

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

*Faanyagok égésleltetése nano- vegyületek
segítségével*

*Hegedüs István
III. fmh*

Konzulens:

Dr. habil. Németh Róbert egyetemi docens intézetigazgató
Bak Miklós phd. hallgató

Nyugat- magyarországi Egyetem
Faipari Mérnöki Kar
Faanyagtudományi Intézet

Sopron
2012

Tartalomjegyzék:

Bevezetés

1. A fa égését befolyásoló tényezők
 - 1.1 A fa égése és az égéskésleltetés
2. A felhasznált faanyagok égést befolyásoló tulajdonságai
 - 2.1 Tölgy (*Quercus*)
 - 2.2 Erdei fenyő (*Pinus sylvestris* L.)
 - 2.3 Bükk (*Fagus sylvatica* L.)
 - 2.4 Nyár (*Populus*)
3. A kísérleti munka során felhasznált anyagok és eszközök
 - 3.1 felhasznált faanyagok
 - 3.2 kezelőanyagok és egyéb, a vizsgálathoz szükséges anyagok
 - 3.3 vizsgálat során felhasznált eszközök és berendezések
 - 3.4 vizsgálati módszer leírása
4. A vizsgálat eredményei, és ezek értékelése

Összefoglalás

Felhasznált irodalom

Köszönetnyilvánítás

Mellékletek

Bevezetés

Jelen dolgozat témája „Faanyagok égéskésleltetése nano- vegyületek segítségével a Faanyagtudományi Intézet által került meghirdetésre, mint szakdolgozat/önálló labor téma. Ezzel a témával kezdtem meg az önálló labor 1 c. tantárgy teljesítését és most már immáron harmadik féléve ezzel a témával foglalkozom. Tudomásom szerint ilyen jellegű vizsgálatokat ezelőtt még nem végeztek. Az alapötletet a nanokompozitok világából vettük, ahol az effajta kezelések sikerrel helytálltak. Ennél a vizsgálatnál kétfajta anyagot használtunk. A műanyagiparban viszonylag olcsó és hatásos módszernek számít, nem beszélve arról, hogy nem károsítja ilyen téren a környezetet. Ezen ismeretek tudatában kezdtük el ezt az eljárást a faanyagok esetében is használni. Itt, a kezelések módja eltér, a faanyag egyedülálló belső szerkezetéből adódóan. A kezelőanyag hatásosságát Lindner-módszerrel vizsgáltuk, amely a tömegveszteség alapján minősíti az anyagokat. Ennél a módszernél a vizsgálati mód és a vizsgálathoz szükséges próbatestek paraméterei is szabványba vannak fektetve. Ezek betartásával tudjuk a lehető legpontosabb eredményeket meghatározni. A fafajok kiválasztásánál arra törekedtünk, hogy lehetőleg az iparban leggyakrabban használt fafajokat vizsgáljuk. Ezért esett a választásunk négy fafajra: tölgy (*quercus*), nyár (*populus*), erdei fenyő (*Pinus sylvestris L.*), bükk (*Fagus sylvatica L.*). A próbatestek kialakítására az intézet alagsori műhelyében került sor. A fafajok anatómiai jellemzőit figyelembe véve kezdtünk hozzá a vizsgálatok kivitelezéséhez. A mérések során mindig törekedtünk a szabványok betartására és az eredmények lehető legpontosabb meghatározására.

Ezen kutatás célja nanovegyületek égéskésleltető hatásának bebizonyítása a faanyagok esetében is.

1. A faanyag égését befolyásoló tényezők

A faanyag égése során rengeteg befolyásoló tényezővel találkozunk, ezért is nagyon nehéz pontos méréseket, és számokat adni a faanyag beégési sebességéről, tűzállóságáról, gyúlékonyságáról, égési sebességéről. Minden egyes fa más tulajdonságokkal rendelkezik, mivel környezete formálja a szerkezetét, így a benne lévő anyagok mennyiségét és minőségét is. A különböző fafajok eltérő szöveti és kémiai jellemzőik miatt különböző égési sajátosságokkal rendelkeznek.

Egyik legfontosabb befolyásoló tényező a faanyag sűrűsége. A sűrűség növekedésével csökken a porozitás, így megnő a gyulladási idő és a gyulladáshoz szükséges energia. A sűrűbb szerkezetű faanyagok beégési sebessége fele akkora is lehet, mint a lazább szerkezetű hasonló fajú anyagoké.

A beégési sebesség a fafajra jellemző, közel állandó értékű, így a faanyag vastagsága erősen befolyásolja a faszervezet tűzállóságát. Azok a szerkezeti elemek, melyek nagyobb felületen érintkeznek az oxigénnel, könnyebben esnek a tűz áldozatának, mint a levegőtől elzárt elemek.

A nedvességtartalom növekedésével csökken a faanyag éghetősége, mivel az égés során a fában lévő vizet először fel kell melegíteni, majd gőzzé alakítani. Ez a folyamat hőelvonással jár.

Az extraktanyag tartalom hatása az égés során jelentős szereppel rendelkezik, a nagy gyantatartalmú fenyők biológiailag ellenállóbbak, de a gyanta fűtőértéke nagyobb, mint a fáié, így a faanyag tűzveszélyesebb.

A nagyobb hővezetési tényezővel rendelkező faanyagok nehezebben gyulladnak és égnek, mivel a keletkezett hő folyamatosan elvezetésre kerül.

A faanyag szerkezeti összetételéből adódóan a rostokkal párhuzamos lángterjedés gyorsabb, mint a rostra merőleges. A tapasztalatok szerint a szórt likacsú fafajok kevésbé állnak ellen a tűznek, mivel edényeikből a bomlási gázok könnyen tudnak távozni.

A külső tényezők közül a faanyagot körülvevő atmoszféra oxigén-tartalma és hőmérséklete a meghatározó.

1.1 A fa égése és az égéskésleltetés

A faanyag égési sajátosságai:

A faanyag égési sajátosságainak ismerete fontos az energianyerés és a tűzvédelem szempontjából egyaránt.

A levegő oxigénjének jelenlétében bekövetkező égési folyamatnak három szakaszát különíthetjük el:

felmelegedés, gyulladás

égés

utóizzás

A faanyag *felmelegedése*kor 105°C után fokozatosan erősödik a gázok eltávozása. 180 - 210°C -ig jelentős elváltozások a fatestben nem következnek be. Így, ezen hőmérsékletekig terjedhet az intenzív furnér- és forgácsszárítás. A faanyagból kiváló gázok külső láng (vagy pl. szikra) hatására 220 - 260°C körül lánggra lobbannak, de az anyag még tartósan nem ég. Ez a hőmérséklet a *lobbanási pont*. 260 - 290°C körül az anyag tartósan égni kezd. Ez a határ az *égési pont*. 350 - 470°C körül a faanyagból távozó gázok önmaguktól (külső lángforrás nélkül) meggyulladnak. Ezt nevezzük *gyulladás*i pontnak. Az égési szakaszban a hőmérséklet csak lassan, fokozatosan emelkedik. Fatüzeléskor 800 - 1100°C a tartós égés hőmérséklete. Az elméletileg elérhető maximális hőfok : 1550°C

A faanyag égését befolyásoló tényezők:

A sűrűség növekedésével csökken a fa porozitása, és így jelentősen megnő a gyulladási idő, a gyulladáshoz szükséges energia. A **nedvességtartalom** csökkenti az éghetőséget. További befolyásoló tényezők a **fafaj**, az **alaki tényezők**, és a **fajlagos felület**.

A faanyag égéskésleltetése

Az égés a levegő oxigénjének jelenlétében következik be. A folyamatot három szakaszra bonthatjuk: *felmelegedés-gyulladás, égés, utóizzás*. A valóságban az égés folyamata nem szakaszos, hanem folyamatos. Az égéskésleltetés az égés feltételei közül valamelyiknek vagy együttesen többnek a kizárásán alapszik. Vagy a faanyag felmelegedését gátolják meg, vagy pedig az abból távozó gázok égését akadályozzák meg.

El kell oszlatni azt a tévhitet, hogy a tűzvédelmi kezelés hatására a faanyag éghetatlenné válik. Semmilyen tűzvédelmi kezelés nem teszi éghetatlenné a faanyagot, csak az éghetőségét csökkenti. Ez egyébként az építőipari alkalmazás során azt jelenti, hogy a „közepesen éghető” faanyagot a megfelelő kezeléssel a szabványokban definiáltan „nehezen éghetővé”- tesszük. Az általam végzett vizsgálatnál az éghetőség a tömegveszteség függvényében igazolódik. A másfél grammos megfelelési határ alatti értékekkel rendelkező próbatestek, a nehezen éghető kategóriába sorolódnak. Persze a vizsgálatnak több elvi hibája ismeretes, de még mindig ez a hivatalosan elfogadott módszer. Az eredményeket nyugodtan vehetjük mérvadónak is.

2. A felhasznált faanyagok égést befolyásoló tulajdonságai

2.1 Nyár (*Populus*)

A szíjács és a geszt rész jól elkülönül, de a néhány évgyűrűt magába foglaló juvenilis fa határa szabad szemmel nem látható. A szíjács körülbelül 30-40 %-nyi térfogati részarányú. A szíjács és a geszt nedvesség tartalma között nagy eltérések vannak, a frissen döntött törzs gesztjének nettó nedvességtartalma 180-200 % között van, míg a szíjácsé 110-130 %. A szórt likacsú fafajokhoz tartozik és évgyűrűinek átmérője a szélessége mentén csökken. Az évgyűrűn belül a két pászta nehezen különíthető el, szélességük függ a fajtától és az éves csapadéktól. A nyarak esetében nem találtak összefüggést az évgyűrű szélesség és a faanyag sűrűsége között. Az 56-63 %-ban előforduló libriform rostok bő üregűek és vékony falúak. Edényei részaránya 24-44 %. Álgesztesedés esetén tiliszesedésre hajlamos. Szerkezeti felépítettsége miatt kevésbé áll ellen a gomba- és rovarátadásoknak. Alacsony sűrűségű, légszárazon 450 kg/m³, extraktanyag tartalma (alkohol-benzol) 2,3-3,2 %. Felületkezelése problémamentes.

2.2 Bükk (*Fagus sylvatica* L.)

Közép-európai fafaj, zárt állásban, egyenes homogén törzseket fejleszt. A geszt és a szíjács nem különíthetők el. A geszt és szíjács nedvességtartalma közötti különbség nem jelentős. Szórt likacsú, edényeinek átmérője közel azonos. Az egészséges faanyag edényei nyitottak, így könnyen telíthetők. Vizes párok alkalmazása során foltosodás is előfordulhat. A körülbelül 37,4 %-ban előforduló farostok nagy sejtfalvastagságúak, ezért is kiváló szilárdságú és keménységű. Bár a bükk nem tartozik a természetesen tartós fafajok közé. A mechanikailag sérült és beteg fatestben figyelhető meg tiliszesedés és gesztesítő anyagok berakódása. Az álgesztes faanyag mechanikai sérülésekre vezethető vissza, bár fája keményebb és tartósabb, mégis nehezen telíthető és könnyen reped. Sűrű, zsugorodásra, vetemedésre erősen hajlamos fafaj. Sűrűsége 540-720-910 kg/ m³ légszárazon. Pórustérfogata 55%. A frissen kivágott farönk 400-500 kg/ m³ vizet tartalmaz. Rosttelítettségi pont 32-35%. Extraktanyag tartalma 0,7%.

2.3 Tölgy (*Quercus*)

Szövetszerkezet szerint a gyűrűs likacsú fák közé tartozik, a nagy átmérőjű edényei szabad szemmel is jól megfigyelhetők amint az évgyűrűhatár mentén szabályos sorokat alkot. Homogén szerkezetű, keskeny évgyűrűkkel rendelkezik. A kocsányos tölgyre jellemző az inhomogén évgyűrűszerkezet és gyakori a rendellenes gesztesedés kialakulása. Edények 25 %-os, míg rövid, vastag falú farostok 58 %-os részarányban találhatók meg benne. Az edényüregek gyakran tilisszel tömítettek, melynek nagy mértéke sötét elszíneződést okozhat. Az élő fában betegség hatására gesztesedési és tiliszesedési folyamatok indulnak meg. Bár gesztje nagy csersavtartalmú, mégsem tartoznak a világ legtartósabb fái közé. A tölgyek sűrűsége megközelítőleg 660 kg/m³, hővezető képességük 0,20 W/mK.

2.4 Erdei fenyő (*Pinus sylvestris* L.)

Szijácsa inkább széles, nyers állapotban fehér, később sárgás, gesztje vörösbarna színű és az átmérőnek, mintegy kétharmad részét teszi ki. Számos és a keresztmetszeten szabad szemmel is látható gyantajárata van. Ferriclorid (FeCl₂) oldatával kezelve a fa színe világoszöld színeződést mutat szemben a vörösfenyővel, ami erre a reagensre sötét árnyalatú lesz. A geszten belül a bél körüli "juvenilis fa" 13 - 15 évgyűrűt foglal magába. A késői pászta aránya cca. 30%. A tracheidák mennyiségi részaránya 92 - 94%. Rétegelt vörösbarna kérgének egyes rétegei szürkésbarna kéregrésszel válnak el egymástól. Kérge a törzs felső részében vöröses-barnás, vékony, sima, melyen a felső réteg vékony hártarétegekben leválik. A szabályos ágörvek erősen göcsös fatestet eredményeznek. Gyakori fahiba a vaseresség (reakciófa). Az erdeifenyőt célszerű télen kitermelni, hogy a hengeresfa legkésőbb áprilisra feldolgozásra kerüljön. Így előzhető meg legkönnyebben a faanyag kékülése. A homoki fenyőültetvények fája rendkívül laza szövetű, inhomogén, ez részben összefügg a tőkorhasztó gomba (*Heterobasidion annosum*) járványszerű fellépése miatt előrehozott véghasználati korral (a tervezett 70 - 80 év helyett 35 - 45 éves korban kitermelésre kerülnek az ültetvények).

3. A kísérleti munka során felhasznált anyagok és eszközök

3.1 felhasznált faanyagok

- Nyár (*Populus*)
- Bükk (*Fagus sylvatica L.*)
- Tölgy (*Quercus*)
- Erdei fenyő (*Pinus sylvestris L.*)

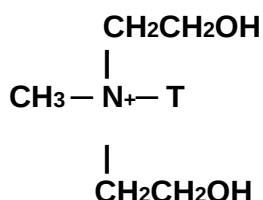


1.Kép: elkészített próbatestek

3.2 kezelőanyagok és egyéb szükséges anyagok

Kezelőanyagok:

-Cloisite 30B



2.kép: az általam használt kezelőanyagok

A Cloisite 30B fantázianeveű agyagásvány melyet a műanyaggyártásban égéskésleltető hatása miatt előszeretettel használnak. Nagyon finom, nanométeres nagyságrendű szemcsemérettel rendelkezik.

- Titán-dioxid TiO_2

A titán-dioxid, vagy titán(IV)-oxid (TiO_2) egy természetben előforduló titánoxid. Festékként Titanium White, titánfehér, Pigment White 6, vagy CI 77891 neven említik. Sok területen használják, festékekben, naptejekben és ételszínezékként (E171).

Egyéb anyagok:

-PDDA (Polielektrolit-Poli(dimetil-dialkil-ammóniumklorid))

Erre az anyagra azért volt szükség, mert a faanyag felülete azonos polaritással rendelkezett és ezt kellett megváltoztatni. A polaritást az ellenkezőjére változtatta. Tehát így kialakulhatott a vonzóhatás.

-Hexametilén tetramin ($C_6H_{12}N_4$):

Az 1 gramm vegyszer elégetése során keletkezett égéshő hatására létrejövő változásokat vizsgáltam.

- Vízüveg (Na_2SiO_3)

A **nátrium-szilikát** (más néven E550, vagy köznapi nevén *folyékony üveg*, illetve *vízüveg*) egy nagyon széles körben használt vegyület, melyet elsősorban cementben, tűzálló anyagok gyártása során, textil- és fafeldolgozás során, valamint élelmiszeripari adalékanyagként alkalmaznak.

3.3. A vizsgálat során felhasznált eszközök és berendezések

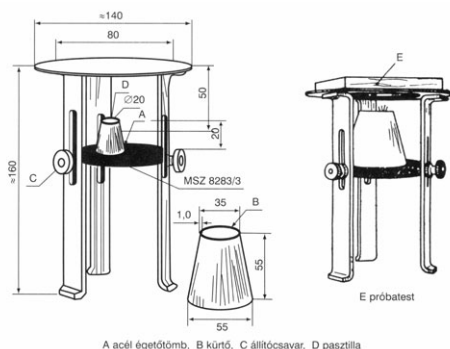
- Laboratóriumban használatos szárítószekrény
- 0,01 g pontosságú tömegmérésre használható analitikai mérleg
- $u=20^{\circ}C$, 65% légnedvesség biztosítására szolgáló klímakamra
- mágneses keverő
- szabványos Lindner-féle égetőberendezés
- mikroszkópos felvételekhez (SEM) Scanning Elektron Microscope

3.4. A vizsgálati módszer leírása

Az általam választott vizsgálati módszer a Lindner-módszer volt. Ez a módszer tömegveszteség alapján osztályozza az anyagokat.

A minősítéshez az MSZ 9607-1:1983 Égéskéseletető szerrel kezelt fa-és fahelyettesítő anyagok vizsgálata c. szabványt használtuk. A mérést a Lindner-féle égetőkészüléken végeztem. A készülék égetőtömbjére helyeztem 1g tömegű hexametilén- tetramin-t ezt meggyújtottam és az állványra helyeztem a próbatestet. Az égető anyag körülbelül 3 perc alatt égett el. Meg kellett várni, míg a faanyag kihűlt, majd pontosan lemérni a tömegét. A mért adatok alapján lehet véleményt

formálni az előbb említett anyagok hatékonyságáról. A mérés minden mozzanata az eredeti szabvány szerint történt, az adatok hitelességének megtartása miatt.



3.Kép: A Lindner-módszer szabvány szerinti műszaki rajza



4.Kép: A mérethelyesen elkészített készülék amelyen a méréseket végeztem

3.5. A különböző kezelési módszerek rövid bemutatása

A kísérletsorozat folyamán három fajta módon kezeltem a faanyagot. A három módszer eltérő előkészítést és kezelési módot követelt meg, mindig figyelni kellett a helyes koncentrációkra. A nanovegyületek nem oldódtak desztillált vízben ezért az állandó keverésre szükség volt.

Az első módszer a szuszpenziókba mártás volt, amely azt jelentette, hogy az előre bekevert anyagokba kellett mártani az előkészített, beszámozott próbatesteket. Előzetesen vizsgáltuk a próbatestek oldatfelvevő képességét. A mártás több lépcsőben történt. 10 próbatestet használtam mindegyik fafajból. 1-től 5-ig 4 rétegben történt, 6-tól 10-ig 8 rétegben. A mártások között kis száradási időt kellett beiktatni. A szuszpenziókat állandó keverés mellett lehetett csak kezelésre használni. 1 réteg a következőkből állt: 1 réteg polielektrolit a polaritás miatt és 1 réteg valamelyik nanovegyület szuszpenziójából. Ezek után a kezelésen átesett próbatesteket visszahelyeztem a klímakamrába, a szabványban lefektetett feltételek teljesülése miatt.

A második eljárás a telítési eljárás volt. Itt a polielektrolitot és a kezelőanyagokból álló szuszpenziókat vákuumszáritóval vittük a faanyagba. Ennél az a keverési arányt úgy állapítottuk meg, hogy 2liter desztillált vízhez 6g anyagot adtunk. Ennél az eljárásnál reméltük, hogy teljes keresztmetszetben telítődik a próbatest. Itt is

fafajonként 10 próbatestet vettünk alapul. Vákuummal vittük be a polielektrolitot is és a nanovegyületekből álló kezelőanyagokat is. Egy fázisban bevittük az anyagokat egy fázisban pedig a felesleget távolítottuk el. 1-től 5 prótestig 4 rétegben TiO_2 -vel kezeltem, 6-tól 10-ig cloisit 30B-vel. A telítést követően itt is alkalmazni kellett a szárítószekrényt. Csak a megfelelő értékek elérése után következhetett a mérés.

A harmadik eljárási mód szinte teljesen megegyezett a másodikkal annyiban tértünk el, hogy itt vízüveget használtunk a desztillált víz helyett és nem alkalmaztunk polielektrolitot. Kevesebb próbatesttel dolgoztunk, mert ez csak próbakísérletnek indult, de a további folytatásra nem került sor, az idő rövidege miatt. A kezelt mintákat mindhárom esetben kontroll próbatestekkel vetettük össze.



5.Kép: a mártásos eljárás kezelőanyag felvitele



6.Kép: telítési eljárás tellítés közben (intézeti vákuumszáritó)



7.Kép: A vizsgálat mindhárom esetben egyazon módszer szerint történt

4. A vizsgálat eredményei és ezek értékelése

-4.1 Mártásos eljárás

Önálló labor cloisite 30B

Bükk			
	égetés előtt	égetés után	különbség
1.	71,948	69,551	2,40g
2.	72,507	71,042	1,47g
3.	71,024	69,597	1,43g
4.	73,772	71,829	1,94g
5.	74,933	73,444	1,49g
átl.	72,8368	71,0926	1,7442
6.	74,058	70,749	3,31g
7.	72,275	69,693	2,58g
8.	73,138	71,418	1,72g
9.	74,001	72,296	1,71g
10.	74,08	71,572	2,51g
átl.	74,069	71,1605	2,36g

Nyár			
	égetés előtt	égetés után	különbség
1.	52,444g	50,452g	1,992g
2.	50,428g	48,884g	1,544g
3.	50,511g	48,915g	1,596g
4.	48,809g	47,052g	1,757g
5.	48,293g	46,181g	2,112g
átl.	50,097g	48,2968g	1,8002g
6.	48,338g	46,283g	2,055g
7.	48,529g	46,384g	2,145g
8.	48,194g	46,557g	1,637g
9.	50,019g	47,553g	2,466g
10.	48,028g	45,893g	2,135g
átl.	48,6216g	46,534g	2,0876g

K1	74,18g	73,04g	1,13g
K2	74,56g	73,25g	1,31g
K3	76,73g	75,22g	1,50g
K4	75,90g	74,45g	1,45g
K5	73,82g	72,36g	1,46g
átl.	75,04g	73,67g	1,37g

K1	48,18g	47,514g	0,666g
K2	47,116g	45,462g	1,654g
K3	47,966g	46,532g	1,434g
K4	49,251g	47,539g	1,712g
K5	48,798g	46,656g	2,142g
átl.	48,2622g	46,7406g	1,5216g

Tölgy			
	égetés előtt	égetés után	különbség
1.	83,054g	82,053g	1,001g
2.	71,323g	69,616g	1,707g
3.	68,737g	66,782g	1,955g
4.	69,824g	68,423g	1,401g
5.	70,162g	67,941g	2,221g
átl.	72,62g	70,963g	1,657g
6.	79,397g	77,939g	1,458g
7.	74,779g	72,916g	1,863g
8.	71,294g	69,864g	1,43g
9.	79,391g	78,097g	1,294g
10.	79,684g	78,464g	1,22g
átl.	76,909g	75,456g	1,453g

Fenyő			
	égetés előtt	égetés után	különbség
1.	53,114g	51,429g	1,685g
2.	53,479g	51,326g	2,153g
3.	55,741g	53,285g	2,456g
4.	53,825g	52,02g	1,805g
5.	54,792g	53,114g	1,678g
átl.	54,1902g	52,2348g	1,9554g
6.	55,384g	52,169g	3,215g
7.	55,388g	52,52g	2,868g
8.	55,566g	53,339g	2,227g
9.	74,156g	72,841g	1,315g
10.	55,382g	52,864g	2,518g
átl.	59,1752g	56,7466g	2,4286g

K1	80,424g	78,804g	1,62g
K2	72,023g	70,016g	2,007g
K3	70,974g	67,806g	3,168g
K4	80,537g	77,809g	2,728g
K5	74,763g	72,706g	2,057g
átl.	75,7442g	73,4282g	2,316g

K1	66,417g	64,454g	1,963g
K2	55,498g	53,065g	2,433g
K3	69,732g	67,514g	2,218g
K4	66,913g	64,059g	2,854g
K5	66,051g	64,128g	1,923g
átl.	64,9222g	62,644g	2,2782g

K: kontroll, kezeletlen próbatest

Önálló labor TiO₂

Bükk				Nyár			
	égetés előtt	égetés után	különbség		égetés előtt	égetés után	különbség
1.	71,73g	70,16g	1,57g	1.	49,742g	47,487g	2,255g
2.	74,17g	72,19g	1,98g	2.	46,954g	44,426g	2,528g
3.	73,28g	70,71g	2,57g	3.	48,198g	45,984g	2,214g
4.	72,78g	70,26g	2,53g	4.	47,78g	45,37g	2,41g
5.	70,61g	68,77g	1,84g	5.	48,515g	45,695g	2,82g
átl.	72,51g	70,42g	2,10g	átl.	48,2378g	45,7924g	2,4454g
6.	71,00g	68,24g	2,77g	6.	49,26g	46,441g	2,819g
7.	70,14g	68,53g	1,61g	7.	51,146g	48,792g	2,354g
8.	73,49g	72,15g	1,34g	8.	51,161g	48,91g	2,251g
9.	73,42g	71,24g	2,18g	9.	51,02g	49,191g	1,829g
10.	73,73g	72,15g	1,58g	10.	49,17g	47,59g	1,58g
átl.	72,36g	70,46g	1,90g	átl.	50,3514g	48,1848g	2,1666g

K1	78,23g	76,04g	1,24g	K1	48,772g	46,065g	2,707g
K2	76,45g	75,21g	2,21g	K2	49,629g	46,646g	2,983g
K3	77,56g	75,35g	3,41g	K3	50,763g	48,47g	2,293g
K4	77,54g	74,13g	1,95g	K4	50,1g	47,254g	2,846g
K5	77,16g	75,21g	1,95g	K5	49,117g	46,568g	2,549g
átl.	77,39g	75,19g	2,15g	átl.	49,6762g	47,0006g	2,6756g

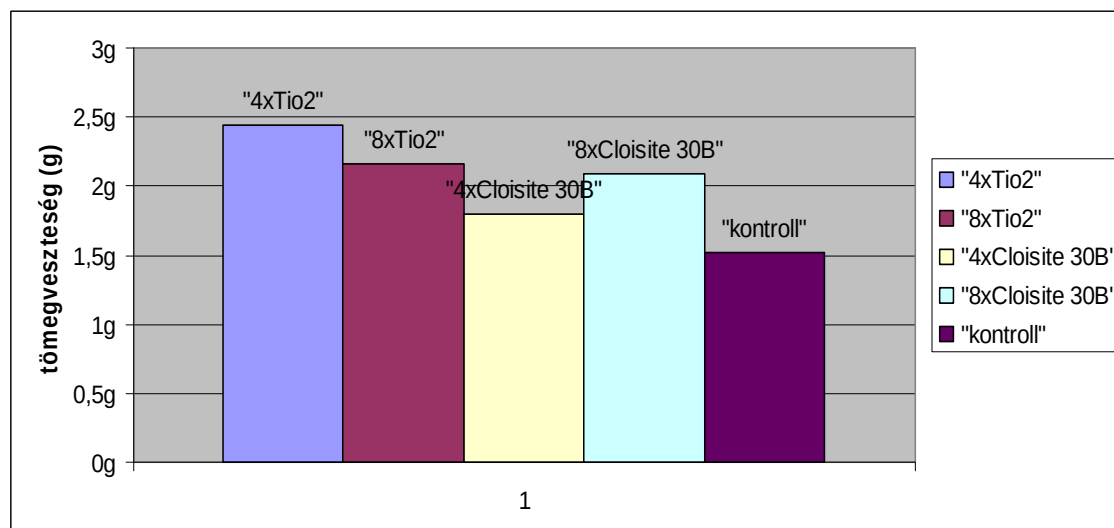
Tölgy				Fenyő			
	égetés előtt	égetés után	különbség		égetés előtt	égetés után	különbség
1.	79,977g	78,451g	1,526g	1.	55,992g	53,155g	2,837g
2.	83,458g	81,634g	1,824g	2.	54,358g	51,535g	2,823g
3.	82,938g	80,974g	1,964g	3.	55,465g	51,82g	3,645g
4.	80,158g	78,424g	1,734g	4.	57,185g	54,359g	2,826g
5.	83,788g	82,291g	1,497g	5.	55,468g	52,574g	2,894g
átl.	82,0638g	80,3548g	1,709g	átl.	55,6936g	52,6886g	3,005g
6.	88,405g	87,078g	1,327g	6.	55,728g	52,556g	3,172g
7.	86,444g	84,917g	1,527g	7.	66,741g	60,627g	6,114g
8.	88,212g	86,913g	1,299g	8.	55,463g	52,698g	2,765g
9.	83,716g	81,629g	2,087g	9.	55,687g	52,761g	2,926g
10.	80,571g	78,669g	1,902g	10.	56,423g	54,038g	2,385g
átl.	85,4696g	83,8412g	1,6284g	átl.	58,0084g	54,536g	3,4724g

K1	76,333g	74,402g	1,931g	K1	55,135g	53,242g	1,893g
K2	79,722g	77,106g	2,616g	K2	62,171g	60,596g	1,575g
K3	83,12g	81,389g	1,731g	K3	67,571g	63,674g	3,897g
K4	81,783g	79,85g	1,933g	K4	-	-	-
K5	70,276g	68,252g	2,024g	K5	-	-	-
átl.	78,2468	76,1998	2,047	átl.	61,62566667	59,1706667	2,455

4.1.1 Mért adatok összehasonlítása

-Nyár (*Populus*)

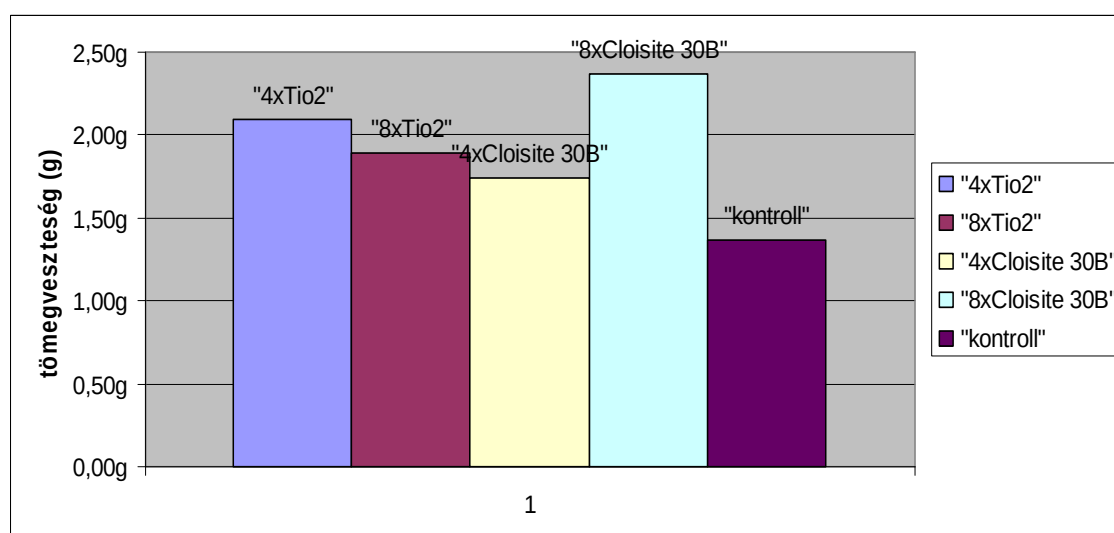
1.ábra



A nyár faanyagánál a mártás nem járt szembeűnő eredménnyel. A kezelőanyag megfelelő mélységig bekerűlt a fatestbe. A négyszeres és a nyolcszoros mártás között nincs számottevő eltérés.

-Bűkk (*Fagus sylvatica L.*)

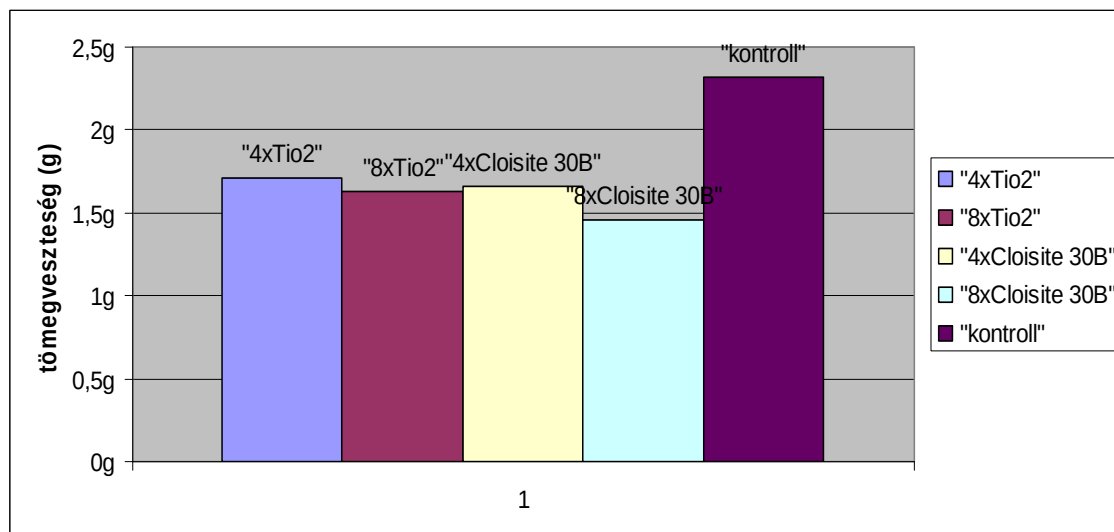
2.ábra



A bűkknél az oldatfelvevő képesség vizsgálatánál már szembeűnő volt az, hogy a kezelőanyag nem kerül megfelelően a fatestbe. Ebből látszik az, hogy a kontroll próbatestek jobb eredménnyel szerepeltek a vizsgálatnál.

-Tölgy (*quercus*)

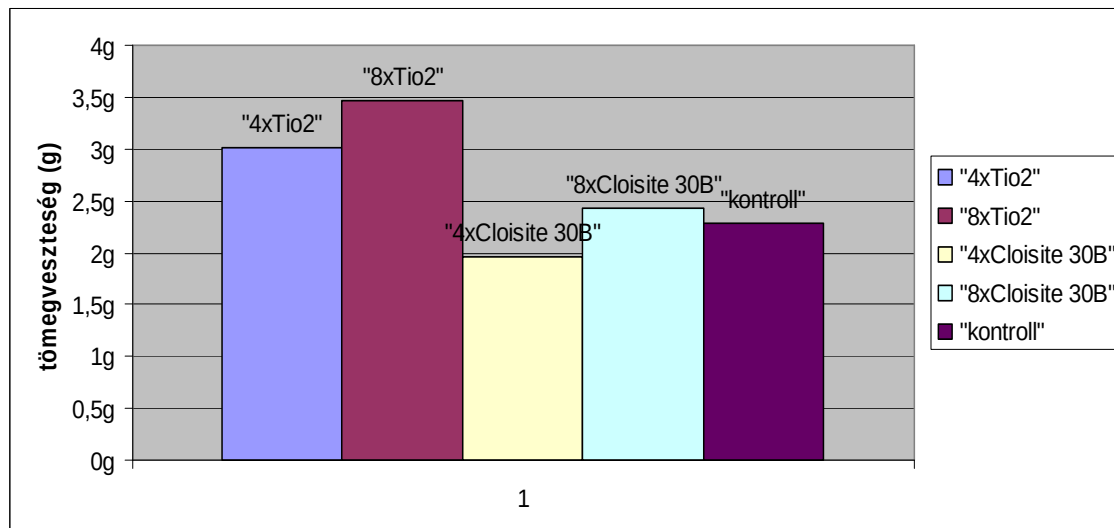
3. ábra



Ez a kezelési mód a tölgnél szemmel láthatóan eredményes volt. Az előzetes vizsgálatok során pedig az oldatfelvevő képesség nem volt kiemelkedő. Az eredményekből tisztán látszik a javulás a kezelés hatására.

-Erdei fenyő (*Pinus sylvestris L.*)

4. ábra



Az erdeifenyőnél próbátartam tesztelési eredményes anyagot dolgoztunk, de a próbateszt a szárítás hatására vetemedtek. Az égetésnél ezáltal nem volt tökéletes a felfekvés, így a láng nem a szabványban előírt módon égette a faanyagot. A kiemelkedő eredmények ennek köszönhetőek.

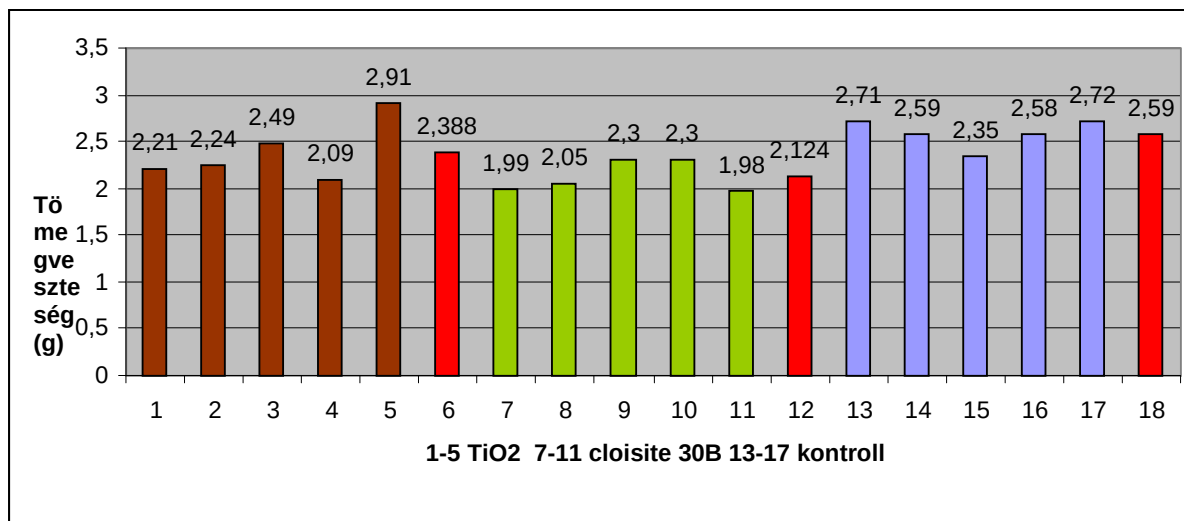
4.2 Telítési eljárás

Nyár (<i>Populus</i>)			
	égetés előtt (g)	égetés után (g)	különbség (g)
<u>Tio2</u>			
1.	49,12	46,91	2,21
2.	49,65	47,41	2,24
3.	47,14	44,65	2,49
4.	49,4	47,31	2,09
5.	47,05	44,14	2,91
átlag:	48,472	46,084	2,388
<u>Cloisit 30 B</u>			
6.	49,56	47,57	1,99
7.	50,65	48,6	2,05
8.	49,6	47,3	2,3
9.	49,64	47,34	2,3
10.	49,46	47,48	1,98
átlag:	49,782	47,658	2,124
<u>Kontroll próbatetek</u>			
K1.	43,17	40,46	2,71
K2.	42,95	40,36	2,59
K3.	44,63	42,28	2,35
K4.	44,59	42,01	2,58
K5.	43,46	40,74	2,72
átlag:	43,76	41,17	2,59
Bükk (<i>Fagus sylvatica</i> L.)			
	égetés előtt (g)	égetés után (g)	különbség (g)
<u>Tio2</u>			
1.	79,03	77,15	1,88
2.	76,16	73,88	2,28
3.	77,03	75,04	1,99
4.	77,98	76,08	1,9
5.	77,92	75,2	2,72
átlag:	77,624	75,47	2,154
<u>Cloisit 30 B</u>			
6.	75,64	73,81	1,83
7.	76,22	74,24	1,98
8.	78,02	76,07	1,95
9.	76,99	74,63	2,36
10.	76,03	73,8	2,23
átlag:	76,58	74,51	2,07
<u>Kontroll próbatetek</u>			
K1.	70,95	69,35	1,6
K2.	72,57	70,96	1,61
K3.	71,61	69,9	1,71
K4.	69,74	67,15	2,59
K5.	71,41	69,2	2,21
átlag:	71,256	69,312	1,944

Tölgy (<i>quercus</i>)			
	égetés előtt (g)	égetés után (g)	különbség (g)
Tio2			
1.	74,12	72,41	1,71
2.	70,4	68,65	1,75
3.	71	69,36	1,64
4.	82,21	80,38	1,83
5.	83,6	81,74	1,86
átlag:	76,266	74,508	1,758
Cloisit 30 B			
6.	70,76	68,87	1,89
7.	75,52	73,51	2,01
8.	70,6	67,99	2,61
9.	70,3	68,04	2,26
10.	73,83	70,84	2,99
átlag:	72,202	69,85	2,352
Kontroll próbatetek			
K1.	78,87	77,42	1,45
K2.	75,69	74,52	1,17
K3.	65,75	64,52	1,23
K4.			
K5.			
átlag:			
Erdeifenyő (<i>Pinus sylvestris</i> L.)			
	égetés előtt (g)	égetés után (g)	különbség (g)
Tio2			
1.	49,04	46,92	2,12
2.	47,83	46,11	1,72
3.	48,11	45,63	2,48
4.	47,91	46,02	1,89
5.	48,73	46,58	2,15
átlag:	48,324	46,252	2,072
Cloisit 30 B			
6.	47,59	45,38	2,21
7.	46,06	44,21	1,85
8.	48,54	46,51	2,03
9.	49,09	46,25	2,84
10.	49,19	45,47	3,72
átlag:	48,094	45,564	2,53
Kontroll próbatetek			
K1.	45,12	43,11	2,01
K2.	45,27	43,74	1,53
K3.	44,81	43,57	1,24
K4.	44,42	43,04	1,38
K5.			
átlag:			

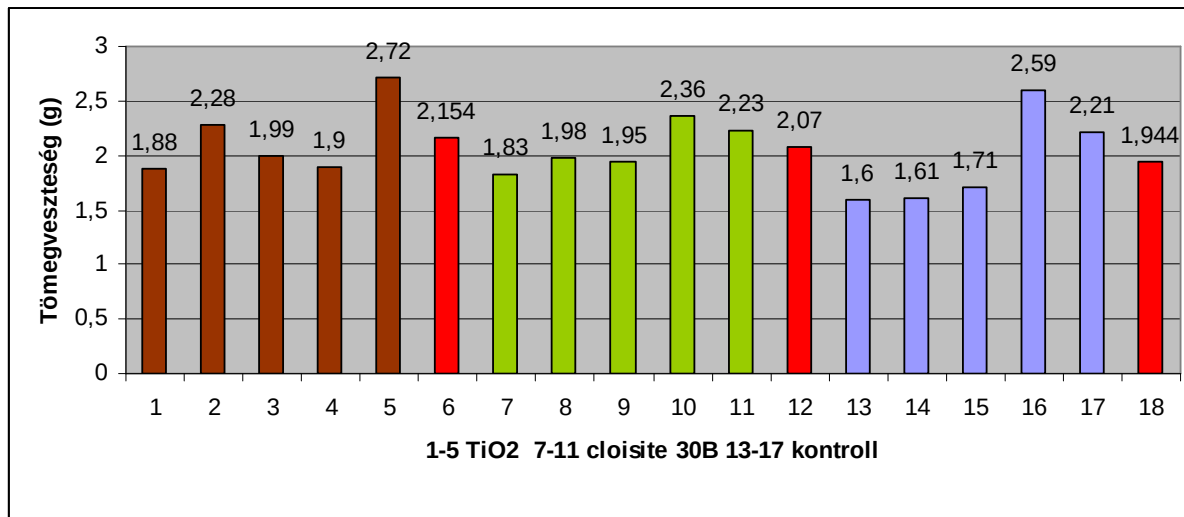
4.2.2 Mért adatok összehasonlítása

-Nyár (*populus*) 5. ábra



A nyárnál a telítés bizonyult a legjobb megoldásnak. A kezelőanyag a teljes keresztmetszeten bejutott a fatestbe. Ezt a későbbiekben ismertetett mikroszkópos felvételek is bizonyítják.

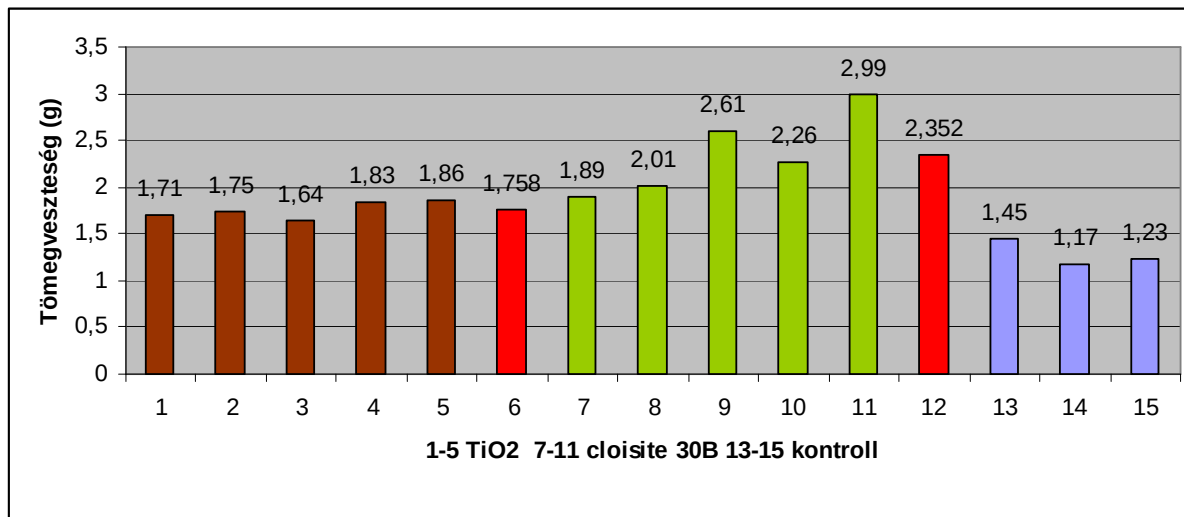
-Bükk (*Fagus sylvatica* L.) 6. ábra



A bükk faanyagnál a hatásosság nem számokban tükröződött. Az égetés során sokkal szebb és kiszámíthatóbb égést produkáltak a kezelt próbatestek. Ami az életben egy teherviselő faszerkezetnél nem kis előny.

-Tölgy (*quercus*)

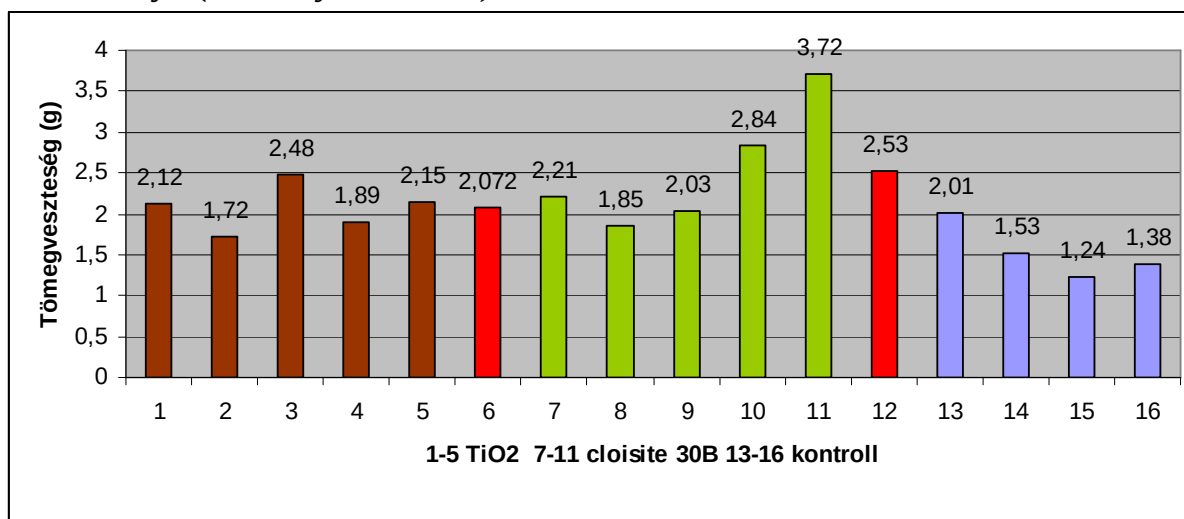
7. ábra



Ebben az esetben a kiemelkedő eredményeket a faanyag váratlan vetemedése okozta az égetés során. Néhány eredményt kritikával kell fogadnunk, mert nem a szabvány szerint történt az égése.

-Erdei fenyő (*Pinus sylvestris L.*)

8. ábra

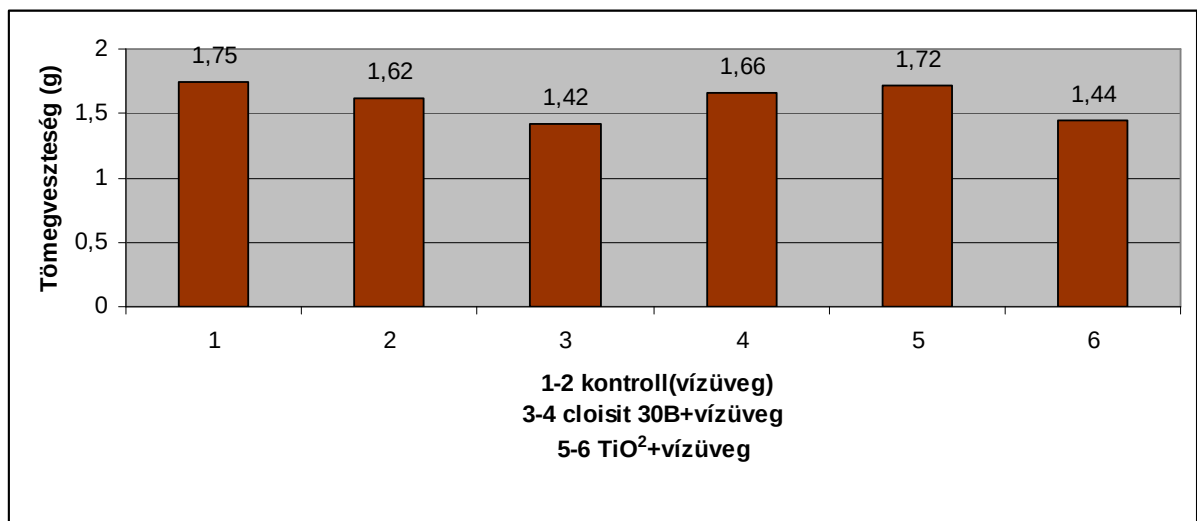


A vetemedés sajnos ez esetben is félrevezető eredményeket produkált, de ezeket a számadatokat kiszűrtük és ezek nélkül is fel lehet állítani egy eredményt a vizsgálatról.

4.3 Telítésés eljárás (vízüveggel)

(ezt a kezelést az idő rövideége miatt csak nyár próbatestekkel végeztük)

9. ábra



Ez a kezelési módszer csak kísérleti szinten lett kivitelezve. Az alapötlet az volt, hogy a desztillált víz hordozóközeget felváltjuk vízüveggel. Sajnos a kevés próbatest nem tette lehetővé a többféle koncentráció tesztelését. Ezt az egyet próbáltam, de az eredményekből látszik, hogy nagyobb koncentrációval hatásosabb lenne. Ez abból is adódik, hogy a vízüvegnek önmagában is van egy bizonyos égésgátló hatása.

Összefoglalás

Az általam elkészített dolgozat a tűzvédelem kategóriájába esik. Tudomásom szerint, ilyen anyagokkal ilyen jellegű vizsgálatokat még senki nem végzett. Tehát ez a kísérletsorozat mindenképp érdekességnek számított. A kezeléseket háromféle módon hajtottam végre. A próbatestek mindhárom esetben azonosak voltak. A mérést az erre lefektetett szabvány szerint hajtottam végre. Az eredmények a mártásos eljárás után nem túl kecsegtetőek voltak, tehát el kellett gondolkodni a folytatáson. Ekkor jött a telítés ötlete. Menet közben örömmel tapasztaltam, hogy a fa teljes keresztmetszeten felvette a kezelőanyagot. A mérés közben meglepve tapasztaltam, hogy itt is a megfelelési határon kívül esnek az értékek. Ekkor fordultam tanácsért a kémia intézethez. Itt hosszan töprengés és találgatás után kiderült, hogy a polaritás megváltoztatására használt polielektrolit szerves vegyület tehát hő hatására éghető lesz. Itt magyarázatot kaptam arra, hogy sokszor miért lett a jobb a kezeletlen érték. Megvizsgáltuk a próbatesteket elektronmikroszkóppal és azt tapasztaltuk, hogy a felületen megtapadtak a nanoméretű szemcsék. A harmadik fázisban vízüveggel kevertem a nanovegyületeket. Nagyon nagy reménnyel indult a kezelés, de hamarosan rá kellett jönnöm, hogy ez esetben sem jártam eredménnyel. Itt sem sikerült elérni a 1,5 grammos megfelelési határt. Sajnos a több út közül pont azon indultam el, ami nem vezetett sikerre. A vizsgálatok során viszont azt a következtetést vontam le, hogy a kezelt próbatestek égése sokkal „szebb” volt. A „szebb” jelző alatt azt értem, hogy sokkal kiszámíthatóbb volt az égés folyamata, az utóizzás mértéke szinte a nullára csökkent és a füst mértéke is csekélyebb volt. Ezeket én pozitív dolognak tartom mert fontosak egy faszerkezet tűzvédelmi méretezésében.

Az idő rövidsége miatt több próbálkozás már nem volt lehetséges, lehet, hogy a koncentrációk változtatásával lehetne eredményeket elérni. Én személy szerint hiszem, hogy vannak még lehetőségek ebben a témában.

Felhasznált irodalom

Németh László: Faanyagok és faanyagvédelem a faiparban (Agroinform kiadó 2003)

Dr. Molnár Sándor (szerk.): Faipari kézikönyv I. (Faipari Tudományos Alapítvány Sopron 2000)

Dr. Molnár Sándor: Faanyagismeret (Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó Budapest 2004)

www.lignokem.hu

www.faipar.hu

www.mszt.hu (Magyar Szabványügyi Testület)

www.anyagvedelem.hu

Köszönetnyilvánítás

- Köszönöm Bak Miklós konzulensemnek a segítőkészségét és türelmét
- Köszönettel tartozom Dr. Németh Róbert intézetigazgató biztató szavaiért és segítőkészségéért
- Köszönöm Dr. Hofmann Tamás jó tanácsait
- Végül, de nem utolsó sorban szeretném megköszönni mindenkinek, akik támogattak dolgozatom létrehozásában

Mellékletek

1. Melléklet: A felhasznált anyagok és eszközök képekben



Kép: Kezelésre előkészített szabványos próbatestek



Kép: Tömegmérésre alkalmas analitikai mérleg



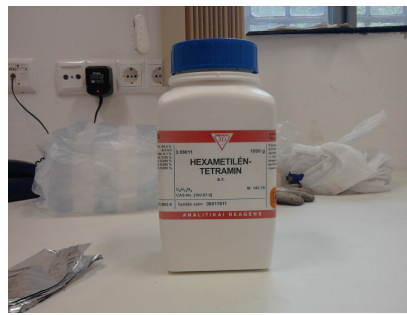
Kép: Szabványkörülmények betartását segítő klímasekrény



Kép: Felhasznált kezelőanyagok



Kép: Mágneses keverő



Kép: Az égetőszer
(Hexametilén-tetramin)



7.Kép: Telítést segítő vákumszáritó



Kép: Szabványos Lindner-féle égetőkészülék



Kép: Scanning Elektron mikroskope

2. Melléklet: Az elvégzett kezelések és a vizsgálat fényképekkel dokumentálva

Mártásos kezelési eljárás:

kép: A megfelelő koncentrációban elkészített szuszpenzió



kép: Az elkészített próbatestek beáztatása



kép: A kezelt, szárított próbatestek



Telítési kezelési eljárás:

kép: A próbatestek szuszpenzióba helyezése



kép: Az anyagok vákuumszáritóval való bevittele



kép: Próbatestek telítés után



A hatékonyság vizsgálata (Lindner-módszer)

kép: A szabvány szerint elkészített szerkezet



kép: Vizsgálat közben

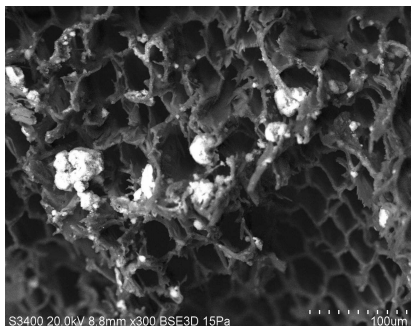
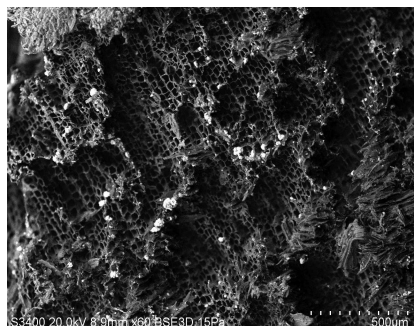


kép: Próbatest égetés után

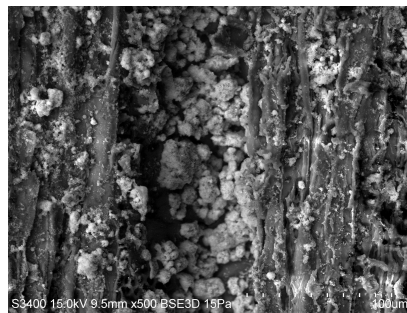
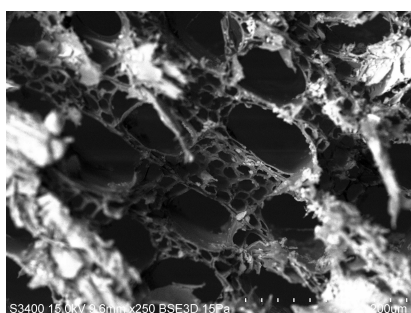


3.Melléklet: Elektron mikroszkópos felvételek (SEM)

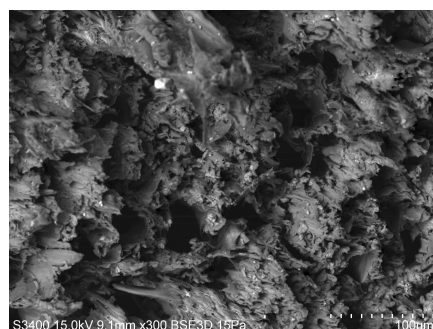
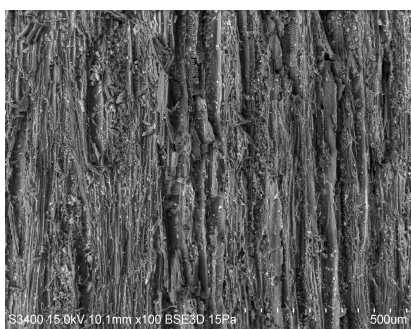
Erdei fenyő (*Pinus sylvestris* L.)



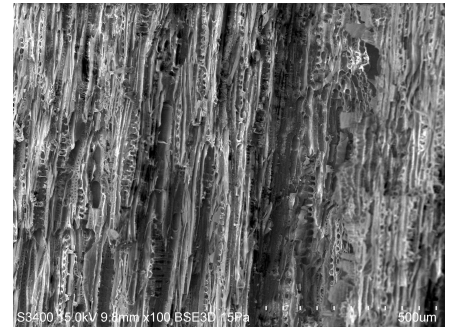
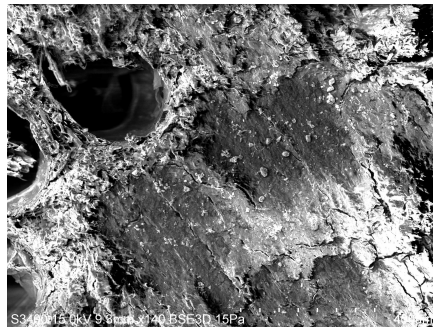
Nyár (*populus*)



Bükk (*Fagus sylvatica* L.)



Tölgy (quercus)



Próbatestek az égetést követően

