	E _{0,05}	4,7	5,4	6,0	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4			8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Rostirányra merőleges rugalmassági modulus középértéke	E _{90,mean}	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,4	0,43	0,47			0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Nyírási modulus középértéke	G _{mean}	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88			0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
Térfigati sűrűség, kg/m ³																		
Térfigati sűrűség	ρ _A	290	310	320	340	350	370	380	400	420			530	560	590	650	700	900
Térfigati sűrűség középértéke	ρ _{mean}	350	370	380	410	420	450	460	480	500			640	670	700	780	840	1080

C Melléklet – A vizuális osztályozáshoz rendelkezésre álló nemzeti szabványjelzetek listája













Ausztria:	ÖNÖRM DIN 4074-1:2009+A1:2012
Csehország:	CSN 73 2824-1:2004 és CSN 73 2824/Z1:2009
Északi államok:	INSTA 142:2009
Egyesült Királyság:	BS 4978:2007 és BS 5756:2007
Franciaország:	NF B 52-001-1:2011
Írország:	IS 127:2002
Hollandia:	NEN 5493:2010
Kanada:	NLGA: 2010
Lengyelország:	PN-D-94021:2013
Németország:	DIN 4074-1 és DIN 4074-5
Olaszország:	UNI 11035-1/-2:2010
Portugália:	NP 4305
Spanyolország:	UNE 56.544, 56.546
Szlovákia:	STN 49 1531:2001
Szlovénia:	SIST DIN 4074-1:2009

D Melléklet – Szemelvények néhány nemzeti osztályozási szabvány előírásaiból

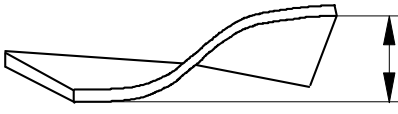

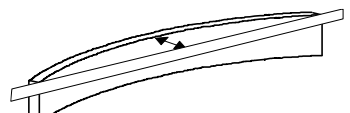

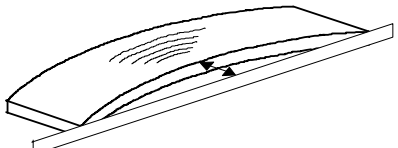

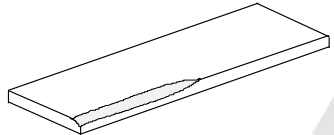

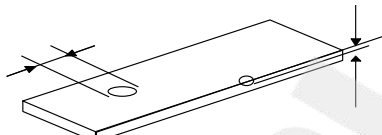

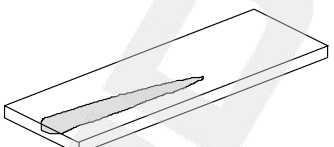

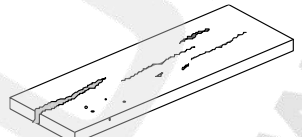
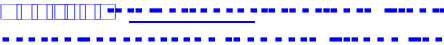
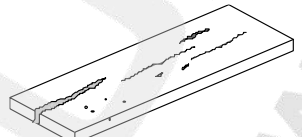

1. Fenyő fűrészáru osztályozása a brit szabvány alapján

Útmutató a BS 4978 és az EN 14081 szerinti osztályozáshoz

(Oktatási céllal készült fordítás, üzleti célokra nem használható!)

Fahibák		GS (C14)	SS (C18)
Nedvességtartalom		20%	20%
Évgyűrűszélesség		Maximum 10 mm	Maximum 6 mm
Repedés	Nem átmenő (a vastagság felénél sekélyebb repedések elhanyagolhatók.)	Maximum 1,5 m hosszán, vagy max. a deszka hosszának a feléig (a kettő közül a kisebb.) 	Maximum 1 m hosszán, vagy max. a deszka hosszának az 1/4-éig (a kettő közül a kisebb.) 
	Átmenő repedések	Maximum 1 m hosszán, vagy max. a deszka hosszának az 1/4-éig (a kettő közül a kisebb.) 	Csak a fűrészáru végén, és nem lehet hosszabb, mint az anyag szélessége. 
Tompaélúság		Maximum 1/3	Maximum 1/3
Rostkifutás		Maximum 1 : 6	Maximum 1 : 10
Görbeség		 2 m-en maximum 20 mm	 2 m-en maximum 10 mm
Teknősödés		 Nincs korlátozva.	 Nincs korlátozva.
Oldalgörbeség		 2 m-en maximum 12 mm	 2 m-en maximum 8 mm
Csavarodás		 2 m-en maximum 2 mm / 25 mm szélesség	 2 m-en maximum 1 mm / 25 mm szélesség
Göcsök	Szegély GTA	Maximum 1/3	Maximum 1/5
	Teljes GTA	Maximum 1/2	Maximum 1/3
Rovar és gombakárosítás		Aktív fertőzés illetve fadarázs járat nem megengedett	

2. Fenyő fűrészáru osztályozása a skandináv szabvány alapján (INSTA 142)

3. Tölgy fűrészáru osztályozása a francia szabvány alapján (

Structural grading of beams

NF B 52-001 part 1 (2011)

The construction market requires structural grading (NF B 52-001 standard) of sawn timber with the CE marking (estimate of the potential mechanical strength) for the beams.

For the following two product categories, rules have been defined for visually sorting pieces:

• Beams with a thickness > 100 mm

LARGE SECTION

Criteria	Visual classes	1	2	3
	Strength classes according to EN 338	D30	D24	D18
Growth ring width		< 10 mm		
Knots	Sound and inter-grown knots on the face	$\varnothing < 1/3$ of the width	$\varnothing < 1/2$ of the width	$\varnothing \leq 1/4$ of the width
	Sound and inter-grown knots on the edge	$\varnothing < 1/2$ of the thickness	$\varnothing < 1/2$ of the thickness	$\varnothing \leq 1/4$ of the thickness
	Other knots	Excluded	$\varnothing < 1/3$ of the width or thickness And $\varnothing < 50$ mm	$\varnothing < 1/3$ of the width or thickness And $\varnothing < 60$ mm
Grain slope	Local	1 : 5	1 : 4	1 : 3
	Général	1 : 10	1 : 10	1 : 10
Sapwood	cannot be used to predict the natural durability class		Sound sapwood permitted on the arrises if less than half the width of the faces and edges	
Wane		Less than 10% of the width of the face and edge across no more than 25% of the length	Less than 10% of the width of the face and edge across no more than 35% of the length	

• Other beams with a thickness between 22 mm (EN 336) and 100 mm, and a cross-section greater than 2 200 mm² (NF 52-001)

SMALL SECTION

Criteria	Visual classes	1	2	3
	Strength classes according to EN 338	D 30	D 24	D 18
Growth ring width		< 10 mm		
Knots	Sound and inter-grown knots on the face (1)	$\varnothing < 1/5$ of the width	$\varnothing < 1/3$ of the width	$\varnothing < 1/2$ of the width
	Sound and inter-grown knots on the edge (2)	$\varnothing < 30$ mm et $\varnothing < 1/3$ of the thickness	$\varnothing < 30$ mm and $\varnothing < 1/2$ of the thickness or the width	$\varnothing < 45$ mm and $\varnothing < 4/5$ of the thickness or the width
	Other knots	Excluded		
Grain slope	Local		1:3	
	Général		1:5	
Sapwood	cannot be used to predict the natural durability class		Sound sapwood permitted on the arrises if less than half the width of the faces and edge	
Wane		Less than 10% of the width of the face and edge across no more than 25% of the length	Less than 10% of the width of the face and edge across no more than 35% of the length	

Correspondence between CE appearance and strength classes

Campaigns aimed at grading French oak have led to a correspondence between the methods used to appearance grade and strength grade beams **with a thickness > 100 mm**. As such, a structural grade can be assigned to an appearance grade.

Appearance classes	Strength classes
EN 975 - 1	EN 338
Q-P A	D 30
Q-P 1	D 24
Q-P 2	D 18

E Melléklet – a Fűrészáru osztályozással összefüggő szabványok listája

1. MSZ EN Szabványok:

MSZ EN 338:2016: *Szerkezeti fa. Szilárdsági osztályok*

MSZ EN 350-1:1997: *A fa és a fa alapanyagú termékek tartóssága. A tömör fa természetes tartóssága. 1. rész: A vizsgálatok és az osztályozás irányelvei*

MSZ EN 350-2:1998: *A fa és a fa alapanyagú termékek tartóssága. A tömör fa természetes tartóssága. 2. rész: Egyes jelentős európai fafajok természetes tartósságára és kezelhetőségére vonatkozó útmutató*

MSZ EN 408:2010+A1:2012: *Faszerkezetek. Szerkezeti fa és rétegelt-ragasztott fa. Egyes fizikai és mechanikai tulajdonságok meghatározása*

MSZ EN 384:2010: *Szerkezeti fa. A mechanikai tulajdonságok és a sűrűség karakterisztikus értékeinek meghatározása*

MSZ EN 844-7:2000: *Hengeres faanyagok és fűrészáru. Fogalommeghatározások. 7. rész: A fa anatómiai felépítésére vonatkozó fogalmak*

MSZ EN 844-9:2000: *Hengeres faanyagok és fűrészáru. Fogalommeghatározások. 9. rész: A fűrészáru jellegzetességeire vonatkozó fogalmak*

MSZ EN 844-10:2001: *Hengeres faanyagok és fűrészáru. Fogalommeghatározások. 10. rész: Az elszíneződésre és a gombásodásra vonatkozó fogalmak*

MSZ EN 1310:2000: *Hengeres faanyagok és fűrészáru. A fahibák mérése*

MSZ EN 1912:2012: *Szerkezeti fa. Szilárdsági osztályok. A vizuális szilárdsági osztályok és a fafajok kapcsolata*

MSZ EN 1995-1-1:2004/A2:2015: *Eurocode 5: Faszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános szabályok. Közös és az épületekre vonatkozó szabályok*

MSZ EN 13183-2:2004: *A fűrészáru nedvességtartalma. 2. rész: Meghatározás a fa villamos ellenállásának mérésével*

MSZ EN 13183-3:2005: *A fűrészáru nedvességtartalma. 3. rész: Meghatározás kapacitásméréssel*

MSZ EN 13238:2010: *Építési célú termékek tűzveszélyességi vizsgálatai. Kondicionálási eljárások és a hordozók kiválasztásának általános szabályai*

MSZ EN 13501-1:2007+A1:2010: *Épületszerkezetek és építési termékek tűzvédelmi osztályozása. 1. rész: Osztályba sorolás a tűzveszélyességi vizsgálatok eredményeinek felhasználásával*

MSZ EN 13501-2:2007+A1:2010: *Épületszerkezetek és építési termékek tűzvédelmi osztályozása. 2. rész: Osztályba sorolás – a szellőzési rendszerek kivételével – a tűzállósági vizsgálatok eredményeinek felhasználásával*

MSZ EN 13556:2004. **Hengeres faanyagok és fűrészáru. Európában használt fafajok jegyzéke**

MSZ EN 13823:2010+A1:2015. **Építési termékek tűzveszélyességi vizsgálatai. Egy égő tárgy hőhatásának kitett építési termékek, a padlóburkolatok kivételével**

MSZ EN 14081-1:2016: **Faszerkezetek. Szilárdság szerint osztályozott, téglalap keresztmetszetű szerkezeti fa. 1. rész: Általános követelmények.**

MSZ EN 14081-2:2010+A1:2013: **Faszerkezetek. Szilárdság szerint osztályozott, téglalap keresztmetszetű szerkezeti fa. 2. rész: Gépi osztályozás; az első típusvizsgálat kiegészítő követelményei**

MSZ EN 14081-3:2012: **Faszerkezetek. Szilárdság szerint osztályozott, téglalap keresztmetszetű szerkezeti fa. 3. rész: Gépi osztályozás; az üzemi gyártásellenőrzés kiegészítő követelményei**

MSZ EN 14081-4:2009: **Faszerkezetek. Szilárdság szerint osztályozott, négyszög keresztmetszetű szerkezeti fa. 4. rész: Gépi osztályozás. Az osztályozógépek beállítása gépi ellenőrző rendszerekhez**

MSZ EN 15804:2012+A1:2014: **Építmények fenntarthatósága. Környezetvédelmi terméknnyilatkozat. Építési termékek kategóriáját meghatározó szabályok**

MSZ EN 15228:2009: **Szerkezeti fa. A faanyag biológiai károsítás elleni védőkezelése**

MSZ EN 16485:2014: **Hengeres faanyagok és fűrészáru. Környezetvédelmi terméknnyilatkozat. Az építési célú fa és a fa alapanyagú termékek besorolásának szabályai**

MSZ EN ISO 3166-1:2014: **Országok és országrészek nevének kódjai. 1. rész: Országkódok (ISO 3166-1:2013)**

2. DIN szilárdsági osztályozási szabványok:

DIN 4074-1:2012-06: **Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit - Teil 1: Nadelschnittholz.** (A faanyag szilárdsági osztályozása. 1. rész: Fenyő fűrészáru)

DIN 4074-2:1958-12: **Bauholz für Holzbauteile; Gütebedingungen für Baurundholz (Nadelholz)** (Építési faanyag fa épületelemekhez; Az építési célú farönkök minőségi követelményei (fenyő))

DIN 4074-3:2008-12: **Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit - Teil 3: Apparate zur Unterstützung der visuellen Sortierung von Schnittholz; Anforderungen und Prüfung** (A faanyag szilárdsági osztályozása. 3. rész: a fűrészáru vizuális szilárdsági osztályozását támogató készülékek; követelmények és vizsgálatok.)

DIN 4074-4:2008-12: **Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit - Teil 4: Nachweis der Eignung zur apparativ unterstützten Schnittholzsortierung** (A faanyag szilárdsági osztályozása. 4. rész: Megfelelőségi tanúsítvány a fűrészáru vizuális szilárdsági osztályozását támogató készülékekhez.)

DIN 4074-5:2008-12 **Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit - Teil 5: Laubschnittholz.** (A faanyag szilárdsági osztályozása 5. rész: Lombos fűrészáru)