

Nyugat- magyarországi Egyetem

Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar

TDK DOLGOZAT

2014



Készítette: **Boleradszki Márió** IV.évf. FMH

Konzulens: **Prof. Dr. Németh Róbert** egyetemi tanár

Ábrahám József intézeti mérnök

Fenyő-, és lombos fák különböző részeinek szorpciós vizsgálatai.

Témavezető:

Ábrahám József

intézeti mérnök

Prof. Dr. Németh Róbert

egyetemi tanár

A dolgozat készítője:

Boleradszki Márió

IV. évf. FMH

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzés	4
2. Fatest felépítése	6
2.1. Szijács	8
2.2. Háncs	10
2.3. Héjkéreg	11
3. Vizsgált fafajok általános jellemzése	12
3.1. Luc fenyő (<i>Picea abies</i>)	12
3. 2. Erdei fenyő (<i>Pinus sylvestris</i>)	13
3. 3. Fekete fenyő (<i>Pinus nigra</i>)	14
3. 4. Vörösfenyő (<i>Larix decidua</i>)	16
3.5. Bibircses Nyír (<i>Betula pendula</i>)	17
3.6. Rezgőnyár (<i>Populus tremula</i>)	18
3.7. Fehér Akác (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	20
3.8. Bükk (<i>Fagus sylvatica</i>)	21
3.9. Tölgy (<i>Quercus</i>)	23
3.10. Csertölgy (<i>Quercus cerris</i>)	24
4. A nedvességtartalom	26
5. A vizsgálat menete	29
6. Mért értékek	31
6.1 Jelmagyarázat	31
6.1.1. Korábbi Irodalmi érték	31
6.2. Luc fenyő (<i>Picea abies</i>)	32
6.3. Erdei fenyő (<i>Pinus Sylvestris</i>)	34
6.4. Fekete fenyő (<i>Pinus nigra</i>)	36
6.5. Vörösfenyő (<i>Larix decidua</i>)	38
6.6. Bibircses nyír (<i>Betula Pendula</i>)	40
6.7. Rezgő nyár (<i>Populus Tremula</i>)	42
6.8. Fehér akác (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	44
6.9. Bükk (<i>Fagus Sylvatica</i>)	46
6.10. Tölgy (<i>Quercus</i>)	48
6.11. Csertölgy: (<i>Quercus Cerris</i>)	50

6.12. Kor hatása a nedvességtartalomra.....	52
6.13. Az izotermák adataiból kivett összesítő táblázatok	55
7. Összesítés, további célkitűzések.....	60
8. Köszönetnyilvánítás, és Irodalomjegyzék.....	62
8.1. Irodalomjegyzék:	62
8.2. Források:.....	63

1. Bevezetés és célkitűzés

A fa talán az egyik legrégebbi alapanyaga az embernek, és bár sok millió év során számos más anyag is megjelent a mindennapi életünkben, a fát egyik sem tudta teljes mértékben felváltani. Annak, hogy a fa szinte a kezdetektől az ember mellett volt, mint állandó eszköze, mi sem lehetne jobb bizonyítéka, mint, a régi mondák, legendák, versek, és vallási hiedelmek, melyek a mai napig fenn maradtak, és egy-egy fafajhoz fűződnek.

„ Ó, nézd a furcsa, ferde fát!

Mint hajlik a patakon át,

Ó, lehet-e, hogy ne szeresd,

Hogy benne társad ne keresd?

Már ága között az arany napot,

Nem tartja, madara elhallgatott,

Virága nincs már, sem gyümölcse,

Ő mégis áll, az alkony bölcse...”

/ Tóth Árpád – A fa /

Azonban mint ahogy minden anyagnak, úgy ennek a természetes anyagnak is megvan a maga Achilles sarka, ez pedig nem más, mint a víz.

Érdekes ez a kapcsolat, ugyanis az élő fában alapvető a víz jelenléte, hiszen fejlődéséhez, anyagcseréjéhez elengedhetetlen, míg a már beépített, felhasznált faanyagokra inkább az alacsony nedvességtartalom jellemző. Ezeknél a faanyagoknál a nedvességtartalom megnövekedése okoz gondot (gondolok itt az emiatt bekövetkező zsugorodásra, dagadásra, elszíneződésre). Ezt a problémát külön nehezíti az a tény, hogy a faanyagok nem csak folyadékokból, hanem a levegőből is képesek megkötni a vizet, így a végső felhasználáskor, beépítéskor számításba kell venni a várható klimatikus viszonyokat, nedvességi igénybevételeket.

A felhasználást tekintve a faanyag egyes részeit még ma sem tudják eredményesen hasznosítani, (ilyenek pl. a kéreg, illetve a hancs). E két témát vegyítve jutottunk el konzulenseimmel arra a következtetésre, hogy ezt a témát érdemes lenne közelebbről is megvizsgálnunk, vagyis adott klimatikus körülmények között az egyensúlyi nedvességtartalom-változás összefüggéseit. Szerencsémre a Faanyag-tudományi Intézet teljes mértékben partner volt ebben, szaktanáraik készséggel válaszoltak bármely kérdésemre, és mindennemű eszközt biztosítottak, melyre csak szükségem lehetett.

A kutatást lényegében 10 fafajra terjesztettem ki, 4 fenyőfára (luc, erdei, fekete, vörös, valamint 3 szórt likacsú (bükk, nyír, nyár), és 3 gyűrűs likacsú lombos fajra (tölgy, csertölgy, akác). Mindegyik fajnál rendelkezésemre állt fiatal (~ 15cm törzsátmérő), illetve idős (~ 30-35cm törzsátmérő) fatestből kivett minta, így a korbéli eltérések összehasonlítására is lehetőségem nyílt. A minták mind október eleji gyérítő vágásból származtak a Soproni hegységből.

2. Fatest felépítése

A fatörzset anatómiai felépítése, illetve feldolgozása szempontjából két részre oszthatjuk: fatestre (xilem), és kéregre (cortex). A kéreg magában foglalja a háncsot, és héjkérget.

Mint minden élőlényt, úgy a fákat is sejtek alkotják, melyek egyes fajoknál, illetve fatípusoknál differencializálódnak, másoknál egy sejt több funkciót is ellát. A fatestekben

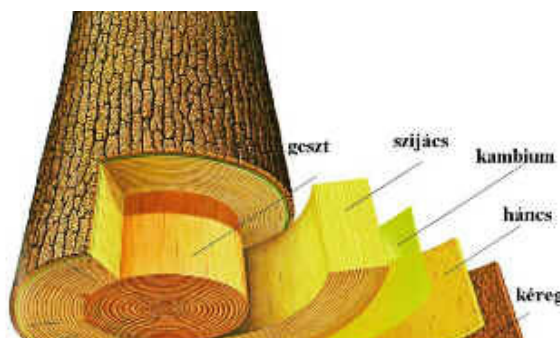
találhatunk **tracheákat** (edények, lombosoknál fordul elő), illetve **tracheidákat** (áledények, melyeket fenyőknél találhatunk), **librifromrostokat** (melyek vastag falú, szűk üregű szilárdító rostok), valamint **parenchimatikus elemeket** is (ilyenek a faparenchimák, vagy az epitélsejtek).

A fatörzset belülről kifelé haladva, a következő részekre oszthatjuk: bél, geszt, szíjács, kambium, háncs és héjkéreg:

Bél: Elsődleges szárból visszamaradt parenchimatikus alapszövet. Fiatal korban szállító szerepet lát el, később raktároz. Műszaki szerepe nincs, de a fatest külpontosságát nagymértékben befolyásolja.

Geszt: A bél, és a szíjács között található. A fatest belső elhalt része, amelyet az elhalt sejtek merev váza alkot. Benne már tápanyagszállítás nem megy végbe, csupán a fatest szilárdításért felelős. A fafajokat a geszt alapján is szokták csoportosítani, aszerint, hogy gesztjük színes (tehát a szíjácstól eltérő színű), vagy színtelen (szíjáccsal megegyező színű, sárgás, fehérés árnyalatú). A geszt határa minden esetben követi az évgyűrűszerkezetet. Létezik egy elszíneződési forma, melyet álgesztnek hívunk, ez a fa védekezési mechanizmusa által alakulhat ki, de ez nincs hatással a fatest mechanikai tulajdonságaira. Főleg a bükk, és a kőris hajlamos az álgeszttesedésre.

2. kép: Álgeszttes faanyag
(http://fahiba.fmk.nyme.hu/20_algeszt.htm)



1. kép: Fatest felépítése

(<http://www.greenfo.hu/uploads/kepek/23/2364/teljes.jpg>)



A fatest felhasználóságát erősen befolyásoló tényező a faanyag nedvességtartalma. Mivel az élőnedves faanyagban nagyon magas ez az érték, ezért célszerű gondos szárítóprogramokkal a faanyagot felhasználható állapotúra szárítani. A felhasználhatóság szempontjából az optimális nedvességtartalmat, mindig a felhasználás fajtája határozza meg. (Értem ezalatt, hogy egy késeléshez, furnér készítéshez jóval, magasabb nedvességtartalommal kell rendelkeznie a furnéripari rönknek, mint egy bútorigipari felhasználáshoz.)

Az alábbi táblázatban láthatóak, az egyes hazai fafajok élőnedves állapotban mért nedvességtartalmai:

Fafaj	nedvességtartalom (%)	
	Geszt	Szijács
Lucfenyő	51	173
Erdeifenyő	41	120
Jegenyefenyő	55	164
Duglászfenyő	37	115
Vörösfenyő	54	119
Bükk	75	90
Juhar	65	72
Nyír	89	72
Nyár	162	146
Dió (amerikai)	90	73
Akác	40	70
Kőris	58	72
Tölgy (fehér)	64	78

1. táblázat hazai fafajok élőnedves állapotban mért adatai
(Molnár S. (szerk.) (2000): Faipari Kézikönyv I. Faipari
Tudományos Alapítvány, Sopron.)

2.1. Szíjács

A fatestben a geszt és a kambium között található a szíjács. A szíjácsban a hossz-, és bél-sugárparenchima sejtekben még folyik a vízben oldott tápanyagok szállítása, és a szíjács szélén, a kambium révén a kettős építkezés (mind befelé a szíjácsot, mind kifelé a háncsot). Mind az ismeretes, a fiatal hajtásokban még nagyrészt szíjács található, és a geszt igen kis mértékben alkotja a fatörzset, de ahogyan a fa öregedik, úgy csökken a szíjács relatív mennyisége, és egyben változik meg a geszt, és a szíjács aránya. Nagyon idős fáknál ezért találhatunk vékony, néhány mm széles szíjácsot a palást mentén.

A különböző fajok geszt-szíjács aránya fafajtól függően jelentős mértékben eltérhetnek, ma már van lehetőség ezeknek a rétegeknek a „roncsolásmentes” vastagsági vizsgálatára, pl. röntgennel, vagy egy magyar fejlesztéssel, amelyet az egyetemünkön tanító, Dr. Divós Ferenc egyetemi tanár fejlesztette ki. Ezt a



3. kép: Fekete Dió (*Juglans nigra*) keresztmetszete a szíjáccsal
(forrás: <http://dioskonyv.bionuss.eu/25-05/1.htm>)

készüléket „fakopp”-nak hívják, amely a hangterjedési sebessége mérésének elvén alapul. Mivel a szíjácsban kevés gyantatartalom, és kevés cserzőanyag található, valamint nedvességtartalma magasabb, mint a geszté, vagy a háncsé, ezért védtelenebb a biotikus, és abiotikus károsítókkal szemben (rovarkárosítók, illetve gombakárosítók). Ezt a tényt súlyosbítja az is, hogy sok benne az egyszerű szénhidrát, amely ezeknek a károsítóknak fő tápláléka. Ilyen egyszerűbb szénhidrátok pl. a keményítők, cukrok. Az alábbi táblázatban néhány általam is vizsgált fenyőfaj gyantatartalom változása figyelhető meg:

fafaj	Szíjács (%)	Geszt (ill. érett fa)(%)	Teljes fatest (%)
Erdeifenyő	3,95	5,24	4,81
Vörösfenyő	2,47	4,59	4,1
Lucfenyő	1,95	1,49	1,69

2. táblázat: néhány faanyag gyantatartalma

(Molnár S. (szerk.) (2000): Faipari Kézikönyv I. Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron.)

A gesztesedés úgy megy végbe a szíjácsban, hogy fokozatosan gesztesítő anyagok épülnek be a sejtekbe, amelyek eltömítik annak pórusait. Lombos fáknál ez megnövekedett tilisz képződéssel jár, mellyel a fa az üregeit kitölti. Végül lassan az élő sejtek elhalnak, és az elhalt rész már geszthez tartozik. Jól látszik, hogy a geszt ebből a szempontból nem más, mint elhalt növényi szövetrendszer.

Felhasználáskor (pl. bútorigipari felhasználáskor, parkettagyártás, furnérgyártásnál) gyakran kivágják a szíjácsos részeket, mert a rovarkárosítóknak potenciális célpontja lehet. Teherhordó szerkezetekbe (mint pl. tartóoszlopok, gerendák) a szíjács előfordulását korlátozzák.

2.2. Háncs

Kialakulásáért a kambium felelős, az anyasejtek osztódásakor létrejövő leánysejtjeinek differenciálódásával fejlődnek ki a különböző háncssejtek, de ezek nem képesek lignifikálódásra. Az évenként létrejövő háncsrétegek vastagsága jelentősen kisebb az évgűrűk szélességénél, ez akár elérheti a 10x kisebb méretet is. A határaik sem annyira élesek, mint az évgűrűké.

A fenyők, és a lombosok háncsszerkezete is eltérő, amíg a lombosok háncsa edény formájú, vékony falú rostacsövekből, háncsparenchimákból, háncsrostokból, és bélsugarakból áll, addig a fenyőknél a rostacsövek helyett rostasejtek találhatóak, melyek falain minden oldalról pórusok vannak, de ezen kívül található még bennük bélsugár, háncsparenchima, és háncsrost is. Előfordulhatnak még pótlóháncsrostok, és rekeszes háncsrostok is, de feljegyeztek már sajátos háncselemeket is, mint pl. a kősejtek (szklereidák), vagy a prozenchimatikukambiform rostok. A lombosokban található vékony falú rostacsövek leginkább az edényekre hasonlítanak, ezért is hívjuk harántfalaikat rostalemezeknek, míg a fenyőkben található rostasejtek minden oldalán pórusokat találhatunk.

Míg a rostasejteknek, illetve rostacsöveknek a fő feladata csak a nagy molekulájú szerves anyagok szállítása, addig a háncsparenchimák kettős szerepet látnak el. Egyrészt ők szállítják a vízben oldódó kisebb molekulájú tápanyagokat, másrészt raktározzák a keményítőket, a cseresavakat, és az egyéb anyagokat. Ahogy a héjkéreg megvastagodik, úgy alakulnak át a háncsparenchimák kősejt csoportokká, (ez főleg a bükkre, és a nyírré jellemző, melyek megszilárdítják a háncsot) vagy parakambiummá. A háncsrostok elsősorban szilárdító rostok, melyek részben elfásodtak, farost szerűek. Ezen kívül még fenyőknél előfordulnak pótlóháncsrostok is, melyek a kambiumsejtekre hasonlítanak, és szintén szilárdító funkciót látnak el.

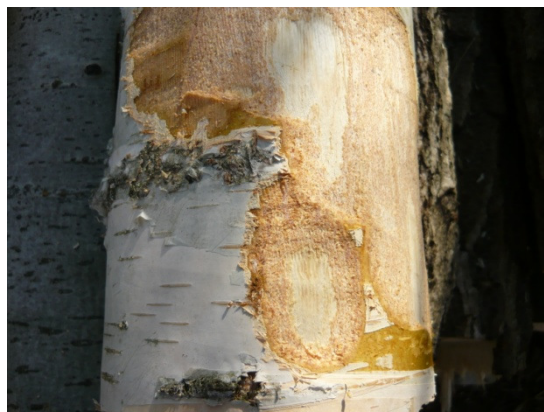
A háncsokat a hazai fafajok szempontjából 4 fő részre osztjuk:

- Kősejtekkel, és háncsrostokkal egyaránt rendelkezőkre (pl. akác, tölgy)
- csak háncsrostokkal rendelkezők (pl. szilek)
- csak kősejtekkel rendelkezők (pl. bükk, nyír)
- csak pótlóháncsrostokkal rendelkezőkre (fenyő félék)

2.3. Héjkéreg

A fatest legkülső rétege a kéreg, amely magába foglalja a már feljebb is említett háncsot, kambiumot, és az elparásodott kérget. Ez egy szövetrendszer, amely 3 rétegből áll. Első az **epidermisz, amit elsődleges bőrszövetnek**, is hívunk. (ez a fatest legkülső rétege) Mivel ez bizonyos vastagság után nem képes követni a fa növekedését, illetve szárvastagodását, így berepedezik. A repedéseket a **másodlagos bőrszövet** fogja kipótolni, amit **peridermának**

nevezünk. Ez egy 3 rétegből álló rendszer, ami tartalmaz fellomot (fellogén epidermisz pótlása), fellogént, valamint a parenchimatikus sejtekből álló felloderlát. Ez a réteg is berepedezik, amit a mögötte lévő bőrszövetnek kell kipótolnia, így elértünk a **harmadlagos bőrszövetig**, vagyis a **héjkéregig (ritidóma)**. A ritidóma áll egy eriderma rétegből, háncsparenchimákból, és zárt kéregből. Habár a háncs a harmadlagos bőrkéreg pótlását is végzi háncsparenchimáinak segítségével, de a fő feladata mégsem ez, hanem a tápanyag szállítása, illetve a raktározása



4. kép: Bibircses Nyír (*Betula pendula*) fatörzs tagozódása (héjkéreg, háncs, szíjács)

/saját fénykép/

Az elparásodott **kéreg** védi a fát a külső mechanikai, és egyéb hatásoktól (ilyenek pl. a vad-, és rovarrágások, a tűzkárok, stb.). Vastagságuk, és a fához viszonyított tömegük fafajonként, és a fa korából adódóan eltérő méretűek lehetnek. Ez az érték elérheti akár az 5- 25%-ot is, de mennyiségét csak bruttó fatérfogatban szokták figyelembe venni. A kérgek kifejlődési ideje fafajonként eltérő, míg egy akácnak 6-10 évre van szüksége, addig egy erdeifenyőnek 8-12, egy nyárnak 20-25, egy gyertyánnak pedig 50 évre. Mivel ez egyes faanyagoknál, az évente kitermelt faáruk kérge elérheti a több százezer köbmétert is, így ennek igen fontos a szakszerű, ipari hasznosítása. Sajnos ma még csak bedarálják, esetleg fák alatt, parkokban elszórják a talajon, de korszerű ipari hasznosításra még nincs mód. Felhasználását megnehezíti a magas extraktanyag-tartalom, a nagy mennyiségű hamuképződés, amely elégetéskor jelentkezik. Jelenlegi kutatásomban a különböző korú és fajokhoz tartozó kérgek, háncsrészek, és szíjács-fatest egyensúlyi nedvességtartalmait vizsgálom. Kutatómunkám eredményei reményeim szerint segítik a kéreg és háncs-részek hatékonyabb hasznosítását.

3. Vizsgált fafajok általános jellemzése

3.1. Luc fenyő (*Picea abies*)

Elterjedése

Az lucfenyők nemzetségéhez kb. 50 faj tartozik, de az európai fatereskedelemben 3 alfajnak van igazán szerepe. Ezek a Közös lucfenyő (*Picea abies*), a Szerb lucfenyő (*Picea omorika*), valamint a Szibériai Lucfenyő (*Picea obovata*). Az erdőfenyővel együtt Európa legelterjedtebb fafaja. Egész Észak- és Közép-Európában, sőt még Nyugat-Európában is szép állományokat alkot. Hazánkban a lucosok a hazai erdőknek mindössze 1%-át alkotják.

Makroszkopikus jellemzői

A gesztet és a szíjácsot nem lehet elkülöníteni egymástól, mind a kettő sárgásfehér színű. Felületén az évgűrűk jól kivehetőek, bár a korai-késői pásztahatárok elmosódtak, csupán a keresztmetszeten vehetőek észre apróbb barna pontok, melyek a gyantajáratok, de gyakoriak benne a gyantatáskák is.

Tulajdonságai

Vegyijulajdonságok (%)		Kémiai tulajdonságok (%)		Sűrűség (kg/m³)	
Cellulóz	58,00	Hidrogén	6,20	Légszáraz állapotban	Élőnedves állapotban
Lignin	28,29	Oxigén	43,45		
Pentozánok	11,30	Nitrogén	0,04		
Extraktanyag	2,57	Szén	50,13	300 - 430 - 640	700 - 800 - 850
Hamu	0,40%				

Zsugorodási jellemzők (%)		
Sugár irány: 3,5 – 3,6	Húr irányban: 7,8 - 8	Rost irányban: 0,3

A lucfenyőnél a kimagasló cellulóztartalma miatt elsődleges felhasználása a papírgyártásban történik. Mivel jelentős mértékben kevesebb benne a gyanta, mint az erdőfenyőben, vagy a

feketefenyőben, így jóval, kevesebb munkával jár a gyanta eltávolítása ebből a faanyagból, mint a többi fenyőből. pH: 3,8

Felhasználása

Elsősorban a papíripar hasznosítja nagy számban, valamint a lambéria gyártásnak, és a bútorgyártásnak is kedvelt alapanyaga, habár udvaros gödörkéi miatt a telíthetőségi tulajdonságai nem épp a legjobbak. Ezen kívül felhasználják még:

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| - bányafa | - ajtó-, és ablakgyártás legfontosabb |
| - kedvelt fenyőfaként vásárolt fafaj | alapanyaga |
| - fagyapot előállítás | - kert, és parképítés |
| - hangszergyártás (különösen | - forgács, és farostlemezgyártás |
| hegedűk gyártásánál kedvelt fafaj.) | - ládagyártás |

3. 2. Erdei fenyő (*Pinus sylvestris*)

Elterjedése

Az erdeifenyők nemzetségéhez kb. 120 faj tartozik, ezek közül a legelterjedtebb a közönséges (vagy európai) erdeifenyő (*Pinus sylvestris* L.). Ennek oka az lehet, hogy számtalan alfaj közül ennek a legnagyobb az alkalmazkodóképessége. Hazánkban a Dunántúl egyes tájain és a Sátorhegységben őshonos. Ma az erdeifenyő a legelterjedtebb fenyőfajunk, területe közel 150 ezer ha, az éves fakitermelése pedig 400 ezer m³ körüli. Mivel jó minőségű erdeifenyő csak a magasabban fekvő vidékeken terem, így a hazai fapiacra a minőségi erdeifenyőt csak importból tudják biztosítani.

Makroszkopikus jellemzői

A geszt és a szíjács élesen elkülönül. Az idősebb törzseknél a szíjács világos, sárgásfehér színű, mely az átmérő 1/3-át teszi ki. A geszt sötétebb színű, de levegőn, idővel vörösbarnára színeződik. A geszt két részre különíthető el. Bélre, és az azt körülvevő juvenilis-fára, amely kb. 12-15 évgyűrűből áll. Az évgyűrűkben a sötétebb kései, és a világosabb korai pászták jól elkülönülnek. A késői pászta aránya 30% körüli és sűrűsége nagyobb, mint a korai pásztáénak. Az évgyűrűk szélességét az éghajlati viszonyok erősen befolyásolják, ezért azokat az erdeifenyőket, amelyeknek széles évgyűrűje van gyakran "répafenyő"-nek nevezik. A sűrűbb, egyenletes, keskeny évgyűrűjű erdeifenyőt nevezik általában "borovi fenyő"-nek

Tulajdonságai

Vegyi (%)		Zsugorodási jellemzők (%)	Sűrűség (Kg/m ³)	
Cellulóz	41,90	Sugár irány: 3,5 – 3,6	Légszáraz állapotban	Élőnedves állapotban
Lignin	29,50	Húr irányban: 7,8 – 8		
Pentozánok	8,70	Rost irányban: 0,3		
Hexozánok	12,80	Térfogati: 8,9-12,4-16,0	330 – 520 – 890	750-800-900
Extraktanyag	2,20			
Hamu	1,30			

Az erdeifenyő járulékos anyagai közül ki kell emelnünk a gyantát, amely a fa tömegének akár 10% -a is lehet, de a gesztben nagyobb mennyiségben fordul elő, mint a szíjácsban. A magas gyantatartalom növeli a faanyag tartósságát, de megnehezít néhány faipari munkát, ilyen pl. a ragasztás, a papíripari feldolgozás, vagy a felületkezelés. A fenyőgyanta főleg a lakk-, és a festékgyártás fontos nyersanyaga – de kinyeréséhez nem kell a fát kivágni, ehhez ún. "csapolásos módszert" alkalmaznak. Az erdeifenyőnek van egy sajátos járulékos anyaga is, ez a pinoszilvin, amely szabad fenolohidroxil csoportjai révén még jobban megnöveli a faanyag tartósságát. Az erdeifenyő kevésbé savasnak tekinthető (pH szempontjából): pH 5,1

Tartósság szempontjából az erdeifenyő 3-4 tartóssági osztályba sorolható, ezért felhasználását tekintve alkalmas:

- Fontos bányafa és oszlopféleség
- faházak, kültéri falétesítmények
- árboc és vitorlarúd
- talpfák
- forgács-, farost- és fagyapotlemez
- rakodólapok, ládák

3. 3. Fekete fenyő (*Pinus nigra*)

Elterjedése

A fenyők nemzettségébe számtalan faj tartozik, tulajdonságait tekintve ez hasonlít legjobban az erdeifenyőéhez, és egyben ez a fenyőnk is az egyik legtűrőképesebb mindannyi közül. Dél-Európából származik, és hazánkba a 19. század során telepítették be, talajvédelmi célból. A kopár hegyoldalak talajerózióját kívánták vele megállítani, és ez olyannyira sikerült, hogy jelenleg is a hazai erdők 4,5-5 %-át feketefenyő teszi ki. Mivel nagyon magas gyantatartalommal rendelkezik, így felhasználása

korlátozott, sem a bútoripar, sem a papírgyártásban nem keresett fafaj, viszont gyantanyerésre előszeretettel használják.

Makroszkopikus jellemzői

Ahogy az erdei fenyőnél is, úgy itt is a geszt és a szíjács élesen elkülönül. Gesztje vörösesbarna színű, és a fatest 1/3-át teszi ki, míg a szíjácsa sárgás árnyalatú, és a faanyag 2/3 –ad részét alkotja. A fa keresztmetszetén sok, szabad szemmel is látható barna pontot találhatunk, melyek a gyantajáratok. Sajnos fája kékülésre erősen hajlamos, gyakran találhatunk benne vaserességet, illetve gyantatáskát is. Hajlamos a göcsösségre, így csökkentve a kihozatali arányt, ezért fája kevésbé értékes, mint egy Erdei fenyő, vagy Lucfenyő faanyag. Habár a kékülést is gombák okozzák, a tőkorhasztó gombáknak mégis különösen jól ellenáll, így tartószerkezeti felhasználásra is alkalmas.

Tulajdonságai

Zsugorodási jellemzők (%)	Sűrűség (kg/m ³)
Sugár irány: 6,2	Légszáraz állapotban
Húr irányban: 7,9	
Rost irányban: 0,4	
	550 - 580

A feketefenyőnél is ki kell emelnünk a járulékos anyagok közül a gyantát, ugyanis itt a fában jelentősebb mennyiségben megtalálható a gyanta, ez elérheti akár 12% -ot is. A magas gyantatartalom itt is növeli a faanyag tartósságát. Egyetemünkön a Faanyag tudományi Intézetben elvégzett vizsgálatok szerint a fekete fenyő keménységi mutatói jelentősen jobbak, mint az erdeifenyőé, ez 54,1 MPa.

Tartósság szempontjából a feketefenyő 3. tartóssági osztályba tartozik. Főbb felhasználása:

- rétegelt, ragasztott tartós szerkezetek, gerendák (a hazai feketefenyők erre a célra nem javasoltak)
- beltéri padlóburkolatok
- rakodólap gyártás, ládák
- farost, és forgácslap lemezek
- bányafa
- zsaludeszkák

3. 4. Vörösfenyő (*Larix decidua*)

Elterjedése

A Vörösfenyő az egyetlen tűlevelű faj, amely természetes körülmények között is nagy számban előfordul, lombos erdőkben, és amelynek tűlevelei Ősszel elsárgulnak, majd lehullnak. Hegyvidéki, alhavas fafaj, amely több kontinensen is őshonos, Szibériától kezdve egészen Kanadáig. Magyarországon, Sopron, kőszeg környékén is őshonos. Egyik legellenállóbb, legkeményebb fafajunk, jól tűri a szélsőségeket, akár -70 C°-on is megél, sőt a hideg a növekedésében is segít. Meglehetősen hosszú élettartamú fa, mely viszonylag gyorsan nő. Olaszországban regisztráltak egy példányt, mely a mérések szerint már 1000 éves.

Makroszkopikus jellemzői

Színes gesztű fafaj, gesztje színe vöröses barna, és a faanyag 4/5-ét teszi ki, a szíjácsa keskeny sárgás-fehér színű, és 1/5 arányban található meg a keresztmetszetben. Kékülés nem jellemző, nagyon jó a gombaállósága. A keresztmetszeten a pásztahatárok élesen elkülöníthetőek egymástól. Mivel a vörösfenyőben is találhatóak gyantajáratok, (amelyek kisebbek, mint az erdei, vagy a fekete fenyőben) így ennek keresztmetszetén is találunk szabad szemmel látható barna pontokat, amelyek a gyantajáratokat jelentik. Mivel magas a faanyag csersavtartalma, így csersav reagensekkel kezelve erős elszíneződés tapasztalható. Gyakran találhatunk benne gyantatáskát. pH szíjács: 5,4; geszt: 4,2

Tulajdonságai

Vegyí (%)				Sűrűség (kg/m³)	
Cellulóz	34,00	Extrakt anyagok	4-9	Légszáraz állapotban	Élőnedves állapotban
Lignin	30,00	Csersav	10-12		
Hemicellulóz	15,00	Gyanta	4,10		
Pentozánok	17,80			440 – 590 - 850	750 – 900
Hexozánok	4,40				
Hamu	0,20				
Zsugorodási jellemzők (%)					
Sugár irány: 3,3 – 4,3		Húr irányban: 7,8 - 10,4		Rost irányban: 0,3	

Felhasználását tekintve ezerarcú, ugyanis az elterjedtebb fenyőfajok közül ennek a legjobbak a keménységi, tartóssági, és szilárdsági értékei. A jó tulajdonságai révén széles körben keresett, de a kevés kitermelt mennyiség miatt fája értékesebb, mint a többi fenyő faanyaga.

- hajók egyes részei
- dekoratív rajzolata miatt értékes bútorfá
- kert, és parképítés
- vasúti talpfa, bányafa
- gyantájából nyerik, az ún. „velencei terpentint”

3.5. Bibircses Nyír (*Betula pendula*)

Elterjedése

Eredetileg Észak-Ázsiából, Európából származó pionír jellegű fafaj, hazánkban is őshonos. Nagy tűrőképességgel rendelkezik a talajjal szemben, emiatt jól bírja a szélsőséges éghajlatokat, viszont nagyon fényigényes faj. Pionír fafajnak tekinthető, magas terméshozamú. Nemzetségének mintegy 70 faja ismert. Ezek közül több nemesített változata is létezik, melyekkel a fapiacra is találkozhatunk.

Makroszkopikus jellemzői

Színtelen gesztű fafaj, fája szórt likacsú, egyszínű fehér, gyengés sárgás, esetleg vöröses színezettel. Edényei a keresztmetszeti képen világos fehér pontokként láthatóak. (így a keresztmetszeti képe kissé hasonlít ahhoz, mint ha liszttel szórták volna meg a felületet) Kérge fiatalon fehér, papírszerű, amelyet könnyedén le lehet húzni. Idősen kérge megvastagodik, és a törzs alsó részén, durván, sötétben berepedezik. Tartóssága, és gombaállósága igen csekély, hajlamos a fülledésre, kékülésre.

Tulajdonságai:

Vegy (%)		Zsugorodási jellemzők (%)	Sűrűség (kg/m ³)	
Cellulóz	42,00	Sugár irány: 5,3	Légszáraz állapotban	Élőnedves állapotban
Lignin	25,00	Húr irányban: 7,8		
Hemicellulóz	27,00	Rost irányban: 0,6		
Csersavtartalom	12,00		510 – 650 –	800 – 850 -
Hamu	0,40		830	900

Felhasználása

A hazai ipar főleg import nyírfát használnak, melyet főleg Oroszországból, Skandináviából szállítanak be. Ennek oka az, hogy hazánkban összefüggő nyír állományok nincsenek. Mivel faanyaga kiválóan megmunkálható (ragasztható, hámozható, szárítható), így előszeretettel használják. Szárításnál figyelmes szakmai munkát igényel, mert könnyen sötétedik. Célszerű UV alapozók használata a dekoratív világos szín megóvása érdekében. pH: 4,8

Felhasználása:

- bútór, és furnérgyártás
- szerszámnyél, és ruhaakasztó gyártása
- esztergályozott, és metszett faárúk
- rétegelt lemez, és tömörfa-lemezgyártás
- kérgéből illóolajokat állítanak elő
- Nyírcukor!

3.6. Rezgőnyár (*Populus tremula*)

Elterjedése

A hazai fagazdaságban jelentős mennyiségben jelen vannak a nyarak (összes terület 9,6 %-a) a nyarak nemzetségébe 35 fajtát sorolunk, és két csoportba szokás sorolni őket:

Nemes nyarak: Idetartoznak pl. a korai nyár, a késői nyár, illetve a nemes nyarak.

Hazai nyarak: Pl. fehér, szürke, fekete, rezgő nyarak

A rezgő nyárfa nevét onnan kapta, hogy még szélcsendben is rezegnek a levelei. Észak-Afrikától Skandináviáig mindenütt megtalálható. A hazai rezgőnyarasokat a Tiszántúl kivételével országsszerte mindenhol megtalálhatjuk, de nagyobb mennyiségben csak a hegyvidékeken található. Sokáig gyomfának tekintették, pedig gesztnélküli fája kiválóan, és sokoldalúan hasznosítható.

Makroszkopikus jellemzői

Szintelen gesztű fafaj, a bélközi juvenilis fa jelentősen nem különül el, csupán néhány évgyűrűből áll. Szijácsa a fatest 30-40 %-át teszi ki, de a geszt jóval magasabb nedvességtartalommal bír. A nyárfák sajátossága, hogy döntéskor a geszt nedvességtartalma elérheti akár a 200%-ot, szijácsa 110, vagy 130%-ot.

Kérge fiatalon vékony, fehéres szürke, vagy zöldesszürkés. Felületén paraszemölcsök találhatóak. Később azonban sötétszürkévé válik, törzse alsó néhány méteres szakaszán, mélyen berepedezik.

Tulajdonságai

Vegyi (%)		Kémiai (%)		Sűrűség (kg/m ³)	Extrakt anyagok kioldhatósága (%)
Cellulóz	50% - 63,3	Hidrogén	6,40	Légszáraz állapotban	Alkohol - benzol: 1,83 - 2,7
Lignin	29,2 - 32,6	Oxigén	43,20		forró víz: 1,38 - 1,98
Pentozán	16,75 – 19,88	Nitrogén	1,60		
Gyanta, és egyéb	0,78	Szén	48,90	450	NaOH: 16,87 - 19
Hamu	0,38 - 0,4				

Zsugorodási jellemzők (%)	
Sugár irány: 3,1 – 5,3	Húr irányban: 5,9 - 8,6

Felhasználása

A nyár egyik legelőnyösebb tulajdonsága a kis testsűrűség. A frissen kitermelt faanyag még 2-3 hónapig főzési, illetve gőzölési kezelés nélkül is jól hámozható. Ez kedvezően hat a lemezipari rönköknél a hámozhatóságra, és a göngyöleg súlyra (főleg a lemez, és ládagyártásban. Két féle gyártásra bontják szét a nyarak felhasználását, a sűrűségük alapján. Papírgyártásnál a 400g/cm³-nél alacsonyabb sűrűségűeket használják, míg az ennél nagyobbakat a fűrészelt termékek gyártásához.

Ezen kívül használják még:

- | | | |
|--------------------|--------------------------------|------------------------------|
| - bútör, és épület | - faros köszörület | - gyufagyártás fő alapanyaga |
| - ládadeszka | - rétegelt lemez, bútörlapokat | - fatömegcikkek, facipők, |
| - cellulózgyártás | - rakodólapok | teknők, stb. |

3.7. Fehér Akác (*Robinia pseudoacacia*)

Elterjedése

Észak- Amerikában őshonos, de mára Európában, és Ázsiában is megtalálható. Az első példányt a XVII. Szd elején hozta be Jean Robin, aki a párizsi királyi fűvészkert kertésze valamint botanikus is volt. Az első hajtást is itt ültette el.

Magyarországra az első állományokat Mária Terézia parancsára létesítették a XVIII. Században a futóhomok megkötésére.

Nevét vélhetőleg Jean Robinról kaphatta. Gyorsan növő fafaj, melyet annak köszönhet, hogy szimbiózisban él a gyökereinél található nitrogén-termelő gombákkal, melyek elősegítik a növekedését. Jelenleg Magyarországon invazív fafajnak minősített, így új állományokat törvényileg tilos létesíteni belőlük. Ma hazánk erdőterületeinek kb. 26%-a akác, és ez az erdők fatömegének kb. 12,5%-át teszi ki.

Makroszkopikus jellemzői

Színes gesztű , gyűrűs likacsú fafaj. Edényeiben tilisz található. Szíjácsa vékony, sárga, csupán 2-6 évgűrűt tartalmaz. Gesztjének színes a sárgásbarnától egészen a zöldesszürkéig változhat. Egyik legfontosabb alapanyaga a csersav, valamint a robinetin, melyek jelentős hatással vannak a faanyag tartósságára, mechanikai tulajdonságaira. Különlegessége, hogy élőnedves állapotában is viszonylag alacsony nedvességtartalommal rendelkezik. A nagy kéregmennyiség miatt a hamu mennyiségének 80%-a a kéregből adódhat (!)

Tulajdonságai

Vegyí (%)		Kémiai (%)		Sűrűség (kg/m ³)	Járulékos anyagok (csersavak) (%)
Cellulóz	40 - 50	Hidrogén	5,91	Légszáraz állapotban (kg/m3)	Kéregben: 3 – 6
Lignin	25 - 30	Oxigén	43,1		fatestben: 2 - 4
Hemicellulóz	15-22	+ Nitrogén			
Gyanta, és egyéb	0,78	Szén	49,2	580-790	dihidrorobinetin: gesztben 2-5
Hamu	0,79				

Zsugorodási jellemzők (%)	
Sugár irány: 3,2 – 4,6	Húr irányban: 5,4 – 7,2

Felhasználása

Az akác legelőnyösebb tulajdonságai azok, melyek korlátozzák a felhasználhatóságát is. Mivel nagymértékben találhatók sejtjeiben Calcium-karbonátok, így nagy az élkoptató hatása, ezért megmunkálása nehézkes, és költséges. Jól szárítható, gőzölhető, megfelelő minőségben ragasztható. Jellemző továbbá rá a nagy sűrűség, a magas csersav tartalom, illetve emiatt a jó gombaállóság, és a kiváló mechanikai tulajdonságok.

Felhasználási területei:

- forgácslap gyártás
- parketta
- Épületfa
- vasúti talpfa
- rakodólapok
- bútortipar, szék asztal (kerti bútorok!)
- hordógyártás
- nagy mennyiségben tűzifa

3.8. Bükk (*Fagus sylvatica*)

Elterjedése

Egész Európában őshonos, de legnagyobb mennyiségben Kelet-Európában fordul elő. A hűvös, csapadékban gazdag klímát kedveli, és érzékeny a kemény telekre, illetve a korai

fagyra. Tengerszint felett már 200m.-rel találkozhatunk vele, de igazán a 400-600-1200m-en egyeduralkodó faj. Hazánkban, a Kárpátokban, és a Magyar-középhegységben fordul elő önálló állományt alkotva, vagy más fajokkal vegyítve. Pl. a Lucfenyő – Bükkalé, vagy Jegenyefenyő – Bükkalé együtt ültetve. Kitermelt mennyisége 500-600 erdei m³

Makroszkopikus jellemzői

Színtelen gesztű, szórt likacsú faj. A fatest színe világos halványsárgás, és álgesztre hajlamos. Jellegzetessége a felületét tarkító, 0,1-0,3mm hosszú vöröses barna színű bélsugár „csíkok”, melyek egyedi rajzolatot kölcsönöznek a faanyagnak. Fája nagyon kemény, mely a farostok nagy sejtfalvastagságával áll összefüggésben.

Tulajdonságai

Vegyí (%)		Kémiai (%)		Sűrűség (kg/m ³)
Cellulóz	53,46	Hidrogén	5,4	Légszáraz állapotban
Lignin	22,46	Oxigén	44,5	
Pentozán	24,86	Nitrogén	0,4	
egyéb	0,5	Szén	48,9	680
Hamu	0,35			

Zsugorodási jellemzők (%)	
Sugár irány: 5,8	Húr irányban: 11,8

Felhasználása

Európában az egyik legkeresettebb, és legszélesebb körben felhasznált fafaja. Szárításnál óvatos menetrend szerint kell leszáritani a faanyagot, ugyanis vetemedésre, repedésre erősen hajlamos. Fülledésre erősen hajlamos, ezért a fűrészipari feldolgozásakor fokozott figyelmet kell erre fordítani.

Felhasználási területei:

- épület szerkezet
- furnérgyártás
- parketta, hajópadló
- szerszámnyél
- rétegelt lemez, bútortalapokat (pl. idompréselt rétegelt lemez székek)
- bútorgyártás

- kandallófa

- vasúti talpfák

3.9. Tölgy (*Quercus*)

Elterjedése

A tölgyeknek közel 300 létezik, és Ausztrálián, illetve Afrikán kívül csaknem az egész bolygón megtalálhatóak. Kialakulásuk a kontinens vándorlás idejére tehető, ezután hatással volt még a fajra az éghajlatváltozás is, melynek hatására az egyes fajok kereszteződtek, és a helyi klímához alkalmazkodtak. Azóta Európában közel 20-24 faja ismert, és ebből hazánkban 6+1 alfaja őshonos (Kocsányos, Kocsánytalan, Molyhos, Vörös, Magyar, Turner, és a Csértölgy). Fontos megemlíteni, hogy a tölgyeknek nem csak az iparban, hanem a kultúrában is jelentős szerepük van. Gondoljunk csak az Erdészcsillagra, vagy arra, hogy a Magyar honvédség címerében, és a ZMNE címerében is fellelhető a tölgyfa levél.

Makroszkopikus jellemzői

Színes gesztű gyűrűs likacsú fafaj. Szíjácsa vékony sárgás-fehér árnyalatú (kivéve a Vörös tölgyet, amelynek szíjácsa enyhén rózsaszínes). Nagyméretű edényei az évgűrű mentén szabályos sorokban helyezkednek el. Bennük, ahogy feljebb az akácban is, anyagberakódás található (u.n. tilisz), a fajra jellemző még, hogy széles bélsugarai a sugármetszeten szabálytalan alakú, tükrös felületű foltokat, u.n. bélsugártükröket alkotnak.

Tulajdonságai:

Vegy (%)		Kémiai (%)		Sűrűség (kg/m ³)	
Cellulóz	53,4	Hidrogén	5,8	Légszáraz állapotban	Élőnedves állapotban
Lignin	22-24	Oxigén	44,2	Kocsányos t.	700 1000
Pentozán	23,4	Nitrogén	0,4	Kocsánytalan t.	750 1100
egyéb	0,4	Szén	49,2	Vörös t.	710 1100

Zsugorodási jellemzők (%)		
Sugár irány: 4 - 4,6	Húr irányban: 7,8-10	Rost irányban: 0,4

Felhasználása

A tölgyek kedvező tulajdonságaik miatt a világ egyik legkeresettebb fája közé tartoznak. Jól megmunkálhatóak. Szárításánál kíméletes menetrendet szükséges. Hajlamos a repedésekre, valamint az u.n. kollapszusok megjelenésére. A rossz szárításnál mechanikai, és esztétikai „sérülést” is szenvedhet a faanyag. (pl. oxidációs elszíneződések, és foltosodások) Csersavtartalma miatt kedvelt a hordógyártásban. Tölgy furnér ragasztásánál előfordulhat, hogy a ragasztó átüt a másik felületre

Felhasználási területei:

- bútort, és furnérgyártás
- szerszámnyél
- esztergályozott, és metszett faárúk
- beltéri, és kültéri alkalmazás (játsszóterek, padok)
- bányafa, vasúti talpfa
- Lépcsők elsődleges faanyaga

3.10. Csértölgy (*Quercus cerris*)

Elterjedése

Eredetileg a Szubmediterráni, kelet-mediterráni éghajlat fája, így közép-Európában is megtalálható. Hazánkban a legnagyobb mennyiségben megtalálható fajok közé sorolják. Első sorban domboldalak déli részein találkozhatunk vele. Mivel jól tűri a sanyarú körülményeket (légszennyezés, szárazság, kavicsos talaj, stb.) ezért ez a faj közkedvelt parkfa, vagy városi „utca-fa”.

Makroszkopikus jellemzői

A nemes tölgyekkel ellentétben, itt nem csak néhány évgyűrű széles a szíjács, hanem ez az arány elérheti akár a fatest 15-25%-át is. A szíjács színe itt világos-szürke, vagy egészen halvány-sárgás színű. Ugyancsak érdemes megjegyezni, hogy ha a kivágott farönköt hosszabb ideig a kültéren tároljuk, akkor gesztje beszürkül. Mivel álgesztetesedésre, és fülledésre erősen

hajlamos, így a kitermelést követően egyből kategorizálják őket fehér-, és vörös cserre, aszerint, hogy álgesztet tartalmaz-e, vagy sem.

Tulajdonságai

Sűrűség (kg/m ³)	Zsugorodási jellemzők (%)
Légszáraz állapotban	Sugár irányban: 4,40
720-810	Húr irányban: 8,50
	Rost irányban: 0,40

Felhasználása

Sajnos az alacsony kihozatal miatt (kb. 11%) csak nagyon kevés hibamentes faanyagot tudunk előállítani, amelyek megmunkálása hasonló a nemes tölgyekéhez. Ezekből hordók, bútor, és furnéripari termékek, valamint parketta, és koporsógyártásra használják. A rossz minőségű faanyagot első sorban kedvező energetikai tulajdonságai miatt tűzifaként értékesítik.

A Csertölgy furnérok feldolgozása sajátos technológiát igényel, ugyanis könnyebben törik tekercseléskor, mint a nemes tölgy, illetve ragasztáskor itt is figyelni kell, hogy a ragasztóanyag átüthet a furnér másik oldalára.

Felhasználási területei:

- bútor, és épület
- hordó készítés
- parketta gyártás
- bányafa
- rakodólap
- furnér gyártás
- cellulóz gyártás
- koporsó gyártás
- „tűzifa”

4. A nedvességtartalom

Forrásként az alábbi részhez Molnár Sándor (2004): Faanyagismeret c. könyvét, illetve Dr. Takács Péter (2004): Szárítás, és gőzölés c. jegyzetét használtam.

A fatest, inhomogén, anizotrop, kapillár-porózus szilárd test, így más porózus testekhez hasonlóan képes a levegőből vizet abszorbeálni, és kapilláris rendszerével vizet illetve oldatokat szállítani. Kétféle nedvességtartalmat különböztetünk meg, a nettó-, és a bruttó nedvességtartalmat, melyek közül én csak a nettó nedvességtartalmat említeném.

Nettó nedvesség tartalom:

$$U = \frac{m_n - m_0}{m_0} * 100; \quad [\%]$$

m_0 - vízmentes száraz fatest tömege

U – Nedvességtartalom

m_n – faanyag tömege nedves állapotban

Meg kell még említeni, hogy a faanyag mechanikai tulajdonságai nagyban függnek a nedvességtartalom változásától, ugyanis a nedvességtartalom növekedésével a rosttelítettségi határig csökkennek, majd utána nem változnak a mechanikai tulajdonságai a fának.

Ismeretesek még különböző nedvességtartalmi fokozatok, illetve határértékek. Ezek közül az alábbi határértéket tartjuk számon:

Élőnedves állapot: Erről az állapotról akkor beszélünk, mikor a fa még az eredeti élőhelyén található, Mérését a kidöntést követően szokták megejteni, ugyanis ennek az állapotnak az ismerete fontos, a szállítás, és szárítás, valamint raktározás szempontjából is. Meg kell említenünk még továbbá azt is, hogy a későbbiekben ezt az állapotot nem lehet nedvesítéssel ismét elérni, (a kidöntést követő legelső deszorpció nem megismételhető folyamat) ugyanis a faanyagban a cellulóz-fonál molekulák között számos vízmolekula kötődött meg. Ahogy a faanyag veszít a nedvességtartalmából, a víz molekulák kiválnak ebből a kötés rendszerből, a cellulóz fonál molekulák közelebb kerülnek egymáshoz, és megkötik egymást „u.n. „fa-fa kötések” keletkeznek, melyek továbbá már nem képesek a víz megkötésére.

Abszolút száraz állapot: Ezen állapotról akkor beszélünk, mikor a faanyagban lévő víz aránya közel 0%. Ezt az állapotot csak elviekben tartjuk számon, ugyanis mai technológiával

el tudjuk érni, egy zárt vákuum kamrában, vagy egy vákuum szekrényben, de amint a faanyagunk kikerül ebből a közegből, és találkozik egy más légnedvességű közeggel, úgy egyből vizet köt meg, tehát elveszíti abszolút száraz állapotát. Szükséges ennek az állapotnak az ismerete, ugyanis a nedvességtartalom meghatározására szolgáló képleteinkhez ez az érték szükséges.

Rosttelítettségi pont: A fatestben a víz két féle képpen fordulhat el. Szabad víz, és kötött víz formájában. E kettő határállapot átmeneti tartományát nevezzük Rosttelítettségi határnak. Akkor beszélünk erről az állapotról, mikor a fatest rostjai megtelnek vízzel, de a sejtüregben még nincs folyadékvíz. Ez az érték átlagosan 30 % körül van, de ez fafajonként eltérhet.

Légszáraz állapot: A 20°C-on, és 65% relatív páratartalmi értéken biztosítható ez az állapot. Fontos, hogy ismerjük ezt az állapotot, mert számos vizsgálatnál, és terméknél ezt a 12%-os nedvességtartalmat kell figyelembe vennünk.

A fent említett néhány nedvességtartalmi fokozaton kívül az alábbiakat tartjuk még számon:

Megnevezés	Nedvességtartalom [%]
Abszolút száraz	0
Túlszáritott	6
Szobaszáraz	8
Légszáraz	12
Légnedves	18
Félszáraz	25
Rosttelítettségi állapot	≈30
Félnedves	50
Élőnedves	fafaj függő
Abszolút nedves	pórustérf. függő

3. táblázat Nedvességtartalmi fokozatok

(Molnár S. (szerk.) (2000): Faipari Kézikönyv I. Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron.)

Mint ahogy azt feljebb is említettem a víz két féle képpen fordulhat elő a fatestben:

- **Kötött víz formájában:** Ekkor a víz molekulák a rostokon belül kémiaiilag kötődnek a cellulóz molekulák hidroxil csoportjaihoz, és a hemicellulóz molekulák hidrogénjaihoz hidrogén híd-kötéssel egyaránt.
- **Szabad víz formájában,** melynél a sejtek üregeiben (kapillárisaiban) található meg a víz.

A faanyag nedvességtartalma összefüggésben áll a környező levegő páratartalmával, nyomásával, illetve annak hőmérsékletével. BABIAK (1998) Azokat a görbéket, melyek egy egységnyi tömegű száraz fa által felvett vízmennyiség és a fával egyensúlyban lévő környezeti relatív páratartalom adott hőmérsékletre jellemző kapcsolatát jelenti, **szorpció izotermáknak nevezzük.**

A faanyag nedvesség felvételével, valamint leadásával együtt jár annak dagadása, esetleg zsugorodása is. A dagadás mértéke függ a fatest sűrűségétől, illetve nedvességtartalmától. A fa dagadásának maximumát a cellulóz makromolekulák kristályos szerkezete szabja meg. A faiparnak a legtöbb kellemetlenséget még mindig ez a kettő jelenség okozza.

Azt a jelenséget, mikor a faanyag vizet ad le az alacsonyabb nedvességtartalmú levegőnek, **deszorpciónak,** míg mikor a fatest vizet köt meg a levegő nedvességtartalmából **adszorpciónak** nevezzük, amely mindig csak a higroszkópossági határig tart. Ennek a határnak a nagyságát az aktuális hőmérséklet befolyásolja

Fontos fogalom még ebben a témában a **szorpció hiszterézis,** mely azt a nedvességtartalmi különbséget jelenti, amely a deszorpció izoterma, és az adszorpció izoterma között található.

5. A vizsgálat menete

A vizsgálatok során különböző fafajok fiatal, illetve idősebb mintáinak héjkérgét, háncsát, illetve szijácsát hasonlítottunk össze első sorban az egyensúlyi nedvességtartalmuk alapján. A fiatalabb minták 15 cm törzsátmérőjű fákból származtak, míg az idősebbek 30-35 cm vastag fatörzsekből kerültek kiemelésre. Minden mintát a fatörzs mellmagassági részéből vettünk ki, így törekedtünk arra, hogy a mintáink fafajonként is a törzseknek azonos helyéről származzanak. A kutatás célja az volt, hogy a hazánkban előforduló első sorban az ipar számára fontos fafajokra részletes szorpciós izotermákat tudjunk felállítani, valamint, hogy a kapott eredmények alapján a nedvességtartalmi összefüggéseket, fafaji sajátosságokat fedezzünk fel, majd ezekre megpróbáljunk magyarázatot adni.



5. kép: hántolt rezgőnyár (*Populus tremula*) rönk. /saját fénykép/

A mérést megelőzően élőnedves faanyagmintákat kellett beszerezni, melyben partnerünk volt a Tanulmányi Erdőgazdaság, kiknek ezúton is köszönetet szeretnék mondani. Az aznapi vágásból származó fatörzsekből hántolás útján mintát vettünk (5. ábra), melyeket

lefagyasztottuk, és a mintavételezés végeztéig fagyasztott állapotban tartottuk azokat, így megtartva azok élőnedves állapotát. A mintavételezés befejeztével, a hántolt faanyagból szétválogattuk a héjkérgét, háncsot, és szijácsot, majd ezeket forgács méretűre vágva, megjelölt Petri csészébe helyeztük őket. Ezután a csészékben lévő mintáinkat behelyeztük egy klímaszekrénybe, és elkezdtük azok egyensúlyi légnedvesség útján való leszárítását. A kezdeti paraméterek 95% relatív légnedvesség, és 20°C-os hőmérséklet volt. Mikor a minták egyensúlyi nedvességtartalma beállt állandó értékre, ismét csökkentettük a levegő nedvességtartalmát. (A szárítási menetrendet, illetve a légnedvességi fokozatainkat az alábbi táblázatban tüntettem fel. Amint elértük a 0%-os relatív páratartalmat, 30°C-os hőmérséklet, és 20mB nyomás mellett, úgy megkaptuk a faanyag közel abszolút száraz tömegét, melyből visszaszámolhatóvá vált a mintáink tömege az adott klimatikus szinteken. Ezzel a faanyag deszorpciós vizsgálatának végéhez értünk, így ugyanezen klíma lépcsővel megkezdhetjük az abszorpciós folyamatot. A 100°C-on való leszárítás az abszolút száraz tömeg elérésére azért

nem volt számunka járható út, ugyanis ekkora hőmérséklet hatására modulus a kémiai szerkezet, amely hatással van a vízfelvétele.

A deszorpciós, és adszorpciós menetrend az alábbiak szerint ment végbe:

<i>deszorpció</i>							
Hőmérséklet (C°)	Légnedvesség (%)						
	95	80	65	50	35	20	0
20	X	X	X	X	X	X	
30							X

<i>adszorpció</i>							
Hőmérséklet (C°)	Légnedvesség (%)						
	0	20	35	50	65	80	95
20		X	X	X	X	X	X
30	X						

4. Táblázat: Deszorpciós, és adszorpciós menetrend /saját szerk./

A vizsgálathoz az alábbi berendezéseket használtuk:

- BINDER gyártmányú klímaszekrény.
- MEMERT gyártmányú Vákuum szárítószekrény
- KERN ABJ analitikai mérleg
- Exikkátor
- Ø60mm Petri csésze

6. Mért értékek

6.1 Jelmagyarázat

A kiértékelt adatoknál fafajonként 12 izoterma szerepel. Ezeket minden fafajnál négy-négy diagramon ábrázoltuk, ezáltal lehetőségünk adódik a kapott eredmények összehasonlítására.

Az ábrán szereplő paramétereim a következők:

- F – Fiatalabb korú fatörzsből vett minta
- I. – Idősebb korú fatörzsből vett minta
- k. – Héjkéreg minta (Pirossal jelölve)
- h. – Hancs minta sz. (Zölddel jelölve)
- sz. – Szijács minta (Kékkel jelölve)

A négy-négy diagramunkról az alábbiakat lehet leolvasni:

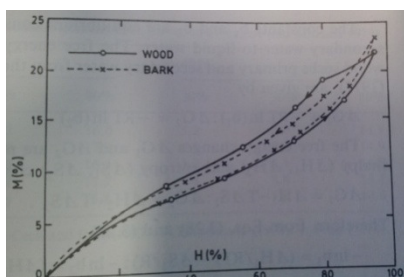
- I. Fiatal fafajra jellemző adszorpciós, és deszorpciós izotermák.
- II. Idősebb fafajra jellemző adszorpciós, és deszorpciós izotermák.
(jelölés azonos az előző diagramhoz)

Az I. és II. diagramokon a folytonos vonalak a deszorpciós görbékét-, míg a szaggatott vonalak az adszorpciós görbékét jelölik.

- III. Deszorpciós görbék összehasonlítás fajonként (folytonos vonal a fiatalabb mintákat-, a szaggatott vonalak az idősebb mintákat jelölik.)
- IV. Adszorpciós görbék összehasonlítása fajonként (folytonos vonal a fiatalabb mintákat-, a szaggatott vonalak az idősebb mintákat jelölik.)

Az III. és IV. diagramokon a folytonos vonalak a fiatal minták görbéit-, míg a szaggatott vonalak az idősebb minták görbéit jelölik.

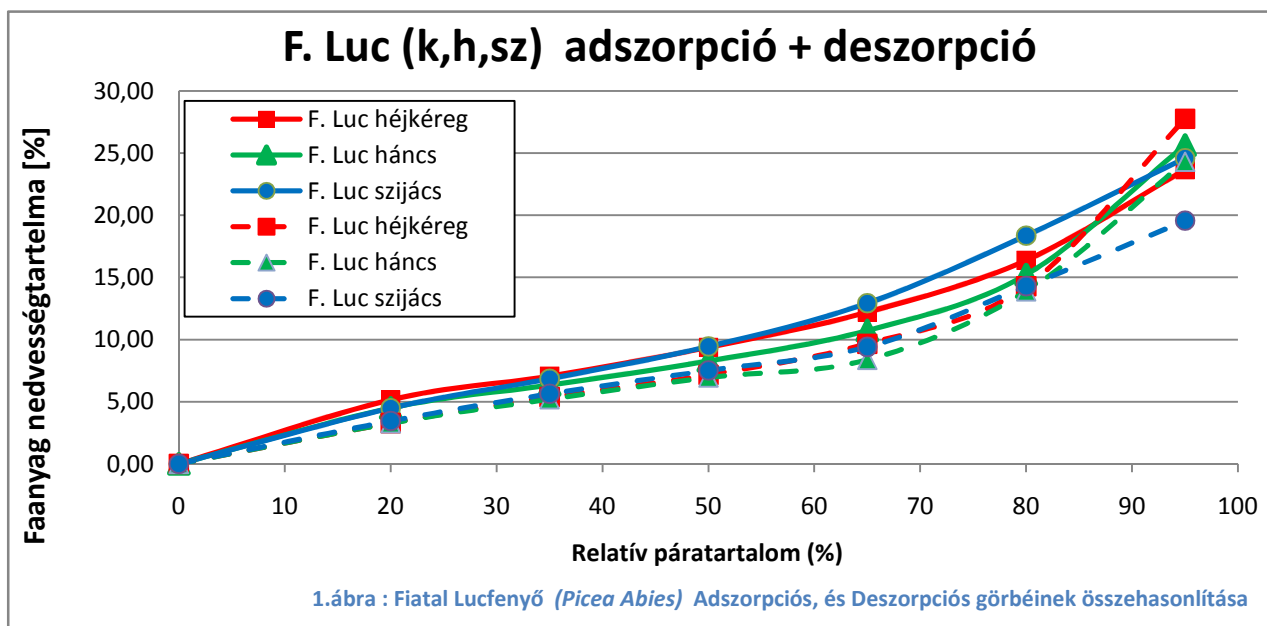
6.1.1. Korábbi Irodalmi érték



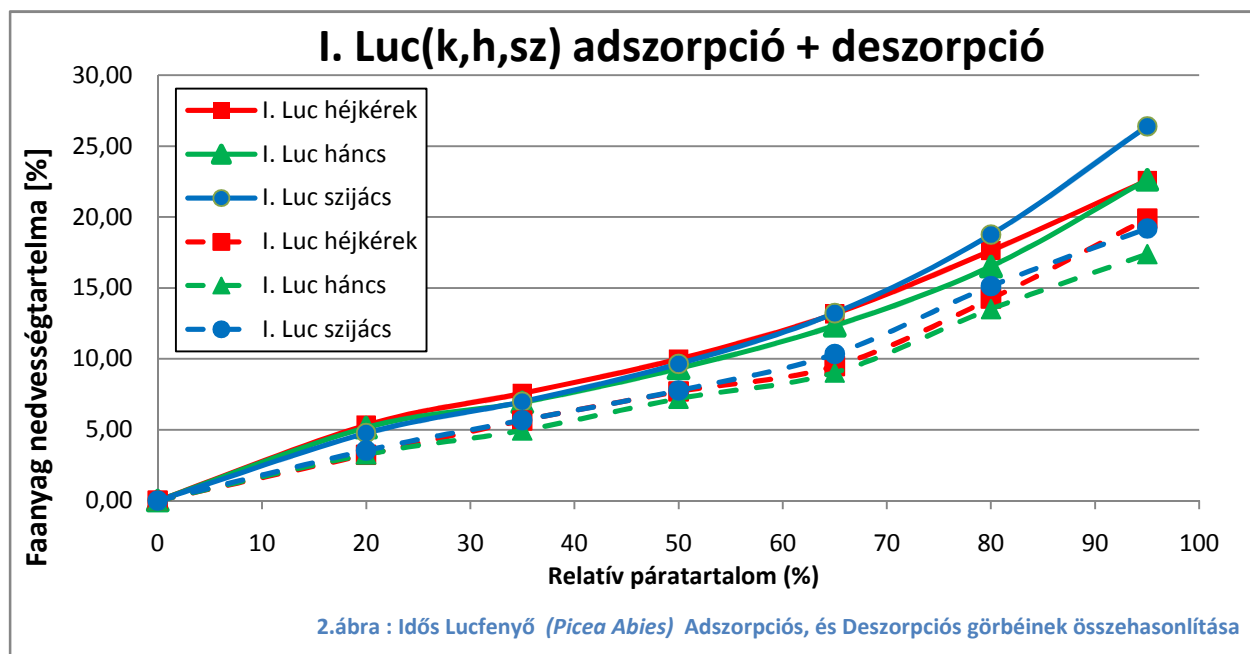
1980-ban egy német, és egy japán professzor meghatározták a faanyag kérgének, és fatestjének szorpciós izotermáit észak amerikai fafajokat felhasználva. (Okoh KIA Scaar C 1980 *Moisture Sorption US hardwoods Wood Fiber* 12:98-111). Elsődleges célunk a pontos fafajonkénti izotermák meghatározása.

6. kép: Okoh KIA Scaar C 1980 *Moisture Sorption US hardwoods Wood Fiber* 12:98-111
[Christian Scaar: *Wood-Water Relations* (1988)]

6.2. Luc fenyő (*Picea abies*)

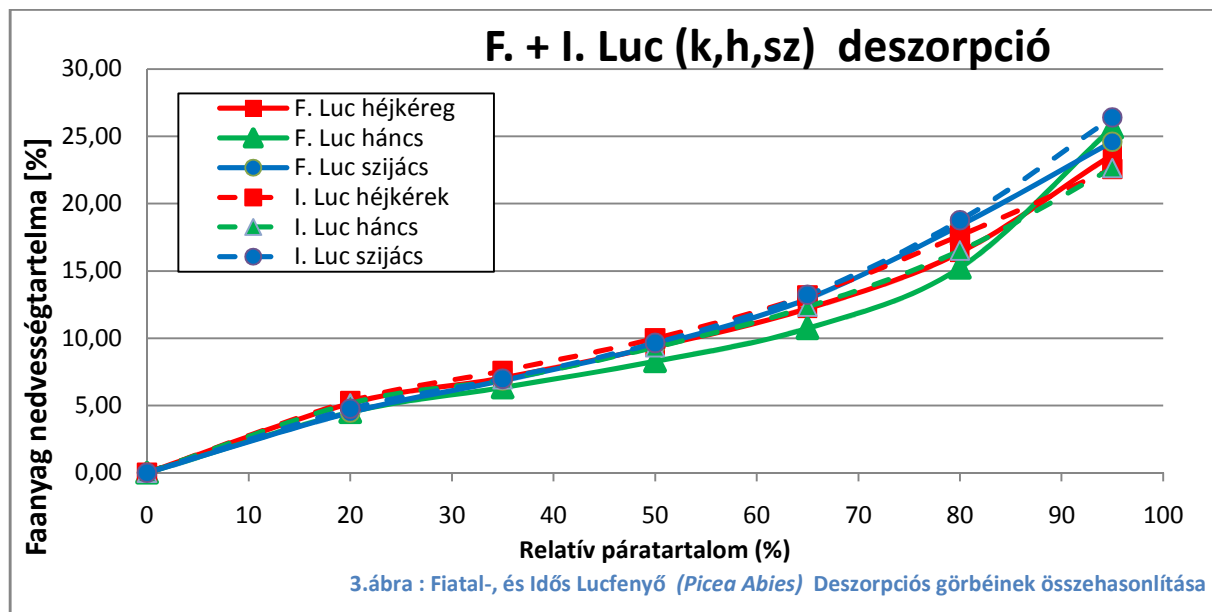


A **1. ábrán** megfigyelhető, hogy mind az adszorpciós-, mind a deszorpciós görbék is szépen együtt futnak. Az adszorpciós, és deszorpciós értékek között nagy különbség figyelhető meg. Jól látszik még az is, hogy az egyes fatestek sorrendje az adszorpció, és a deszorpció során is azonos. Közöttük a legmagasabb nedvességtartalma a szijácsnak van.

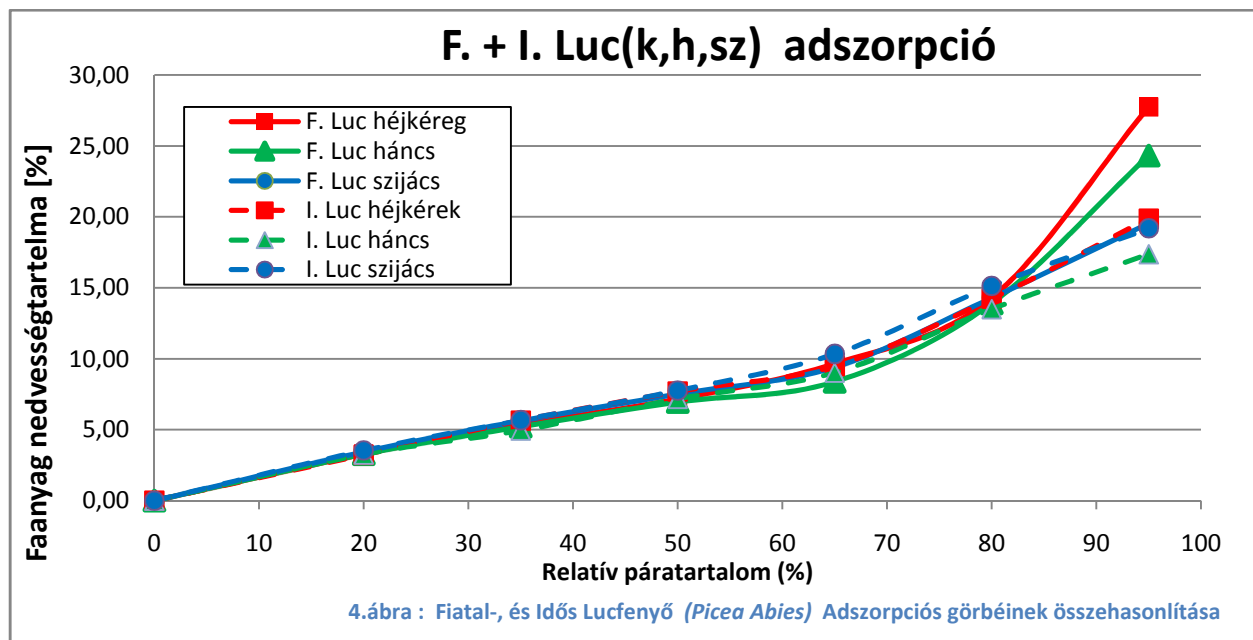


A **2. ábrán** is látszik, úgy mint a fiatal esetében is, hogy az adszorpciós-, és deszorpciós görbék itt is szépen együtt futnak. Az adszorpciós, és deszorpciós értékek között itt is nagyobb különbség figyelhető meg. Érdekes továbbá még az is, hogy a sorrend itt is azonos a

fiatal minta sorozattal, tehát látszik, hogy a kor előrehaladtával sem változnak a fatest részeinek egymáshoz viszonyított nedvességtartalma.

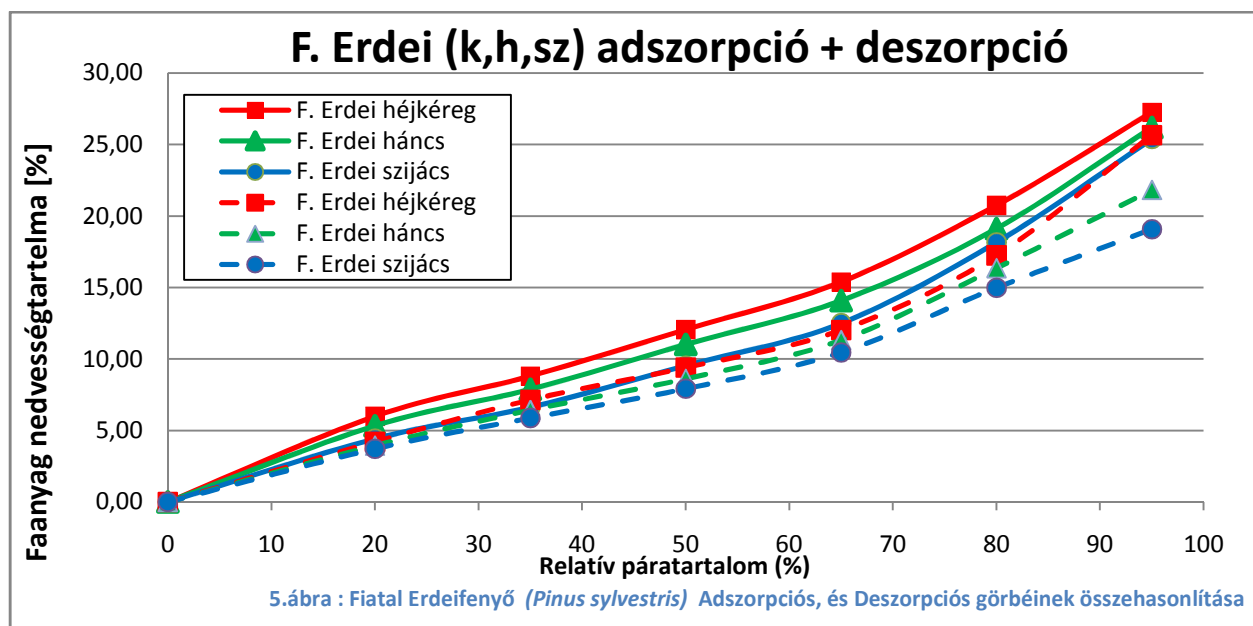


A **3. ábra**: megfigyelhető, hogy az azonos korú görbék szépen együtt futnak. A sorból kissé kilóg a Fiatal héjkéreg, amely a középső tartományban 1-1,5%-al alacsonyabb értéket mutat. Jól kivehető az is, hogy a két korból való görbék közel azonos értéken futnak, tehát a kor előrehaladtával a fatest egyes részeinek nedvességtartalma minimális változást mutat.

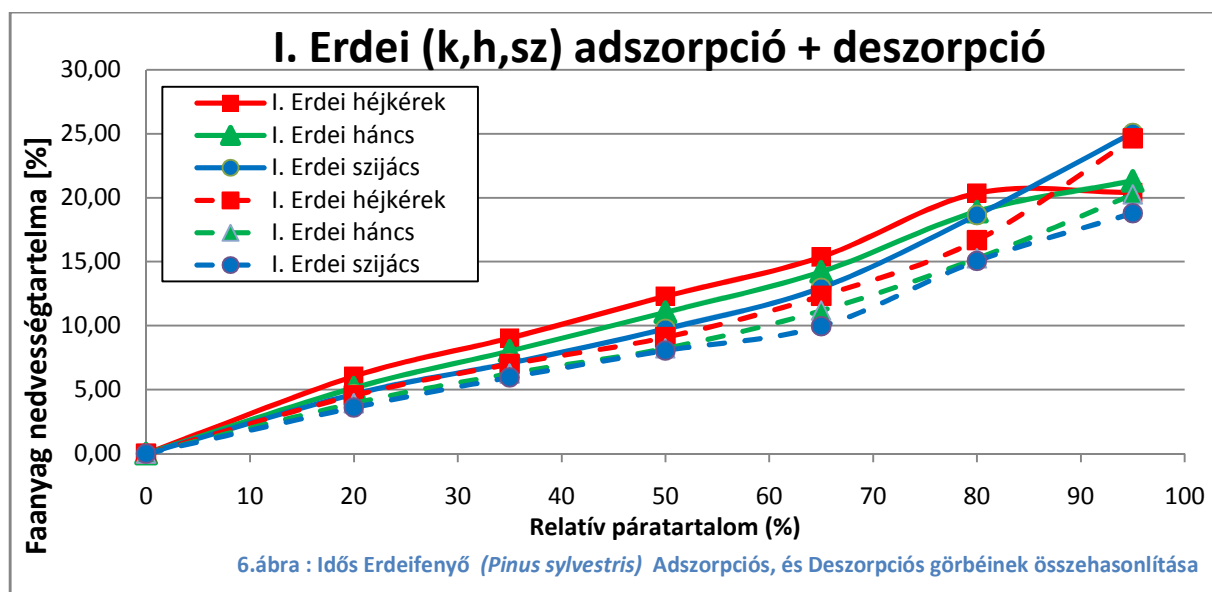


A **4. ábrán** a legszembevetőbb, hogy a Fiatal -, és Idős minták a skálán 80 %-ig közel azonos mértékben szépen együtt futnak. A felső tartomány vélhetőleg a kondenzvízből fakadó mérési hibára utalhat. Ahogy az előző diagramnál is, úgy itt is látszik, hogy a fiatal luc hánca egy kicsit kisebb értéket mutat a 65%-os nedvességtartalomnál.

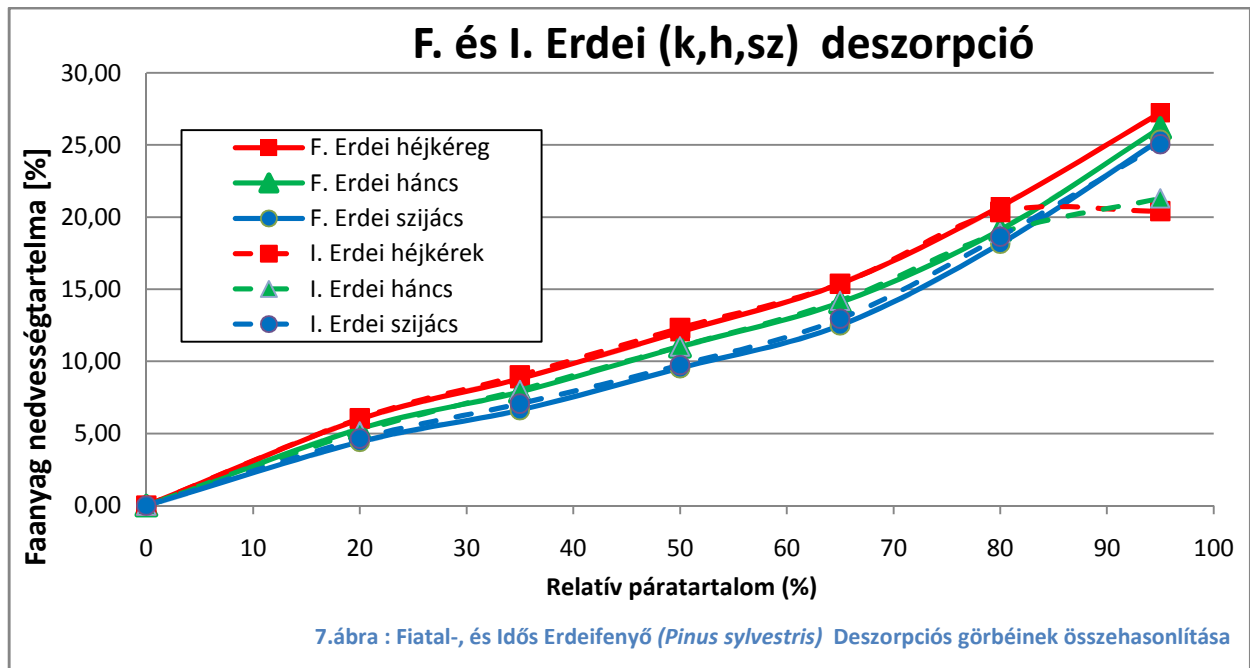
6.3. Erdei fenyő (*Pinus Sylvestris*)



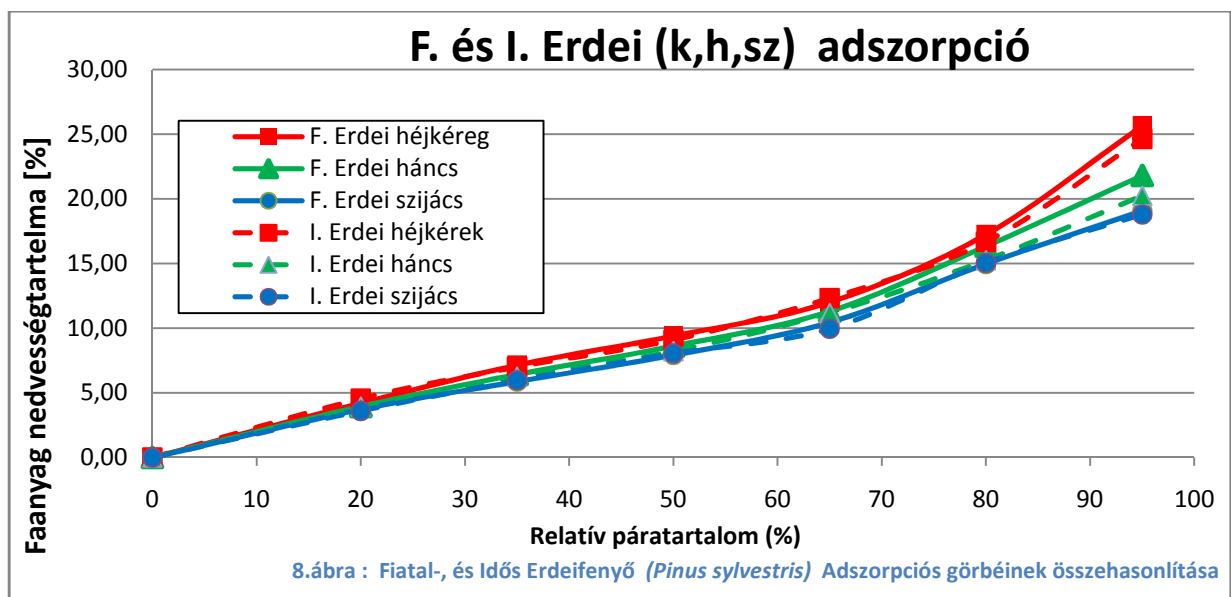
Az **5. ábrán** egy ideálisnak mondható diagramot láthatunk. Jól látszik, hogy a minták sorrendje is azonos mindkét korú mintánál. A görbék közepes differenciával futnak egymáshoz képest.



A **6. ábráról** Itt is jól látható, hogy a görbék sorrendje azonos. Az adszorpció, és a deszorpciós görbék közepes differenciával futnak egymáshoz képest.

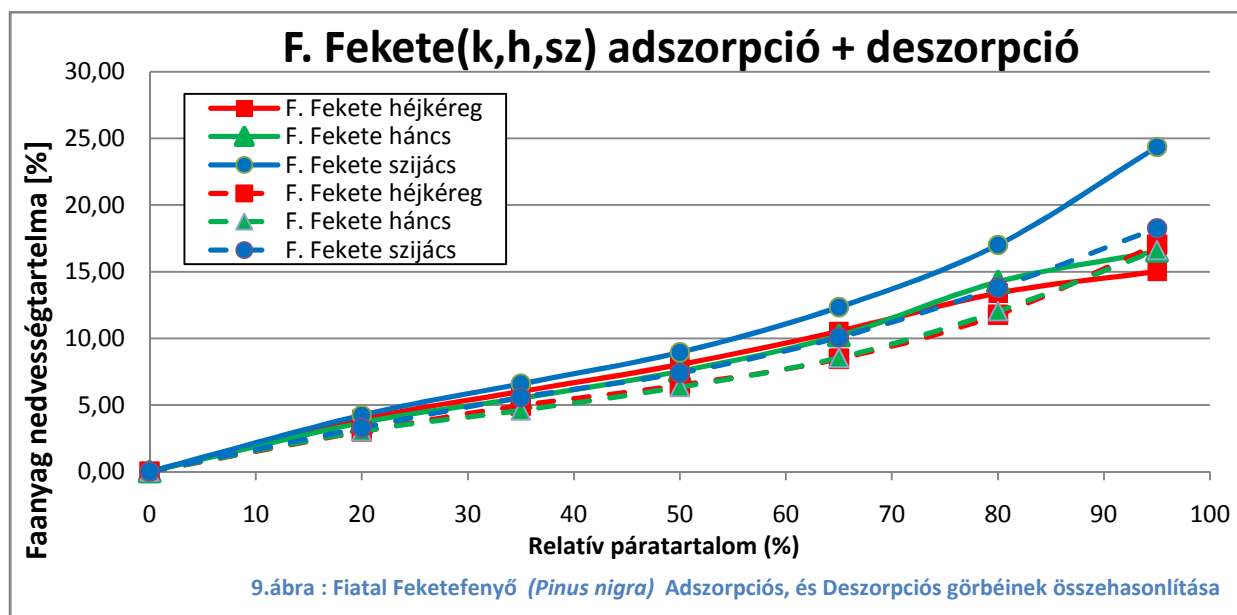


A **7. ábra**: Itt is látszik a szép egyenletes lefutás. Megfigyelhető, hogy a görbék a kor előrehaladtával is azonos helyen futnak, közöttük a differencia kicsi. Egyetlen kiugrást láthatunk 80% felett az idős héjkéregnél, amely azt jelenti, hogy a mintánk alacsonyabb nedvességtartalomról kezdte meg a deszorpciót.

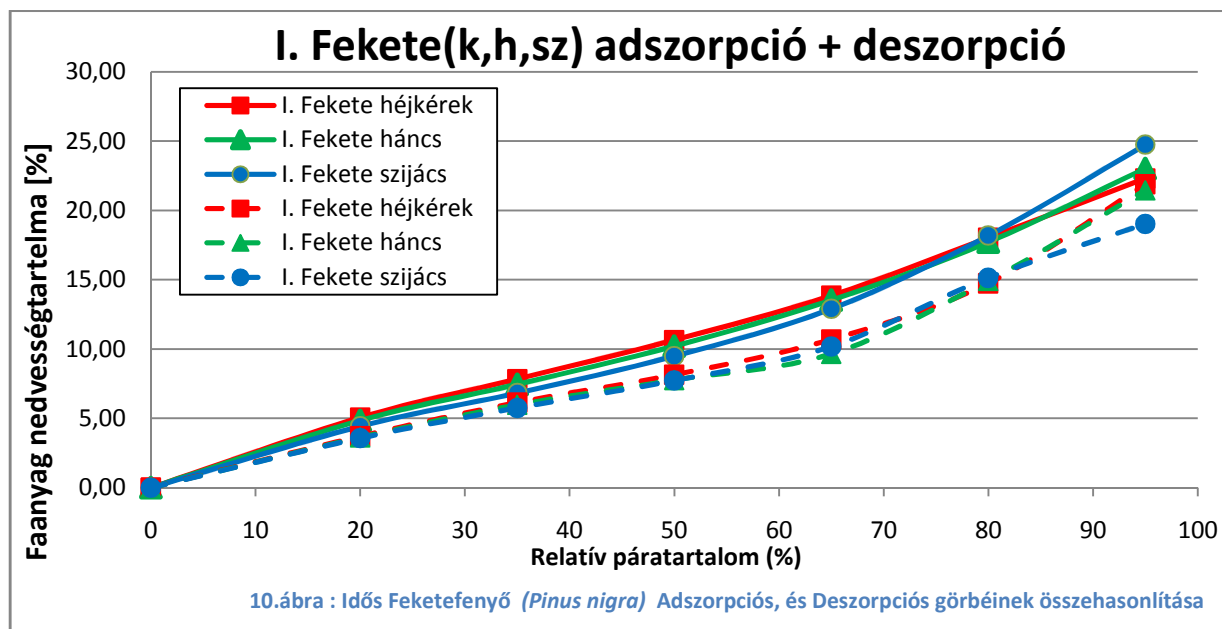


8. ábra: A görbék emelkedése szép, egyenletes. Jól kivehető, hogy a kor előre- haladtával az adszorpciós tulajdonságai a héjkéregnek, és a háncsnak csak kismértékben csökkennek. Jól megfigyelhető továbbá, hogy a görbék sorrendje azonos az idő előrehaladtával is. Az adszorpció - deszorpció között közepes differencia figyelhető meg.

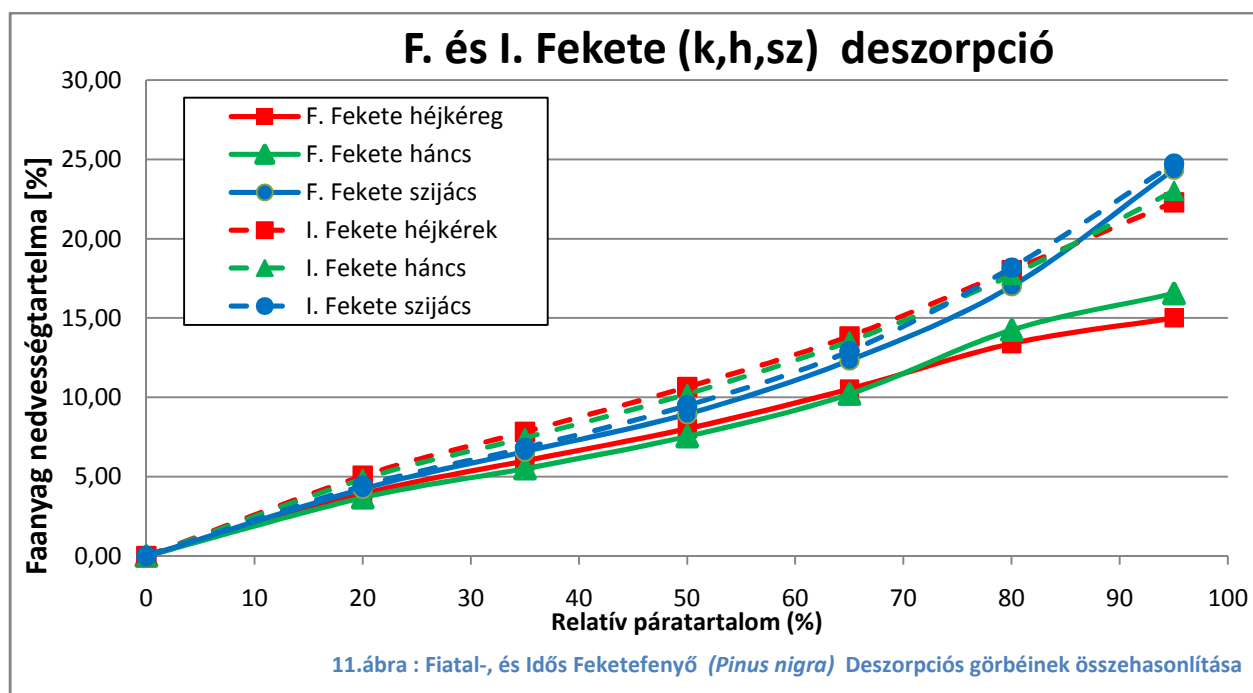
6.4. Fekete fenyő (*Pinus nigra*)



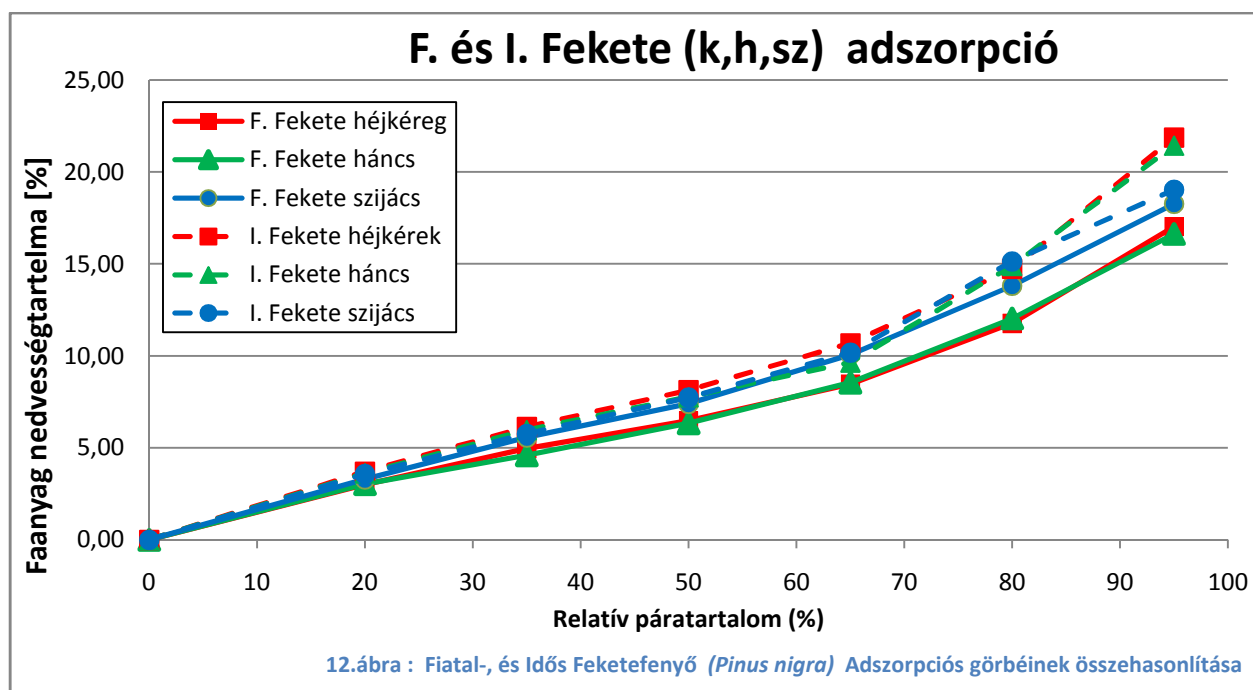
A 9. ábrán látszik, hogy az adszorpciós-, és deszorpciós görbék között közepes differencia figyelhető meg. Az is látszik, hogy a fiatal szíjács magasabb értéken fut, mind a többi görbe. Ezen kívül megállapítható, hogy a görbék sorrendje, és egymáshoz viszonyított távolságuk is közel azonos. (Például kivehető, hogy mind a két görbe sorban a kék van legfelül, majd a piros, és a zöld minta nagyon összetartanak, de a piros egy kicsivel magasabb értéket vett fel.)



A 10. ábrán lévő görbéken látszik, hogy mind az adszorpciós-, mind a deszorpciós görbék szépen együtt futnak. A két görbe sereg között közepes differencia figyelhető meg. Érdekes, hogy az adszorpciós görbék, és a deszorpciós görbék sorrendje nem azonos.

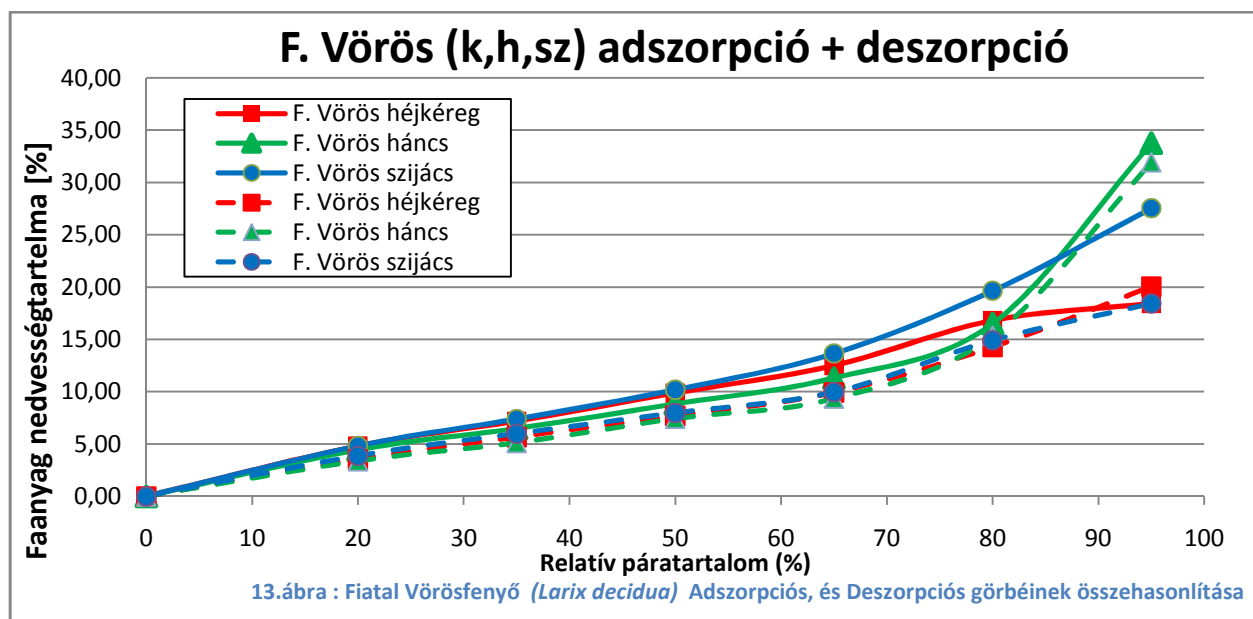


11. ábra: Érdekes megfigyelni, hogy az idős szijács eltér a másik két görbe ívétől, és tőlük egy magasabb értéken fut. Az is megfigyelhető, hogy a kor előrehaladtával nő az egyes fa-részekben lévő nedvességtartalom.

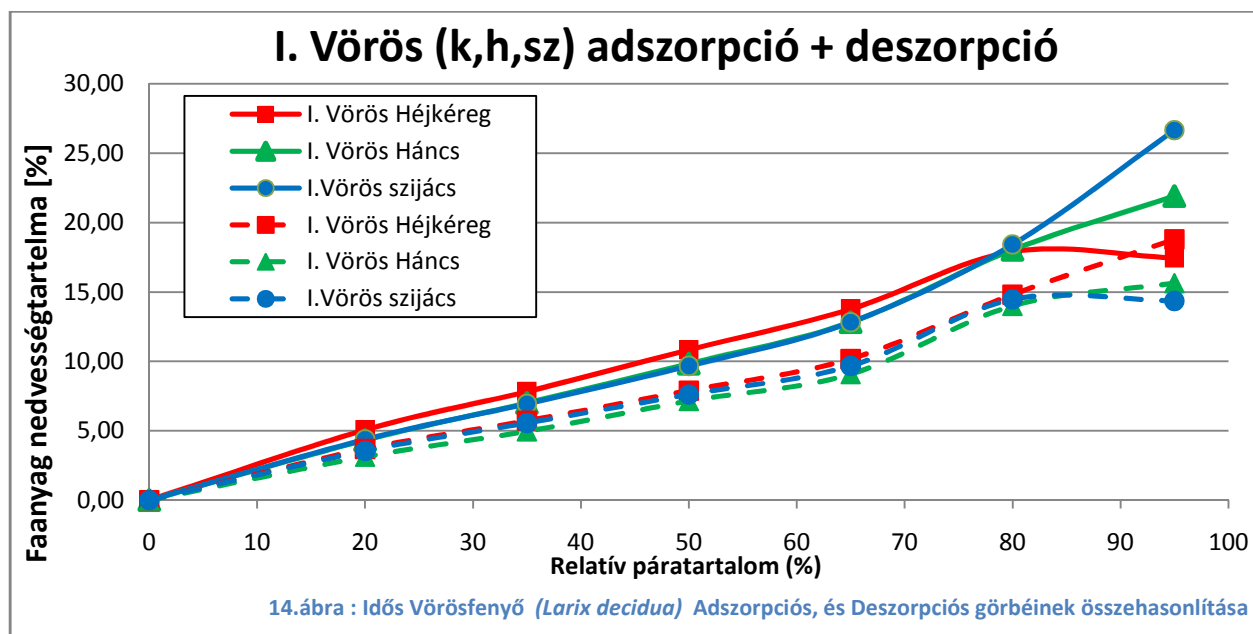


12. ábra: Erről a diagramról is leolvasható, hogy a kor előrehaladtával nő a nedvességtartalom, azonban a görbék között a sorrend nem lesz azonos. Mind a három idős görbe szépen együtt fut. A fiatal görbék közül csak a szijács mutat nagyobb értéket a hancshoz, és a héjkéreghez képest

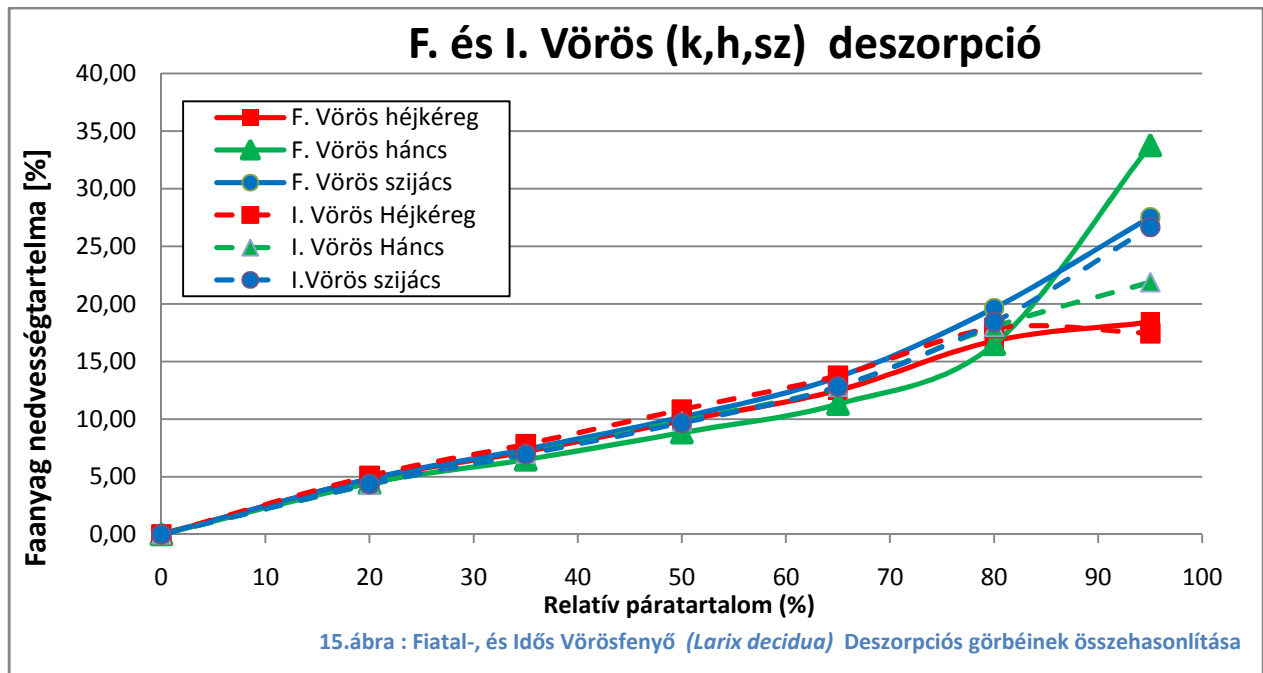
6.5. Vörösfenyő (*Larix decidua*)



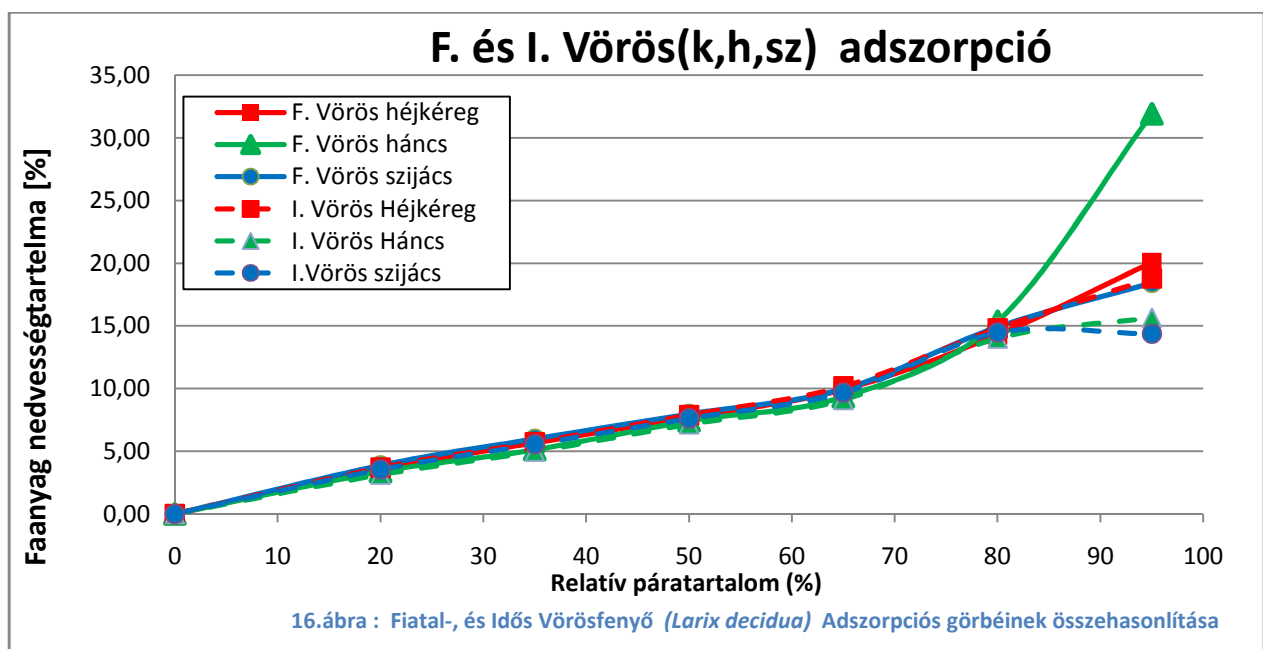
A **13. ábrán** érdekes megfigyelni, hogy az adszorpciós-, és deszorpciós görbék között közepes differencia fedezhető fel (eltérően a többlettől a szijácsnál nagyobb ez az érték). Az is látható, hogy a görbék sorrendje azonos mind a két sorozatban. Leolvasható, közepesen futnak együtt.



A **14. ábrán** jól látszik, hogy a görbék szépen, egyenletesen együtt futnak. Az adszorpció, és deszorpció közötti differencia nagy. A görbék sorrendje azonos, a deszorpciónál leolvasható héjkéreg, és szijács egymáshoz nagyon, közeli értéken mozognak. Megfigyelhető továbbá az is, hogy a szijács – háncs - héjkéreg közepes mértékben futnak együtt.

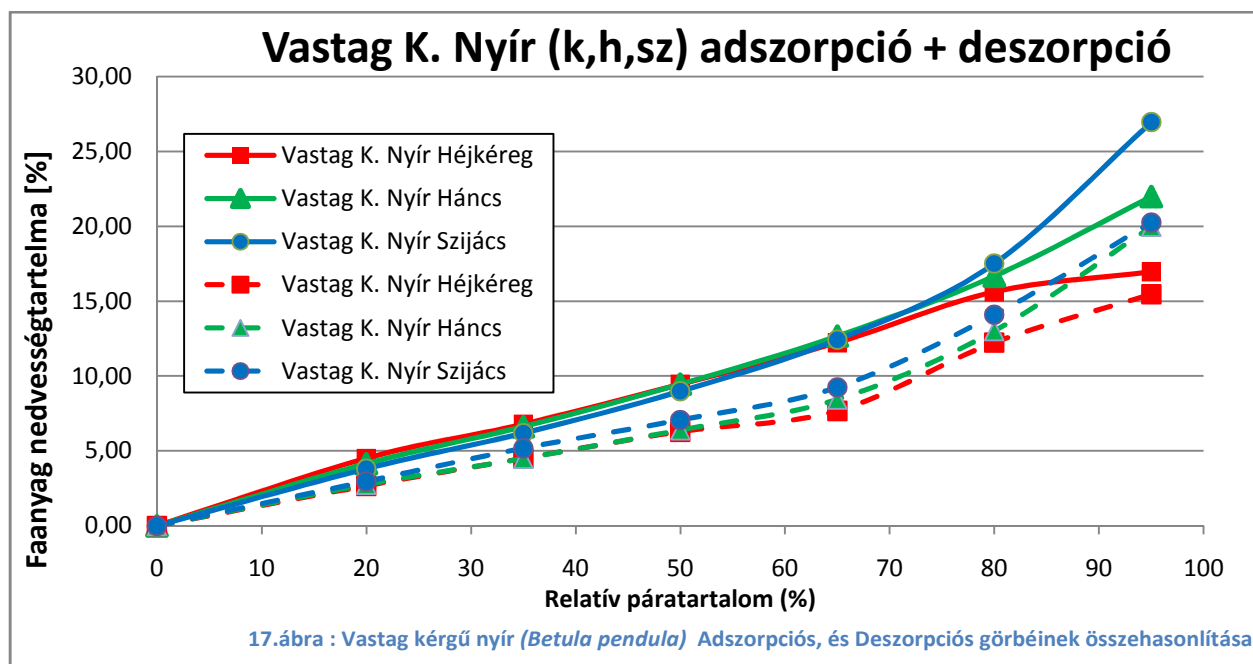


15. ábra: A görbék lefutása szép, egyenletes. A fiatal háncs értéke egy kicsit eltér a többitől. A magasabb tartományban (80% feletti relatív páratartalomnál) megfigyelhető a görbék eltávolodása egymástól. Ez mérési hibából fakad, vélhetőleg a kamrában megjelenő kondenzvíz miatt, amely a Petri csészére lecsapódott.

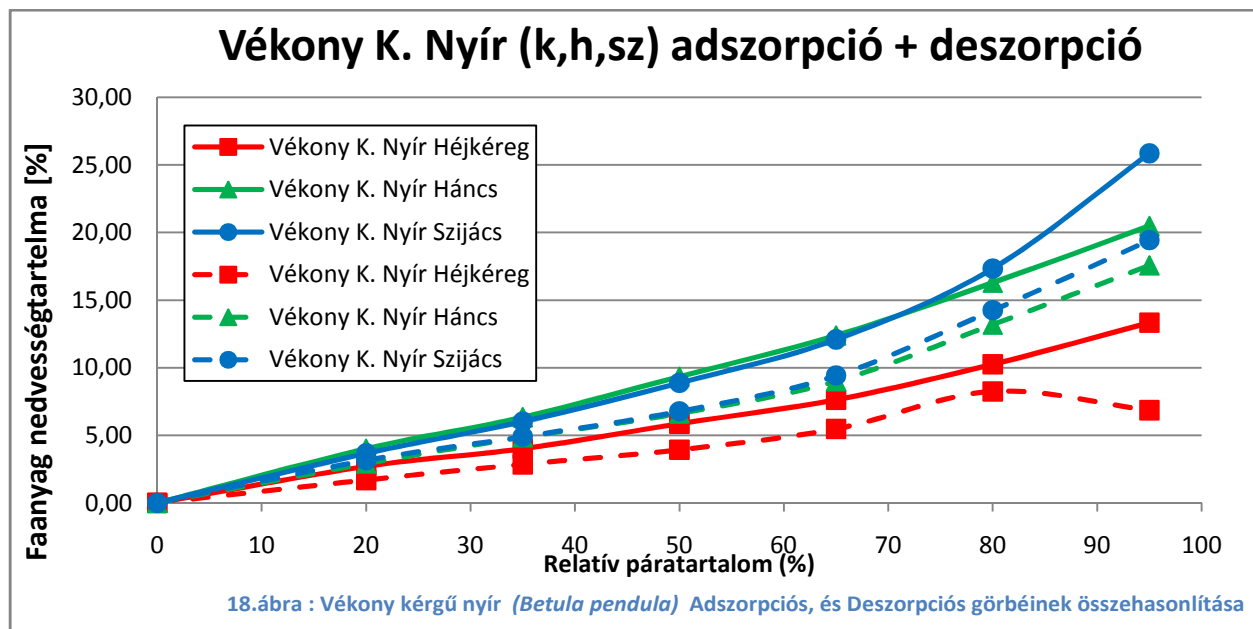


A **16. ábrán** megfigyelhető, hogy a görbék mind, itt is teljesen együtt mozognak, és csak 80%-feletti tartományon ágaznak el. A görbék lefutása szép.

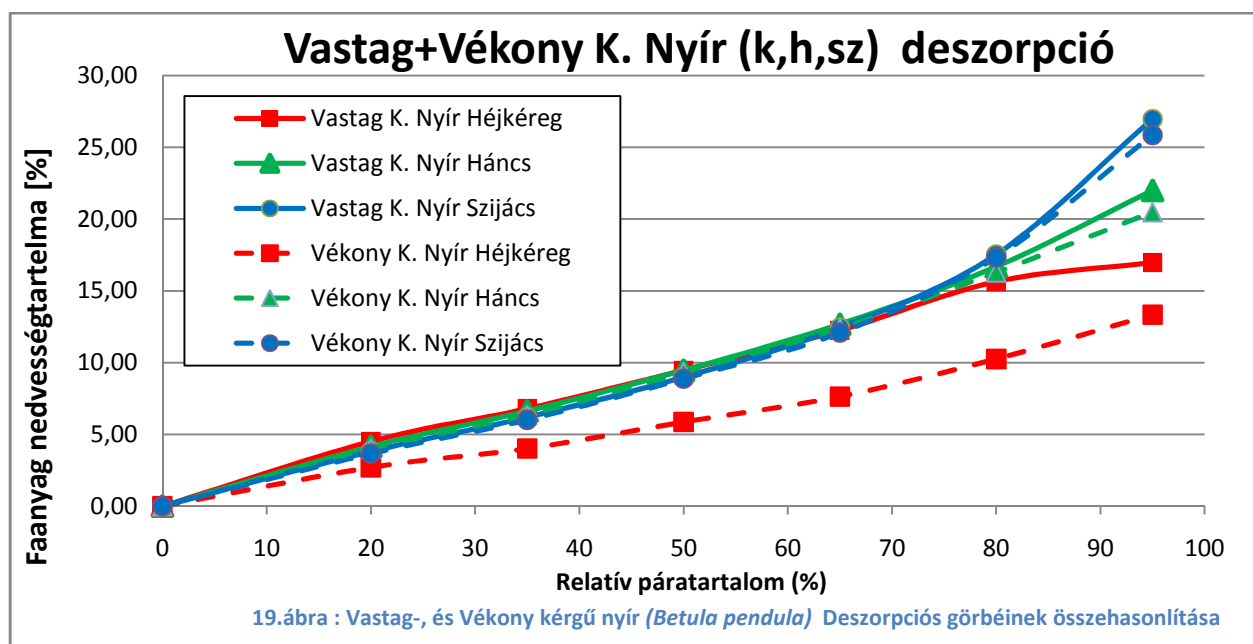
6.6. Bibircses nyír (*Betula Pendula*)



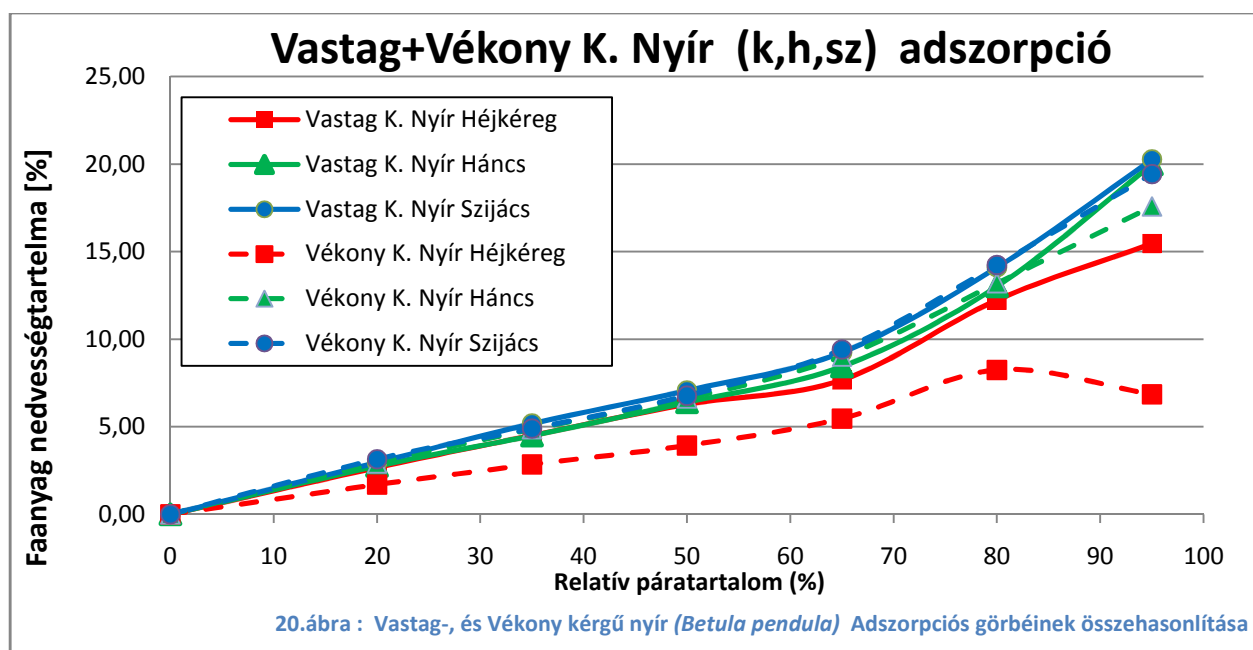
A **17. ábra**: A diagramról leolvasható, hogy az adszorpció - deszorpció közötti differencia közepes. (hácncs esetében nagymértékű). A görbék sorrendje nem azonos. A szijács, hácncs, és héjkéreg deszorpció görbéi teljesen együtt futnak, míg az adszorpciós görbék közepesen.



18. Ábra: Érdekes látni, hogy nem tartanak össze a diagramok, mint az előző ábrán (17. ábra) inkább „legező-szerűen” szétnyílnak. A görbék sorrendje sem azonos az adszorpció, és a deszorpció között. Érdekes megfigyelni, hogy a vékony kérgű nyír héjkérge kiugróan alacsony nedvességtartalommal rendelkezik, vélhetően a benne lévő Betulin tartalom miatt.

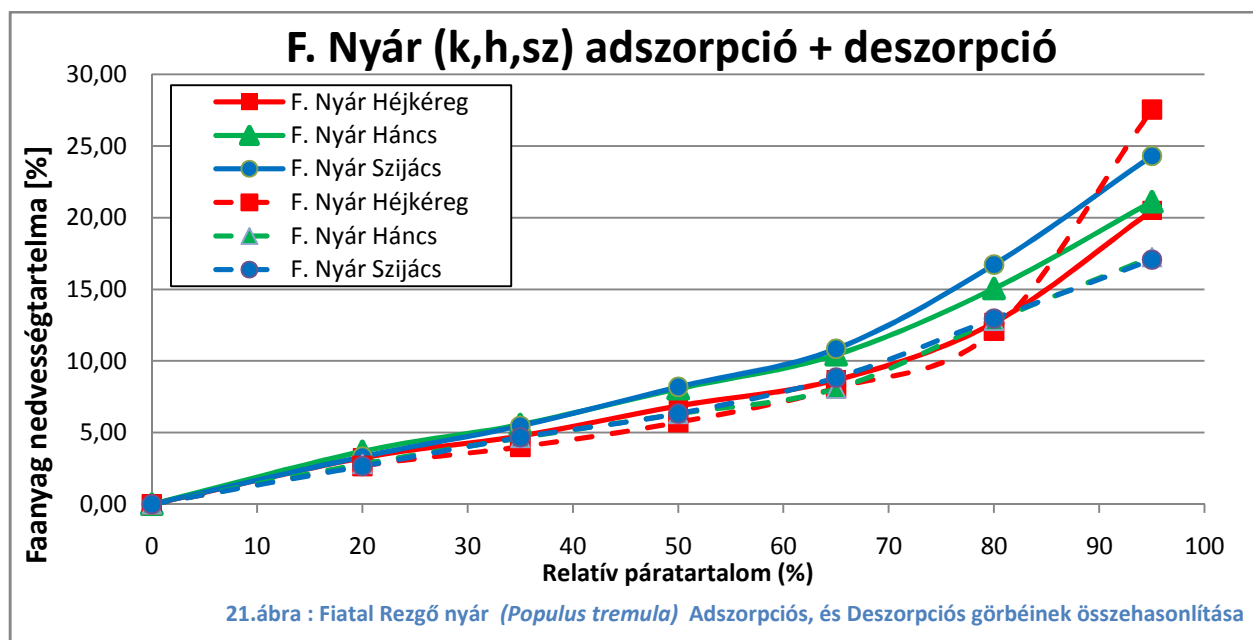


A **19. ábrán** látszik, hogy a kor előrehaladtával sem változnak a fatest részeinek nedvességtartalmi tulajdonságai, és csak 80% felett ágaznak el a görbéink. Azonban felfigyelhetünk arra, hogy a fiatal vékony kérgű nyír héjkérgének alacsonyabb a nedvességtartalma, mint a jóval elparásodottabb-, és kevesebb Betulinnal rendelkező idős héjkéregnek. Köztük 20°C / 65% relatív páratartalomnál akár 4-5% nedvességtartalmi különbség is lehet (!)

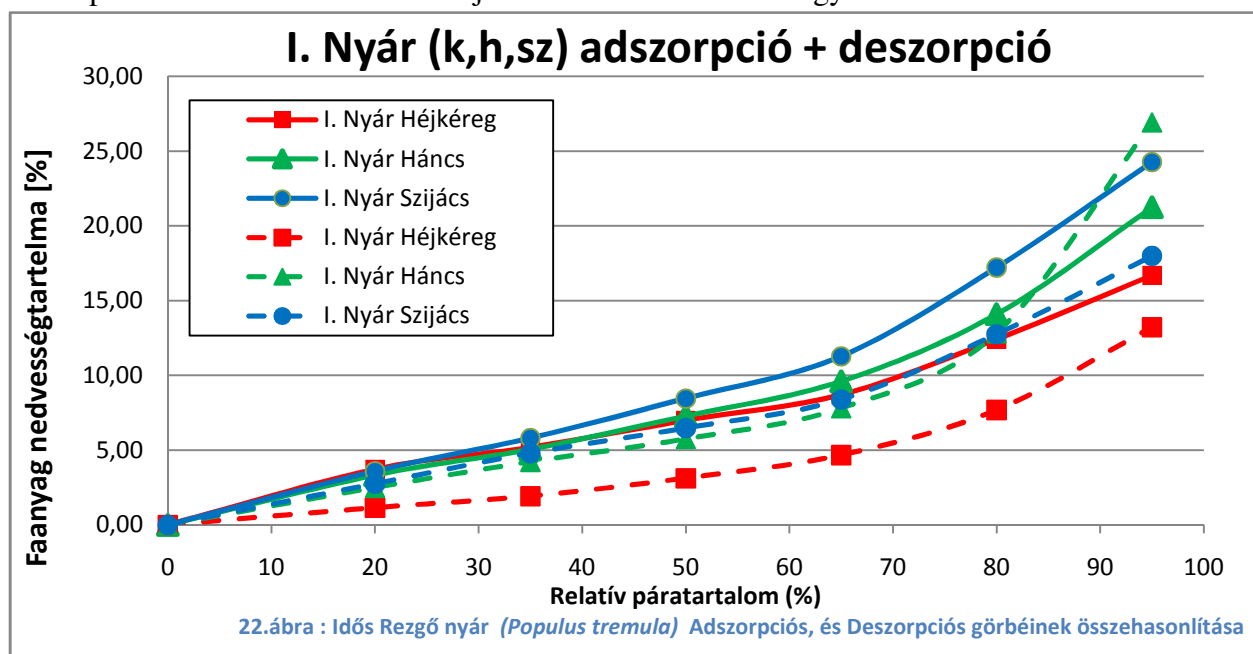


A **20. ábrán** is szemet szúr a Vékony kérgű nyír hancsának kiugróan alacsony nedvességtartalma. Itt is látszik, hogy a többi görbe szépen, teljesen együtt fut. A görbék sorrendje azonos az idős-, és fiatal faanyagoknál egyaránt.

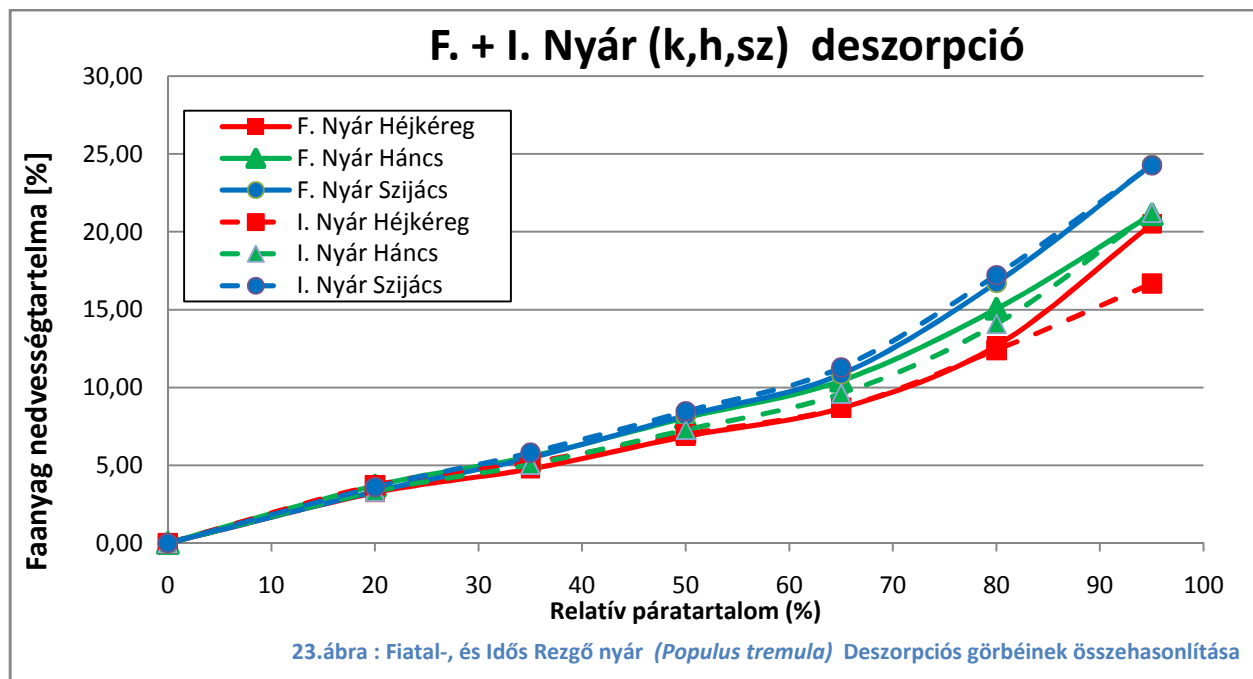
6.7. Rezgő nyár (*Populus Tremula*)



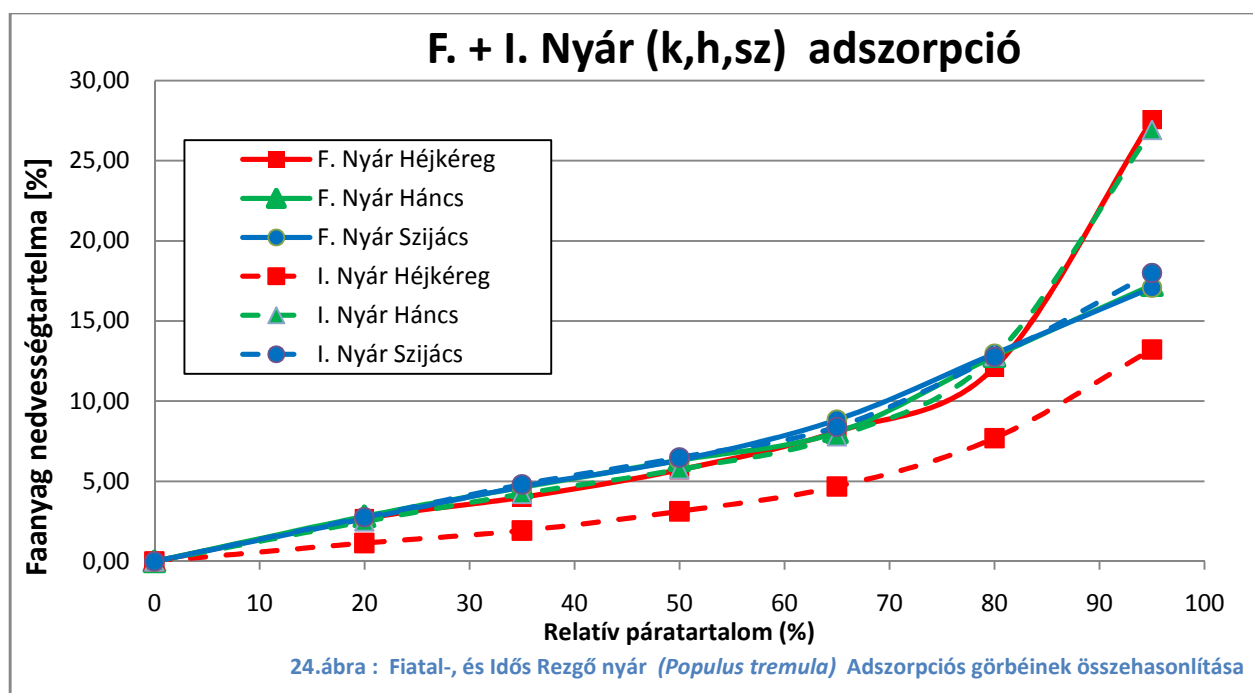
A 21. ábrán, az adszorpció-, és deszorpció között közepes, illetve szijács esetében nagy eltérések figyelhetők meg. a görbéink sorrendje azonos, a szijácsnak a legmagasabb az nedvességtartalma. A szijács- hácncs- héjkéreg a deszorpciónál közepesen, míg az adszorpciónál teljesen együtt halad.



22. ábra: Erről az ábráról leolvasható, hogy a görbék sorrendje azonos. Az adszorpció - deszorpció közötti differencia itt kimondottan nagynak mondható. Érdekes megfigyelni, hogy az idős nyár héjkérgének nagyon alacsony a nedvességtartalma a fiatal héjkéreghez képest. Látható még, hogy a görbék elágaznak egymástól, csak kis mértékben futnak együtt.

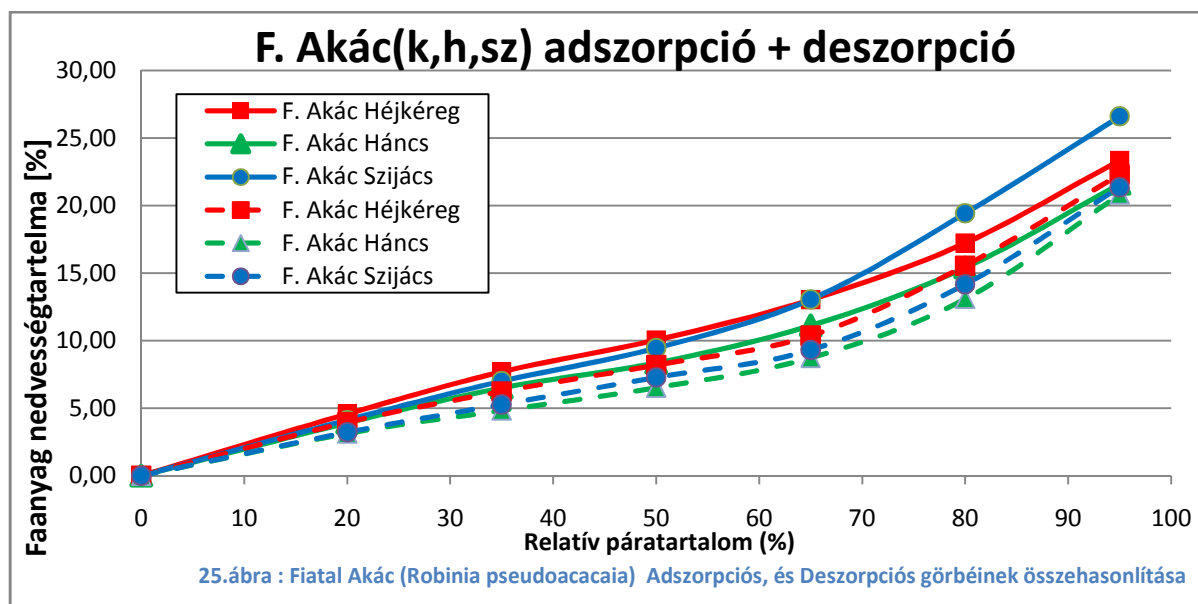


23. ábra: Ezen a dián igen szép a görbék egyenletes lefutása. Láthatjuk, hogy a kor előrehaladtával sem változnak nagymértékben a fa héjkérgének, hancsának, szijácsának nedvességtartalmi tulajdonságai. Jól megfigyelhető, hogy a sorrend is megmaradt, tehát az egyes szöveti szerkezetek egymáshoz viszonyított nedvességtartalmi arányai megmaradtak.

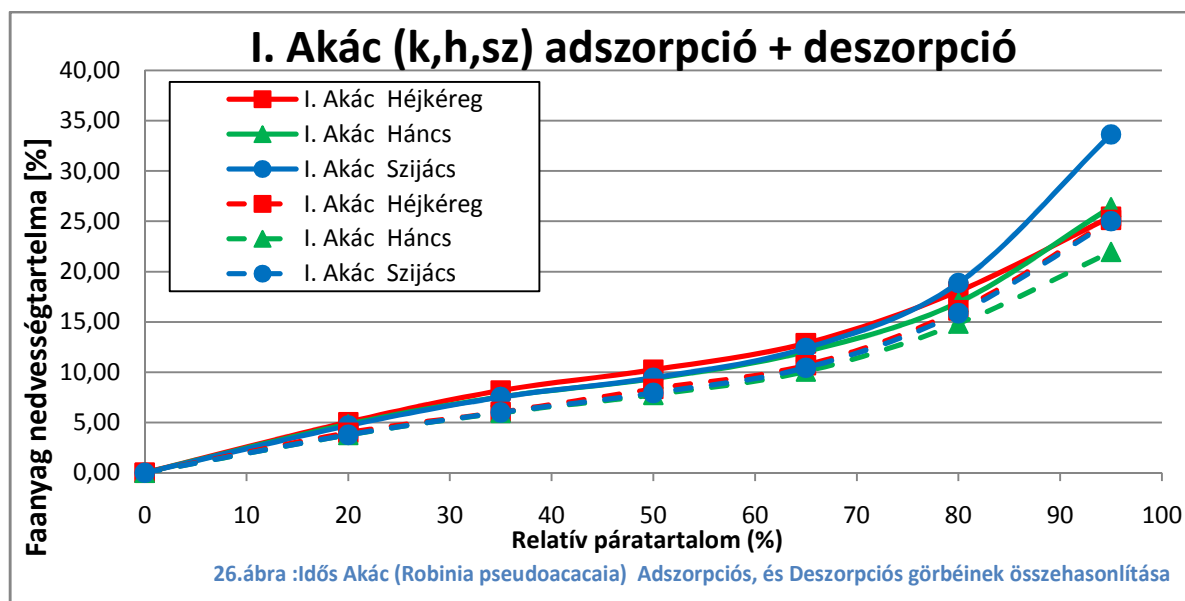


24. ábra: Ezen a diagramon is jól látszik, hogy az idős nyár héjkérgén kívül a többi görbe a kor hatására sem tér el jelentősen egymástól, azok teljesen együtt futnak. A 80%-felett látható elágazó görbék a kondenzvíz jelenlétére utalnak. Itt is megfigyelhető az idős nyár héjkérgének alacsony többihez viszonyított alacsonyabb értéke. A kor előrehaladtával a görbék sorrendje is megegyezik.

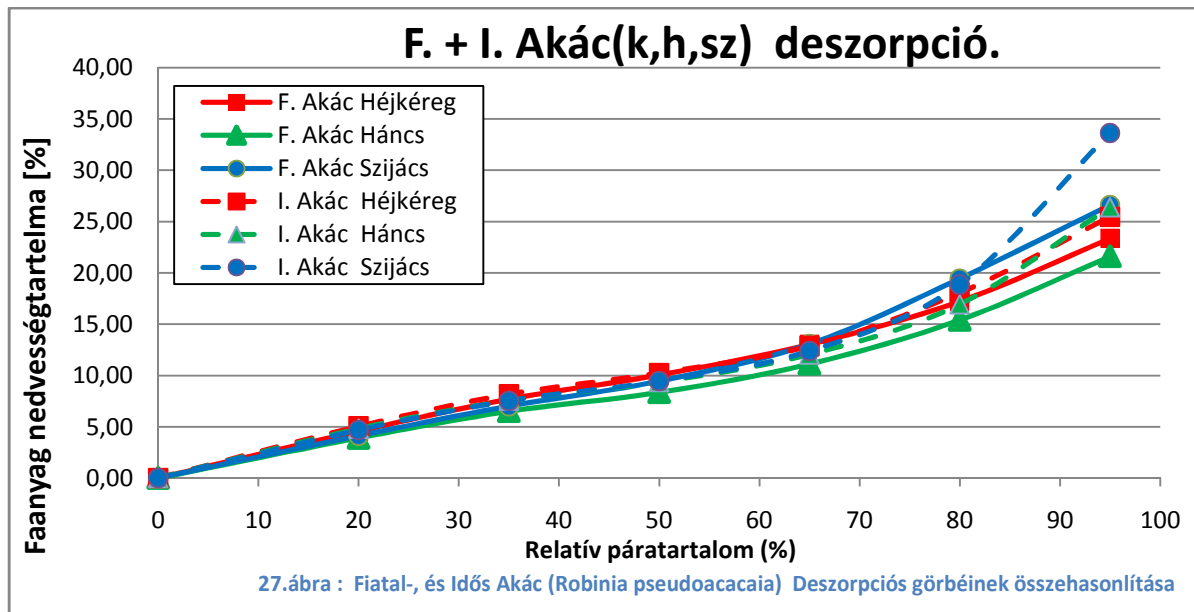
6.8. Fehér akác (*Robinia pseudoacacia*)



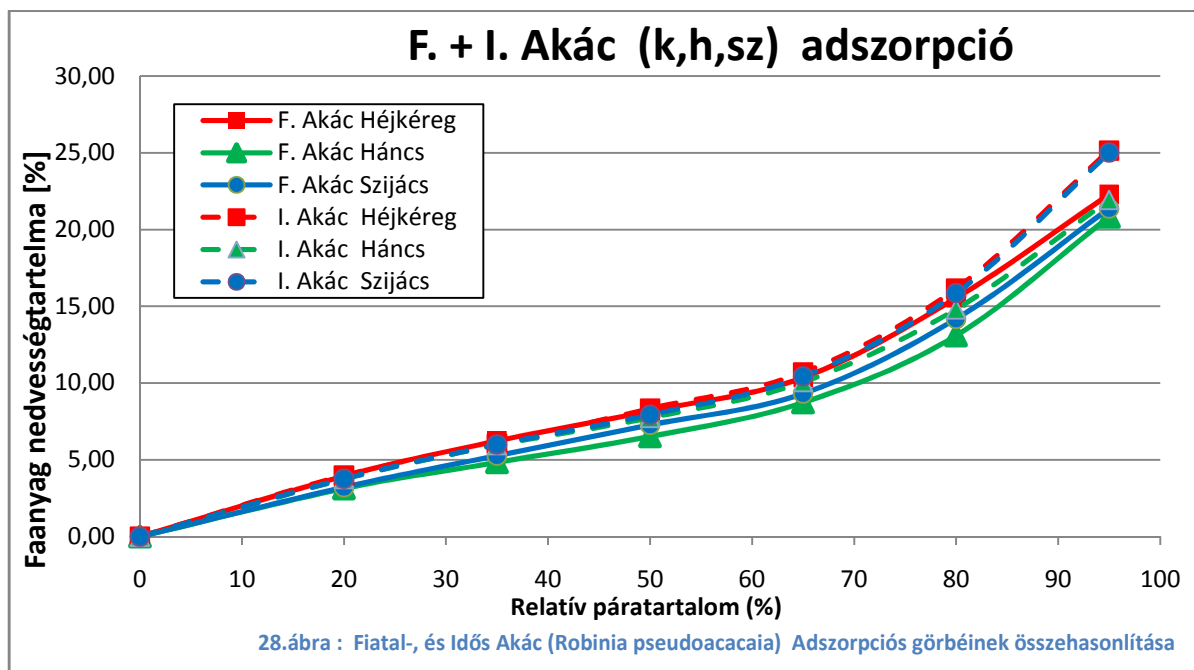
25. ábra: A görbék egymáshoz viszonyított lefutása szép, egyenletes. Az adszorpció és deszorpció közötti differencia közepes mértékű. A diagramok egymáshoz viszonyított sorrendje 65% páratartalomig azonos, felette megváltozik.



A **26. ábrán** láthatjuk, hogy görbék kicsit rendezettebbé váltak, mind a fiatakorinál. A héjkéreg, a háncs, és a szijács közötti eltérés minimális, azok szorosan egymás mellett futnak. 80% relatív páratartalom felett itt is látható, hogy a görbéink elágaznak, melynél megint a kondenzvíz lehet a felelős. Az adszorpció, és a deszorpció közötti különbség 2% körüli, tehát közepesnek mondható.

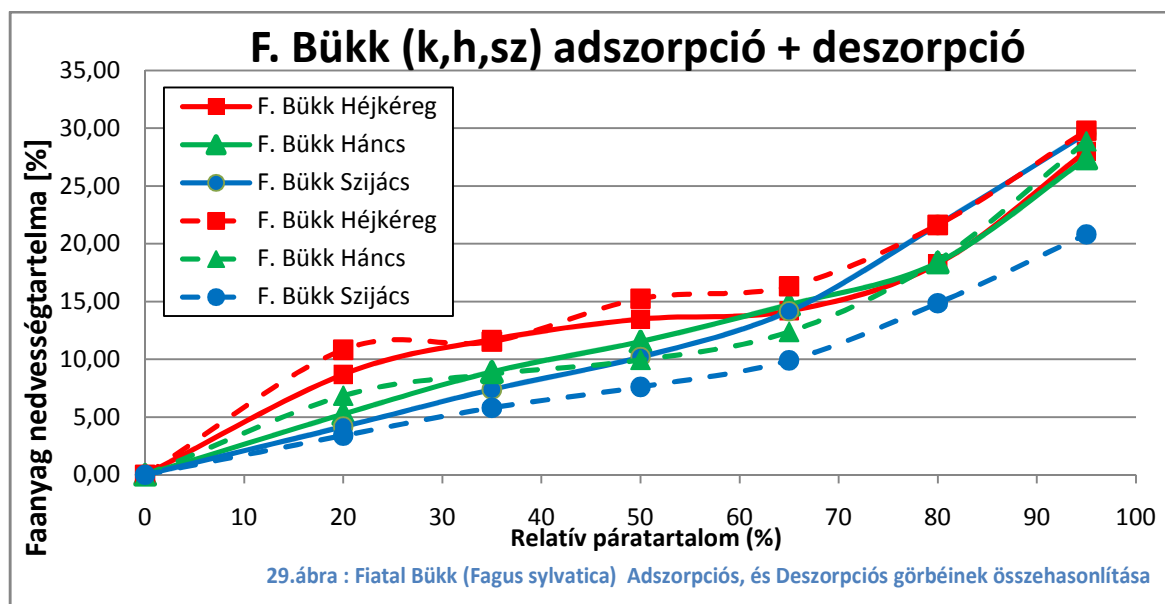


27. ábra: A görbék ezen a diagramon is teljesen együtt futnak. A fiatalkori-, és az időskori minták között minimális differencia látható, ami arra enged következtetni, hogy az idő múlásával sem változnak a vizsgált szöveti elemek szorpciós tulajdonságai. A görbék sorrendje nem azonos, 65% az a határ, ameddig a héjkéreg, és ahonnan a szijácsnak lett nagyobb a nedvességtartalma.

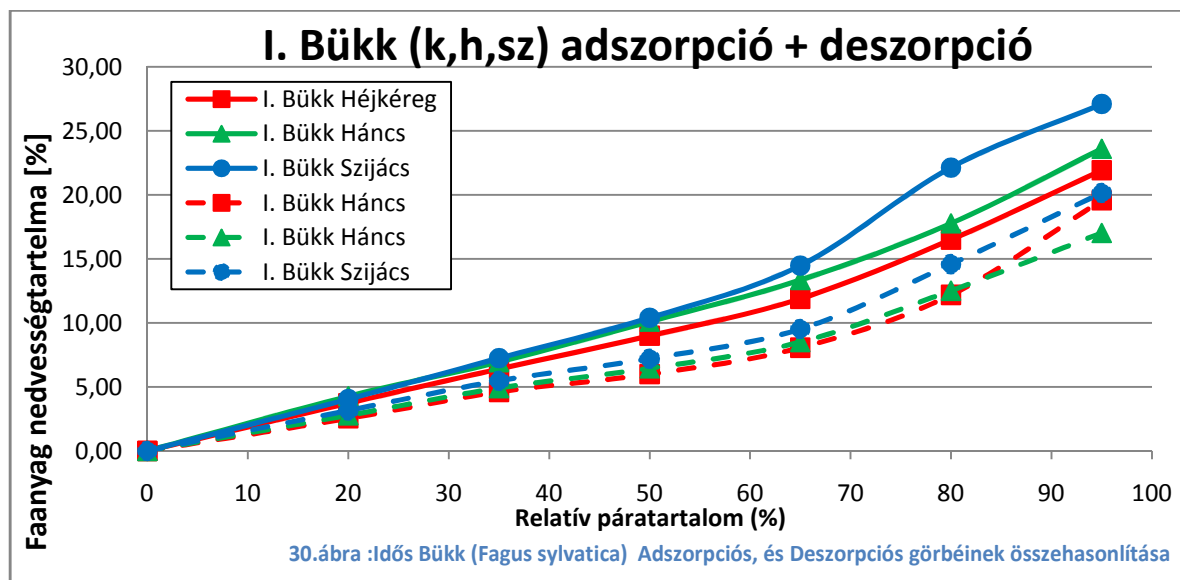


A **28. ábrán** ismét egy szép, egyenletes felfutás figyelhető meg valamennyi görbén. A görbék egymáshoz viszonyított távolsága kicsi. Azonos görbe sorrend figyelhető meg mind a két korbéli minta esetében. Ez az izoterma arra enged következtetni, hogy a kor múlásával sem változik nagymértékben a faanyag vizsgált szöveti szerkezeteinek szorpciós tulajdonságai.

6.9. Bükk (*Fagus Sylvatica*)

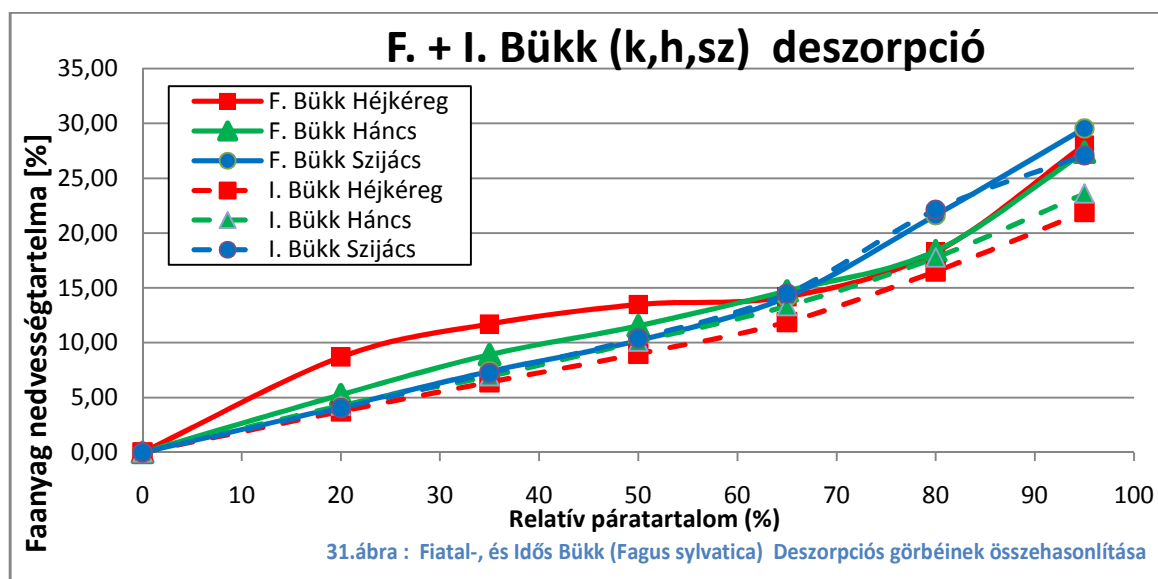


29. ábra: A görbék lefutásában nem látható az a rendszeresség, mint a többi ábra esetében. A görbék hullámzása, és szabálytalansága arra utal, hogy ennél a fafajnál az értékek további elemzése szükséges. Vélhetőleg azért nem sikerült az izoterma felállítása, mert ebből a mintából csak kevés ált rendelkezésünkre, illetve az eltérő szöveti szerkezetek szétválasztása is nehézséges a faanyag tulajdonságaiból kifolyólag. (a bükknek fiatalon vékony a héjkérge, mely tiszta szétválasztása nehéz, anélkül, hogy ne kerüljön hozzá háncs, vagy a sok szabad levegőn töltött időn ne veszítsen nedvességtartalmából.)

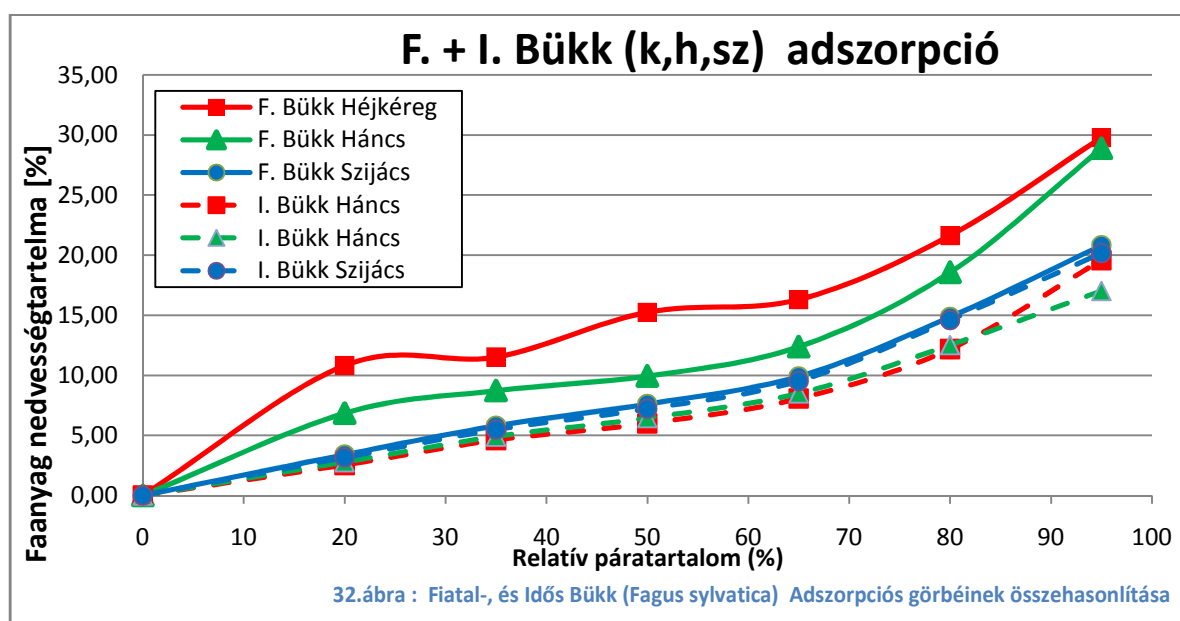


30. ábra: A fiatal bükktől eltérően az idős bükknek vastagabb a kérge, a talajhoz közel még párasodott is lehet. A diagramon jól látható, hogy a görbék lefutás szép, egyenletes. Köztük a differencia közepes. Érdekes megfigyelni, hogy az idős szíjács minta kezdetben eltér a többitől, benne 65%-ig intenzívebben megy végbe a nedvességtartalom leadás, majd azután

többivel azonos lesz a száradás intenzitása. Jól kivehető az is, hogy a görbesorrend nem változik az adszorpció, és a deszorpció között.

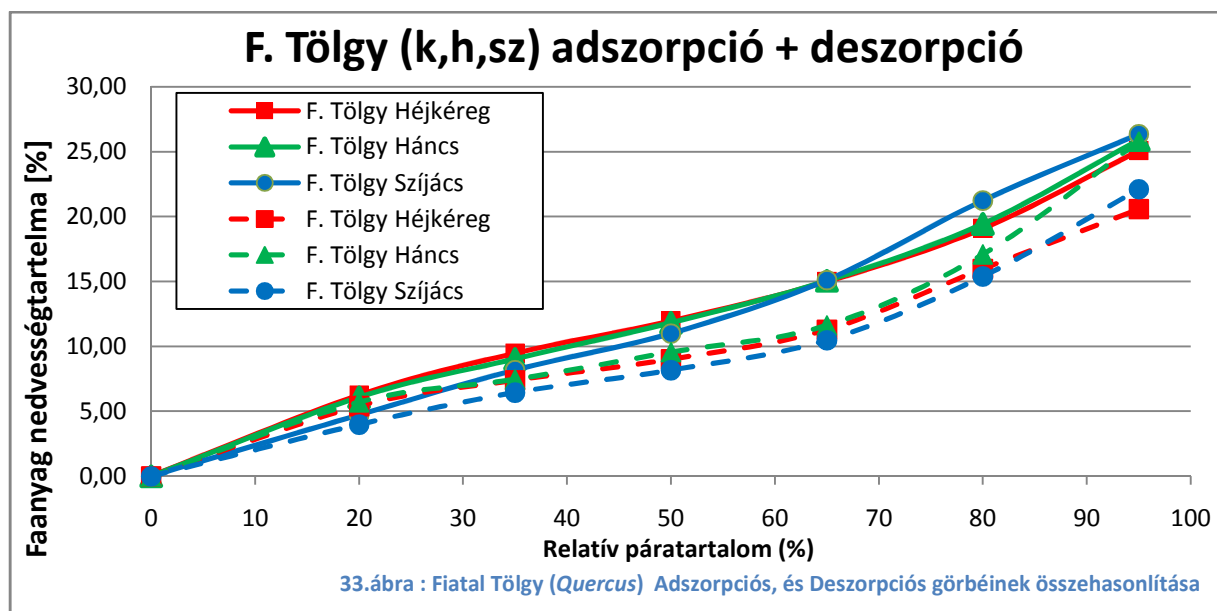


31. ábra: Mivel a fiatal mintákra nem sikerült izotermát felállítani, így ezen adatok nem összehasonlíthatók az idős kori mintákkal. Ezért a fiatakkoriaknál az adatok újra mérésére van szükség. Az idős kori szijácsra látszik, hogy a görbék lefutása egységes, a közöttük lévő differencia közepes mértékű.

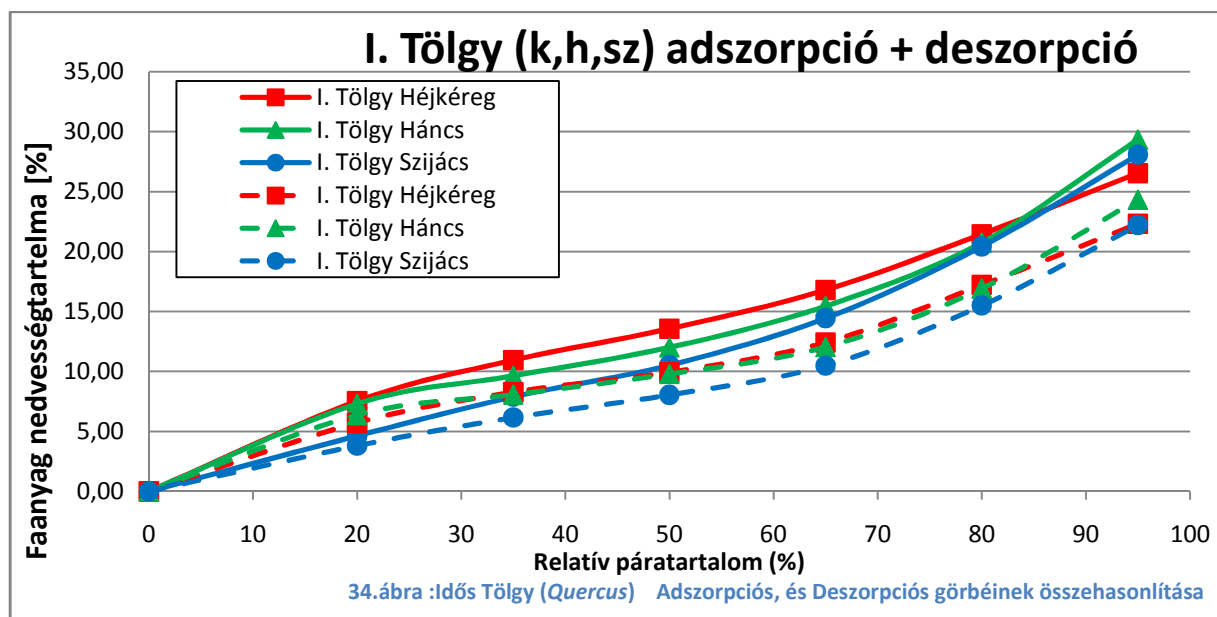


A **32. ábra** kiértékelése csak félig lehetséges, ugyanis a fiatal mintákra nem sikerült izotermát felállítani, így ezen adatok nem összehasonlíthatók az idős kori mintákkal. Érdekes azonban az, hogy a fiatal kori szijács görbéje szépen illeszkedik az idős korira. Ez arra vezethető vissza, hogy a mintavételezés során a héjkéreg leválasztása nem sikerült tisztán, és mellette háncs is maradt. Az időskori görbék lefutása itt is szép, közöttük csak kis különbségek fedezhetőek fel.

6.10. Tölgy (*Quercus*)

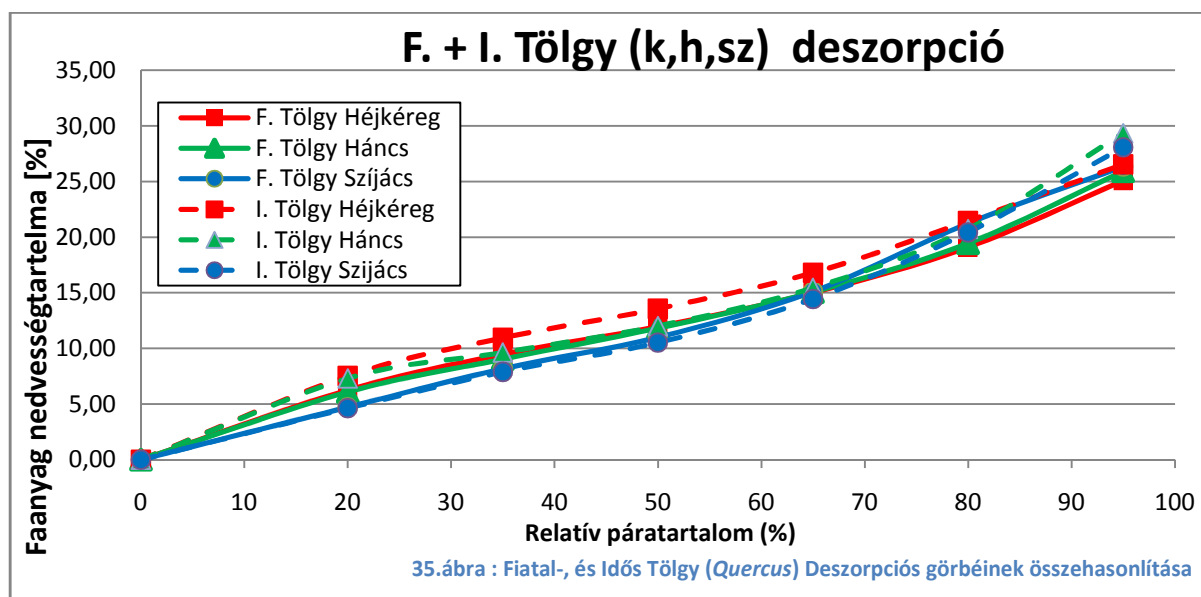


33. ábra: Jól megfigyelhető, hogy az adszorpció - deszorpció közötti differencia nagy. A görbék lefutása szép, egységes. Az idős Szíjács, Hancs, és Héjkéreg mintáink csak közepesen, míg a fiatal mintáink teljes mértékben együtt futnak. Érdekes, hogy 65% relatív páratartalomnál az adszorpció, és a deszorpciós izoterma eltávolodnak egymástól, majd a magasabb tartományokban ismét közelednek egymáshoz. Másik érdekesség, hogy a deszorpciós izotermák egy „csomót” alkotnak 65%.-nál, ahol megváltozik a nedvességtartalmi sorrend a mintáink között.

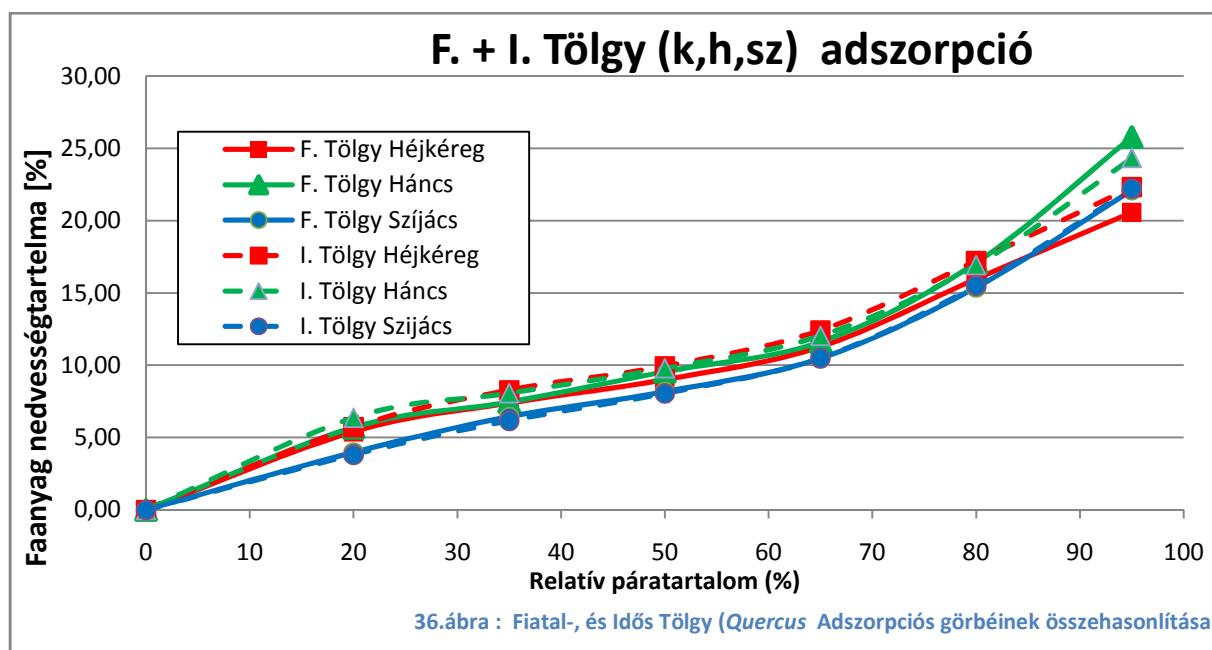


A **34. ábrán** is jól kivehető a 33. ábrán is említett csomó. Érdekes, hogy itt ez 85% körül, található. Megfigyelhető, hogy megmaradt a görbe sorrend, illetve, hogy a Szíjács - Hancs -

Héjkéreg együtt közepes mértékben futnak együtt. Az is leolvasható, hogy az adszorpció - deszorpció közötti differencia nagy.

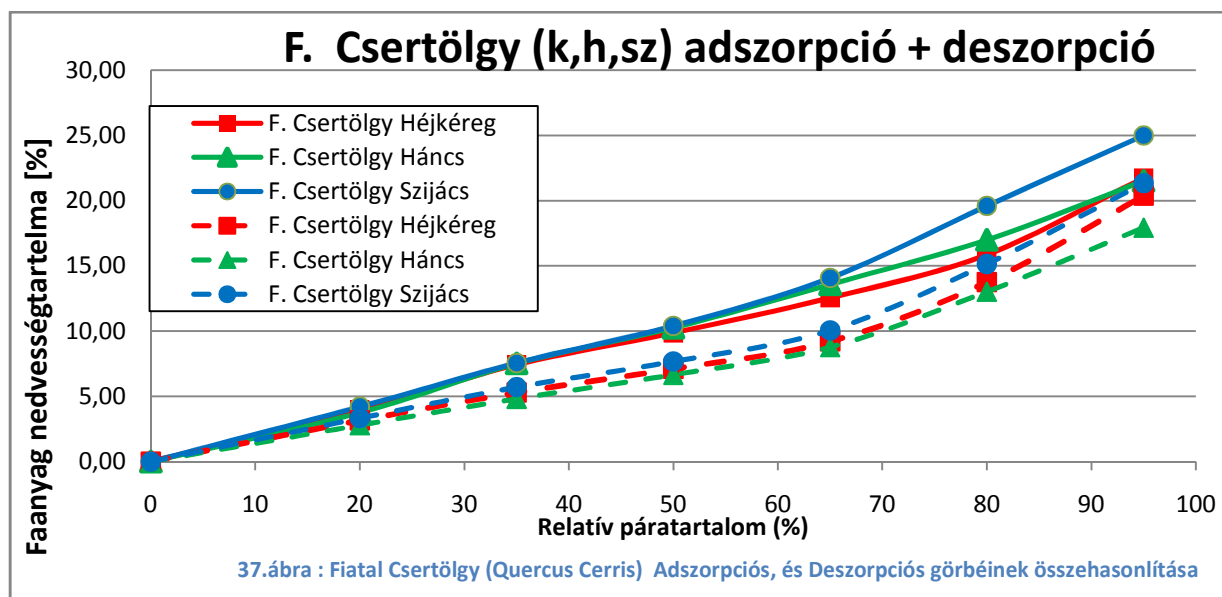


A 35. ábrán látható, hogy az kor előrehaladtától függetlenül a hat minta görbéjének értékei teljesen együtt futnak. Látszik, hogy az idős héjkéreg egy kicsit magasabb nedvességtartalommal rendelkezik, mint a többi görbe. Az is megfigyelhető, hogy a görbék sorrendje azonos mind a két korú mintasorozat esetében.

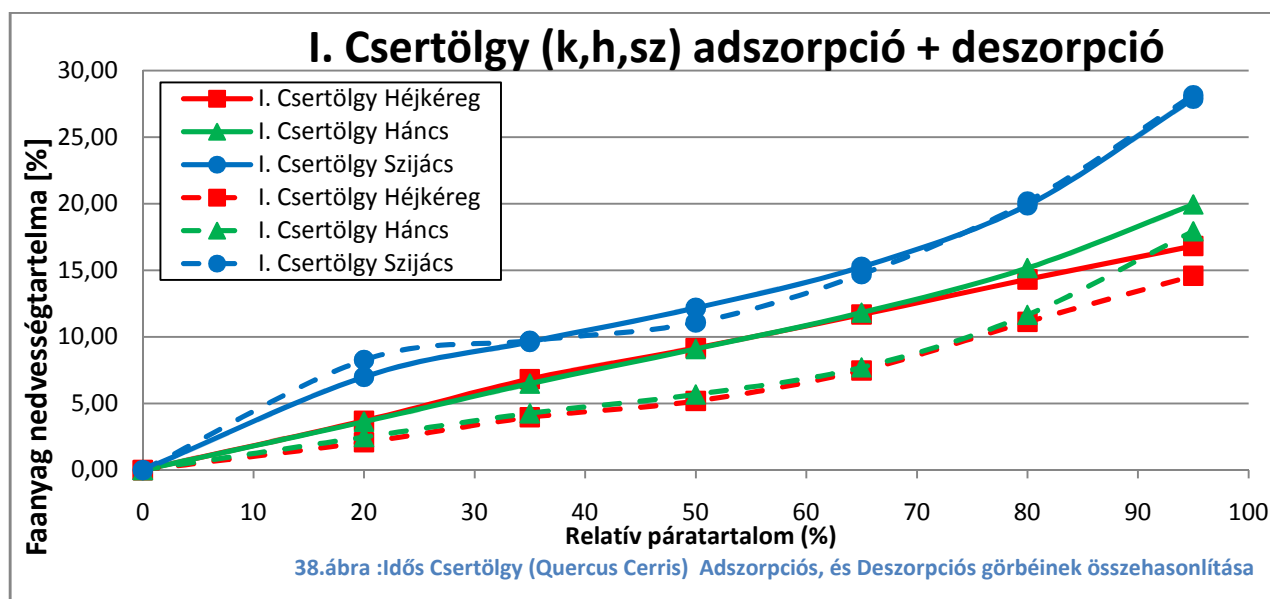


36. ábra. Ezen a diagramon is látható, hogy a héjkéreg, a hancs, és a szíjács, felfutása szép, egyenletes. A görbék sorrendje is azonos. Itt is megfigyelhető, hogy a fiatal-, és az idős kori szíjács értéke azonos, és csak a héjkéregnél, illetve a hancsnál találhatunk kisebb különbségeket.

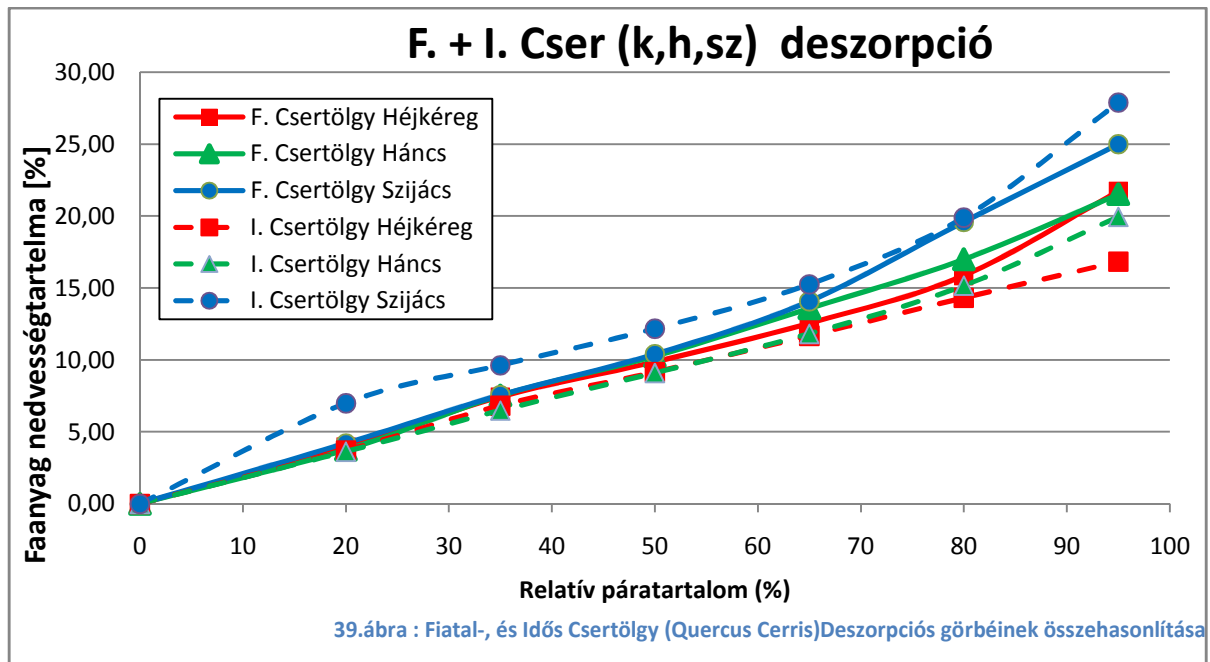
6.11. Csertölgy: (*Quercus Cerris*)



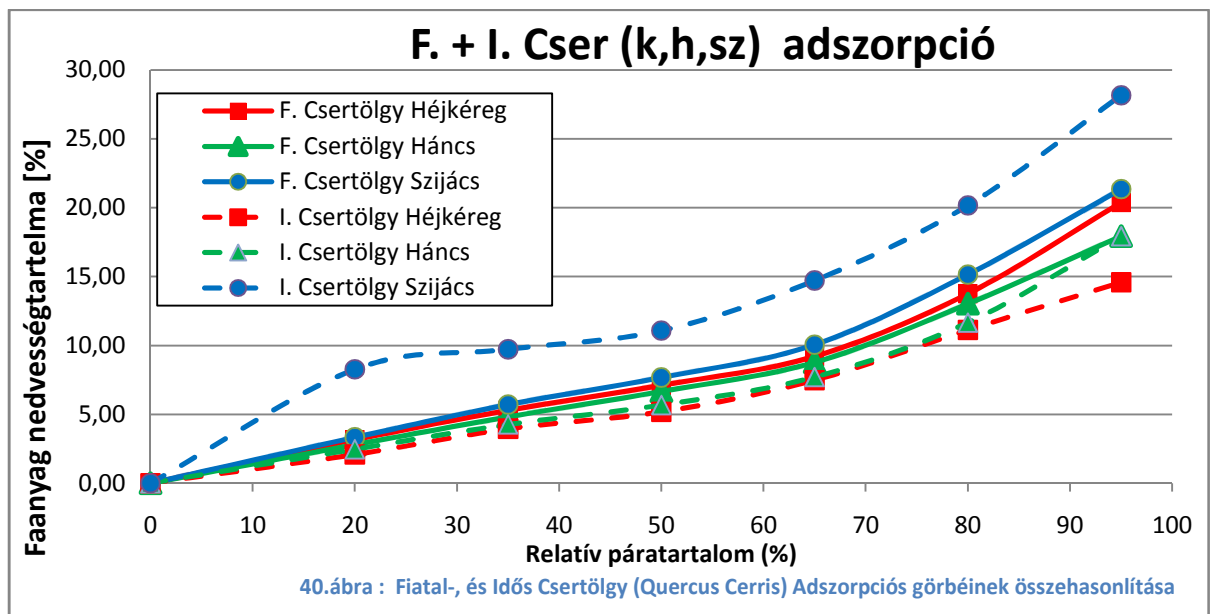
37. ábra: ezen az ábrán is látható, hogy a héjkéreg, a háncs, és a szijács teljesen együtt futnak. A görbesorrend nem azonos az adszorpció, és a deszorpció görbék között. Érdekes megfigyelni, hogy a deszorpció mértéke csak 65%-tól válik egységessé. Az is jól látszik, hogy az adszorpció-deszorpció közötti különbség nagy.



38. ábra: Érdekes, hogy az izotermákban lévő görbék ennyire elágaznak egymástól. Az adszorpció, és a deszorpció közötti különbség ennél a fafajnál a legnagyobb (20°C / 65% rel. páratartalom mellett akár 4,2% is lehet) A görbesorrend nem azonos. A legmagasabb nedvességtartalma a Szijácsnak van.



39. ábra: Érdekes, hogy mind a két kori szijács minta a legmagasabb nedvességet mutatja az egész mérés alatt. Az idősebb héjkéreg, háncs, és szijács görbék közepesen együtt futnak (kivéve a szijácsot, mert annak nevésségtartalma akár 3 %-al nagyobb is lehet, mint a háncs, vagy a héjkéreg.) A fiatalabb mintáink közepesen együtt futnak. A görbe sorrend részben azonos.

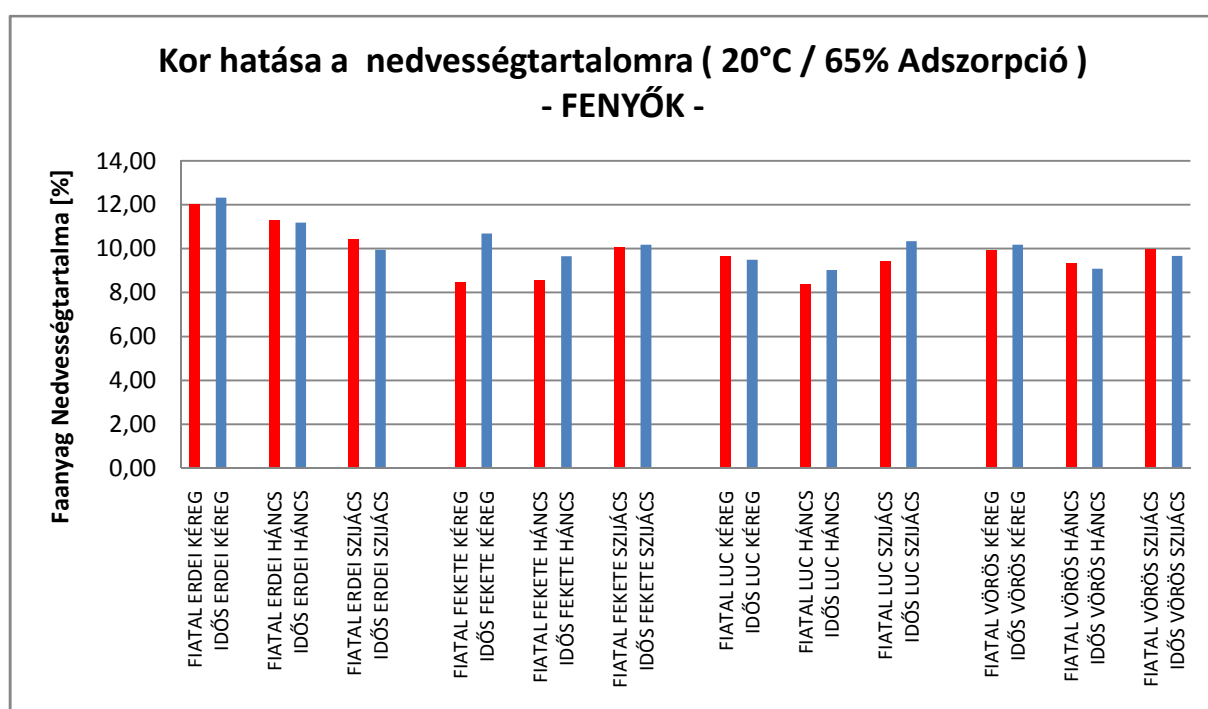


40. ábra: A szijács, háncs, és héjkéreg nagyjából teljesen együtt fut, kivétel ez alól az idős szijács, melynek legmagasabb a nedvességtartalma az ábrán. Jól kivehető, hogy a görbe sorrend nem azonos. Érdekes, hogy csak a szijács nedvességtartalma ugrott meg ennyire, míg a többire ez nem jellemző. Az is leolvasható a diagramról, hogy az idős szijács már a 0 közeli tartományokban is igen intenzíven ível fel.

6.12. Kor hatása a nedvességtartalomra

Az alábbi diagramokon 3 csoportba rendezve (fenyők, gyűrűs-, és szórt likacsú fajok) láthatóak az idős-, és fiatal minták, adszorpciós görbéinek a 20°C / 65% relatív páratartalomhoz (szobaklíma) tartozó értékei. A diagramok célja, hogy megállapítsuk, hatással van-e a kor változása a fatest ugyanazon szöveti szerkezetének nedvességtartalmára.

Az alábbi diagramon (41. ábra) a vizsgált fiatal-, és idős fenyőfajok különböző szöveti szerkezeteinek egymáshoz viszonyított nedvességtartalmi értékeit láthatjuk 20°C hőmérséklet, és 65% relatív páratartalom mellett (ez a szobaklíma felel meg).

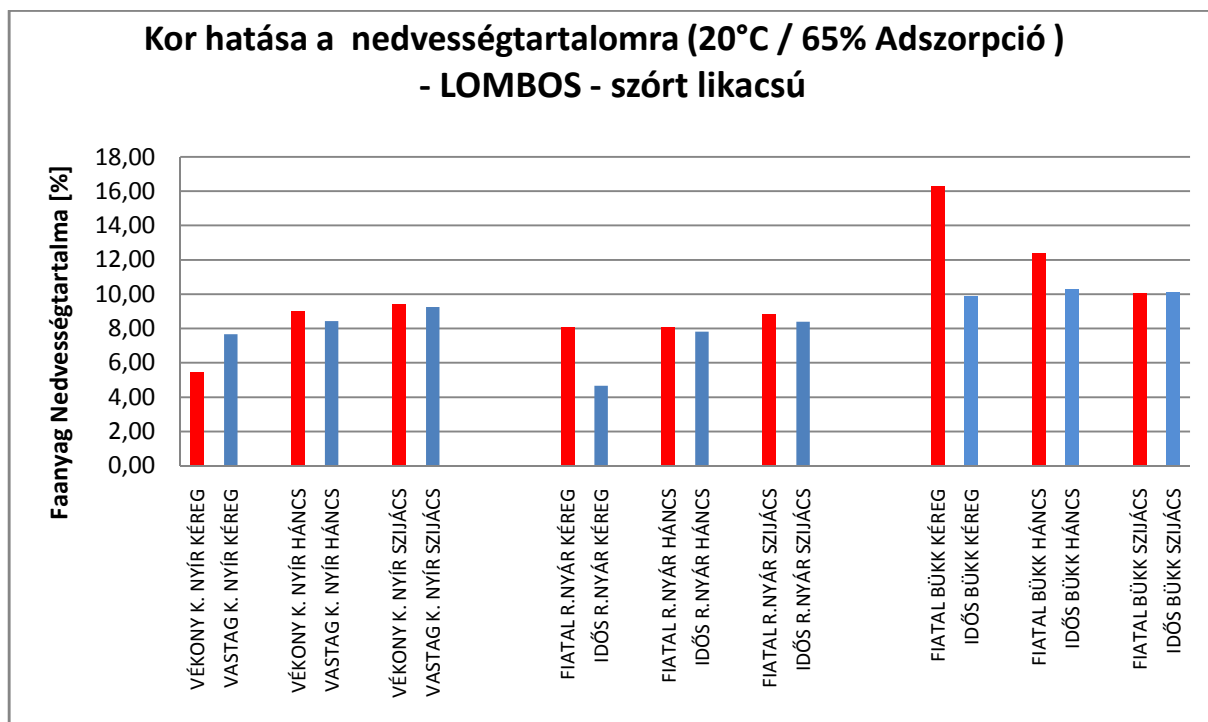


41.ábra: Kor hatása a fenyők nedvességtartalmára, adszorpciós görbék értékeinek összehasonlítása 20°C / 65%

Kiértékelés:

- A 41. ábrán leolvasható, hogy a vizsgált fajaink közül az **idős feketefenyő héjkérgének** nedvességtartalma közel **2 – 2,5 %-al magasabb**, mint **fiatal feketefenyő héjkérgének** nedvességtartalma.
- Az is megfigyelhető, hogy az **idősebb feketefenyő háncs is kb. 1 %-al magasabb nedvességtartalommal** rendelkezik a fiatallal szemben.
- A diagramon az is látszik, hogy **a fenyőknél az idősebb minták vagy azonos-, vagy magasabb nedvességtartalmúak**, mint a fiatalabb minták.

- A második diagramon (42. ábra) a vizsgált fiatal-, és idős Szórt likacsú lombos fajok különböző szijácsának, hancsának, és héjkérgének egymáshoz viszonyított nedvességtartalmi értékeit láthatjuk 20°C hőmérséklet, és 65% relatív páratartalom mellett.



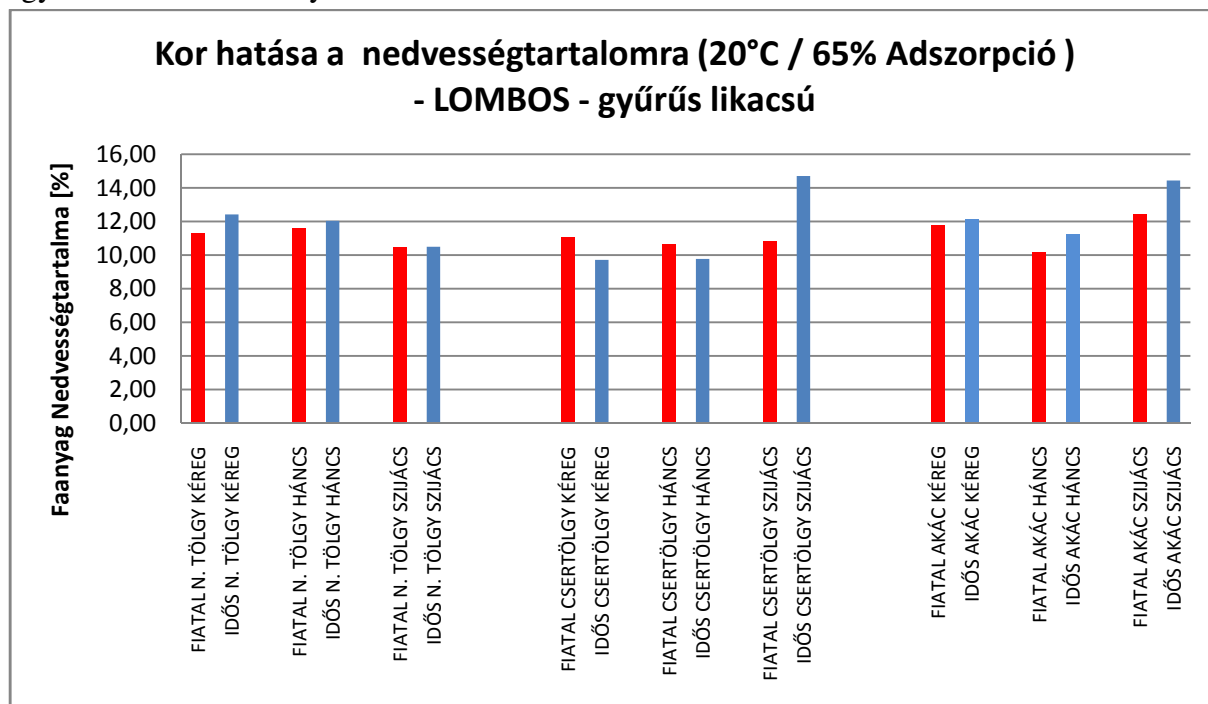
42.ábra: Kor hatása a szórt lik. nedvességtartalmára, adszorpciós görbék értékeinek összehasonlítása 20°C / 65%

Kiértékelés:

- Ezen az ábrán a legszembetűnőbb nedvességtartalmi különbséget a **fiatal r.nyár** héjkérgénél láthatjuk, ahol a fiatal kori **héjkéreg közel 3,5-4%-al magasabb nedvességtartalommal bír, mint az elparásodott idősebb minta**. Érdekes azt is megfigyelni, hogy **ennek a fafajnak a legalacsonyabb a nedvességtartalma a vizsgált fajok közül**.
- Érdekes megfigyelni a **vékony k.nyír héjkérge az idős nyár héjkérgéhez hasonlóan alacsony a nedvességtartalma**. Ez vélhetően a benne lévő betulin tartalomnak tudható be.
- Mint ahogy azt a 29.ábránál is megemlítettem, **vélhetőleg a fiatal bükk eredményei nem pontosak, és további vizsgálatot igényelnek**. Ennek valószínűleg az az oka, hogy a mintavételkor a vékony héjkérgét nem tudtam rendesen különválasztani a hancstól.

- Észrevehető, hogy a **fiatalabb minták rendre azonos, vagy magasabb nedvességtartalommal rendelkeznek**, mint az idősebbek. (kivétel a nyír héjkéreg)

A 43. ábrán a vizsgált fiatal-, és idős gyűrűs likacsú lombos fajok különböző szijácsának, háncsának, és héjkérgének az egymáshoz viszonyított nedvességtartalmi értékeit mutatom ugyanazon klímaviszonyok mellett.



43.ábra: Kor hatása a gyűrűs lik. nedvességtartalmára, adszorpciós görbék értékeinek összehasonlítása 20°C / 65%

Kiértékelés:

- A diagramon jól látható, hogy az **idős csertölgy szijácsának** nedvességtartalma ~3,5 %-al magasabb, mint **fiatal csertölgy szijácsáé**.
- Érdekes, hogy az általam vizsgált gyűrűs likacsú fafajok közül csak a **fiatal csertölgy héjkérgénél, és háncsánál** tapasztalható, hogy a **többi más gyűrűs likacsú fajjal ellentétben magasabb a nedvességtartalmuk**, mint az idős fajoknak.
- Mivel itt fajonként hol a fiatalabb, hol az idősebbek voltak magasabb nedvességtartalmúak, így itt nem tudunk olyan tapasztalatot levonni, mint a másik két csoportnál.

6.13. Az izotermák adataiból kivett összesítő táblázatok

Az 5. táblázatban összesítettem az általam vizsgált fenyő fajok adszorpció, és deszorpció görbéi közötti differenciát 20°C-os hőmérséklet, és 65% relatív páratartalom mellett.

	Mért érték	Kicsi (<2,5%)	Közepes (2,5 - 3,5%)	Nagy (3,5% <)
FIATAL ERDEI HÉJKÉREG	3,37		x	
FIATAL ERDEI HÁNC	2,77		x	
FIATAL ERDEI SZIJÁCS	2,05	x		
IDŐS ERDEI HÉJKÉREG	3,05		x	
IDŐS ERDEI HÁNC	3,02		x	
IDŐS ERDEI SZIJÁCS	3,01		x	
FIATAL FEKETE HÉJKÉREG	2,06	x		
FIATAL FEKETE HÁNC	1,65	x		
FIATAL FEKETE SZIJÁCS	2,27	x		
IDŐS FEKETE HÉJKÉREG	2,84		x	
IDŐS FEKETE HÁNC	3,25		x	
IDŐS FEKETE SZIJÁCS	2,72		x	
FIATAL LUC HÉJKÉREG	2,54		x	
FIATAL LUC HÁNC	2,35	x		
FIATAL LUC SZIJÁCS	3,52		x	
IDŐS LUC HÉJKÉREG	3,68			x
IDŐS LUC HÁNC	3,31		x	
IDŐS LUC SZIJÁCS	2,88		x	
FIATAL VÖRÖS HÉJKÉREG	2,58		x	
FIATAL VÖRÖS HÁNC	1,96	x		
FIATAL VÖRÖS SZIJÁCS	3,70			x
IDŐS VÖRÖS HÉJKÉREG	3,59			x
IDŐS VÖRÖS HÁNC	3,72			x
IDŐS VÖRÖS SZIJÁCS	3,14		x	

5. táblázat: fenyők adszorpció - deszorpció közötti differenciája (20°C / 65% páratartalom mellett)

Kiértékelés:

- Leolvasható, hogy idős korban a lucfenyő, a feketefenyő, és az erdeifenyő adszorpció-, és deszorpció görbéi egymástól közepes távolságra futnak (2,5-3,5% nedvességtartalmi különbség van közöttük).
- Érdekes továbbá, hogy a többi fenyőtől eltérően az idős vörösfenyőre a nagy különbség jellemző.
- Megállapítható még a táblázatból, hogy a feketefenyő görbéi között fiatalon a kicsi differencia jellemző, a fiatal erdeifenyőre pedig a közepes különbségek a jellemzőek, addig a többi fajnál pedig ez az összefüggés fiatalon nem meghatározható.

A 6. táblázatban az előző táblázathoz hasonlóan a szórt likacsú lombos fafajok adszorpciós-, és a deszorpciós görbéinek nedvességtartalmi különbségeit összesítettem szobaklíma (20°C / 65% relatív páratartalom) mellett.

	Mért érték	Kicsi (<2,5%)	Közepes (2,5 - 3,5%)	Nagy (3,5% <)
VÉKONY K. NYÍR HÉJKÉREG	4,56			x
VÉKONY K. NYÍR HÁNC	4,23			x
VÉKONY K. NYÍR SZIJÁCS	3,19		x	
VASTAG K. NYÍR HÉJKÉREG	2,16	x		
VASTAG K. NYÍR HÁNC	3,38		x	
VASTAG K. NYÍR SZIJÁCS	2,67		x	
FIATAL R.NYÁR HÉJKÉREG	0,57	x		
FIATAL R.NYÁR HÁNC	2,37	x		
FIATAL R.NYÁR SZIJÁCS	2,01	x		
IDŐS R.NYÁR HÉJKÉREG	4,03			x
IDŐS R.NYÁR HÁNC	1,79	x		
IDŐS R.NYÁR SZIJÁCS	2,89		x	
FIATAL BÜKK HÉJKÉREG	2,13	x		
FIATAL BÜKK HÁNC	2,35	x		
FIATAL BÜKK SZIJÁCS	4,24			x
IDŐS BÜKK HÉJKÉREG	3,82			x
IDŐS BÜKK HÁNC	4,85			x
IDŐS BÜKK SZIJÁCS	4,96			x

6. táblázat: szórt likacsú lombosok adszorpció - deszorpció közötti differenciája (20°C / 65% páratartalom mellett)

Kiértékelés:

- A táblázatból jól látszik, hogy az idős bükk szorpciós görbéi között nagy-, míg a fiatal bükk mintáinak görbéi között kis eltérések láthatóak. Ebből következhet, hogy a kor ennél a fafajnál kihathat az adszorpciós, és deszorpciós tulajdonságaira.
- Látható továbbá a táblázatban az is, hogy a fiatal nyár minták adszorpciós-deszorpciós görbéi között rendre kis nedvességtartalmi különbségek lépnek fel.
- Az is leolvasható, hogy kis kivétellel, de a vékony kérgű nyírnek a görbéi között nagy differencia van, azonban idősebb korára az adszorpciós-deszorpciós görbék között ezek a távolságok csökkennek.

7. táblázatban összesítettem a vizsgált gyűrűs likacsú fafajaimat, hasonló paraméterek mellett, mint az előző kettő fafaj csoportnál. A táblázatos ábrázolás segítségével itt is azt szeretnénk megállapítani, hogy van-e hatása a kor változásának az adszorpciós- deszorpciós különbségekre.

	Mért érték	Kicsi (<2,5%)	Közepes (2,5 - 3,5%)	Nagy (3,5% <)
FIATAL N. TÖLGY HÉJKÉREG	3,72			x
FIATAL N. TÖLGY HÁNC	3,43		x	
FIATAL N. TÖLGY SZIJÁCS	4,63			x
IDŐS N. TÖLGY HÉJKÉREG	4,38			x
IDŐS N. TÖLGY HÁNC	3,41		x	
IDŐS N. TÖLGY SZIJÁCS	3,96			x
FIATAL CSERTÖLGY HÉJKÉREG	3,34		x	
FIATAL CSERTÖLGY HÁNC	4,81			x
FIATAL CSERTÖLGY SZIJÁCS	4,02			x
IDŐS CSERTÖLGY HÉJKÉREG	4,20			x
IDŐS CSERTÖLGY HÁNC	4,11			x
IDŐS CSERTÖLGY SZIJÁCS	0,54	x		
FIATAL AKÁC HÉJKÉREG	2,67		x	
FIATAL AKÁC HÁNC	2,39		x	
FIATAL AKÁC SZIJÁCS	3,75			x
IDŐS AKÁC HÉJKÉREG	2,18	x		
IDŐS AKÁC HÁNC	1,99	x		
IDŐS AKÁC SZIJÁCS	1,95	x		

7. táblázat: gyűrűs likacsú lombosok adszorpció - deszorpció közötti differenciája (20°C / 65% páratartalom mellett)

Kiértékelés:

- Megfigyelhető, hogy az idős nemes tölgy, és az idős csertölgy mintáinak adszorpciós-deszorpciós görbéi között nagy differencia van, míg ezzel ellentétben az Idős akácnál kis különbségek láthatóak. (Úgy gondolom az akácnál ez az érték kapcsolatban lehet azzal, hogy élőnedvesen milyen kicsi az akác nedvességtartalma)
- A fiatal tölgy, illetve csertölgy izotermái között szintén nagy differencia látható, így itt a kor nincs hatással az izotermák közötti differenciára.

A 8. táblázatba összesítettem, hogy a vizsgált fafajok héjkérgének, háncsának, és szijácsának adszorpciós görbéi milyen sorrendben futnak egymáshoz képest szobaszáraz klímán (20°C/65% relatív páratartalom mellett). A táblázatban használt jelölések a következők: SZ – Szijácsot; H – Háncsot; K – Héjkérget jelenti. (Ezek sorrendje fentről lefelé értendő, tehát az első a legmagasabb...)

		SZ - K - H	SZ - H-K	K - H - SZ	K- SZ - H	H - K - SZ	H - SZ - K
GYŰRŰS LIKACSÚ LOMBOS	FIATAL N. TÖLGY			x			
	IDŐS N. TÖLGY					x	
	FIATAL CSERTÖLGY	x					
	IDŐS CSERTÖLGY		x				
	FIATAL AKÁC				x		
	IDŐS AKÁC				x		
FENYŐK	FIATAL ERDEI			x			
	IDŐS ERDEI			x			
	FIATAL FEKETE	x					
	IDŐS FEKETE				x		
	FIATAL LUC				x		
	IDŐS LUC	x					
	FIATAL VÖRÖS	x					
	IDŐS VÖRÖS				x		
SZORT LIKACSÚ LOMBOS	VÉKONY K. NYÍR		x				
	VASTAG K. NYÍR		x				
	FIATAL R.NYÁR		x				
	IDŐS R.NYÁR		x				
	FIATAL BÜKK			x			
	IDŐS BÜKK		x				

8. táblázat: Héjkéreg, háncs, és a szijács görbéinek sorrendje egy-egy fafajon belül (20°C / 65% páratartalom mellett)

Kiértékelés:

- A táblázatból legszembetűnőbb eredmény az, hogy a szórt likacsú fafajok mennyire elkülönültek, azok sorrendje mennyire azonos mind a 3 vizsgált fafajnál. Ahhoz, hogy ezt az eredményt a teljes csoportra általánosan kimondhassuk, a csoport többi fafajainak vizsgálata is szükséges. (Megjegyezném, hogy az ezen irányú kutatás még tart, és megközelítőleg egy hónap múlva eredményekkel is előállhatunk ebben a témában)
- Megfigyelhető az is, hogy a vörösfenyő, és a feketefenyő fiatal, illetve idős minták görbéinek sorrendje azonos módon változnak az idő előrehaladtával, míg az erdőfenyő-, vagy az akác szöveti szerkezeteinek görbéi között lévő különbsége nem változik a kor előrehaladtával sem.
- Sajnos a többi minta eredményei annyira szétszórtak, hogy közöttük további hasonlóságot nem tudunk levonni ezen táblázat alapján.

A 9. táblázatba a szijács a háncs, valamint a héjkéreg együtt futását hasonlítom össze. Ezeket az értékeket nem egy adott klímához viszonyítva, hanem az egész görbe futását nézve határoztam meg.

		Kissé	Közepesen	Teljesen	Megjegyzés
GYŰRŰS LIKACSÚ LOMBOS	FIATAL N. TÖLGY			x	
	IDŐS N. TÖLGY		x		
	FIATAL CSERTÖLGY			x	
	IDŐS CSERTÖLGY	x			
	FIATAL AKÁC		x		
	IDŐS AKÁC			x	
FENYŐK	FIATAL ERDEI		x		
	IDŐS ERDEI		x		
	FIATAL FEKETE	x			A Szijács görbéje eltér a többtől
	IDŐS FEKETE	x			
	FIATAL LUC		x		
	IDŐS LUC		x		
	FIATAL VÖRÖS		x		
	IDŐS VÖRÖS		x		
SZÓRT LIKACSÚ LOMBOS	VÉKONY K. NYÍR	x			
	VASTAG K. NYÍR		x		Héjkéreg görbéje jelentősen alacsonyabb
	FIATAL R.NYÁR		x		
	IDŐS R.NYÁR	x			Héjkéreg görbéje jelentősen alacsonyabb
	FIATAL BÜKK			x	mérési hiba (talán rossz mintavételezés)
	IDŐS BÜKK	x			

9.táblázat: szijács- háncs- héjkéreg együtt futásának mértéke az egész görbét figyelembe véve.

Kiértékelés:

- Az ábrából leolvasható, hogy a vizsgált fenyőkre általánosan jellemző, hogy a görbéik viszonylag közepes mértékben együtt futnak.
- Sajnos a másik két csoportra, a szórt likacsú, és a gyűrűs likacsú fajokra nem tudtam hasonló következtetést levonni, ugyanis az értékek azokban a csoportokban igen differenciáltak.

7. Összesítés, további célkitűzések

Fontos eredménynek tartom, hogy a Közép-Európában megtalálható, iparilag fontos fafajokra sikerült fajonként külön-külön izotermákat felállítanunk nem csak a fatestre, hanem a szijácsra, és a héjkéregre is egyaránt. Jelenleg egyetlen hasonló kutatást találtunk, mely a témában a kéregre, és a fatestre is meghatározott egy izotermát, de azokat egyrészt Észak-Amerikában előforduló fafajokra határozták meg, másrészt abban a kutatásban a vizsgált fafajokra nagy általánosságban határoztak meg egyetlen izotermát. (Okoh KIA Scaar C 1980 Moisture Sorption US hardwoods Wood Fiber 12:98-111)

Az adszorpció - deszorpció közötti differencia táblázatból kiolvasható, hogy a szórt likacsú, lombos fafajok vizsgált héjkérgének, háncsának, és szijácsának az adszorpciós-, és deszorpciós görbéi között többnyire nagy nedvességtartalmi különbség ($3,5\% <$) olvasható le /pl. bükk, nyár, fiatal nyír/, míg a fenyőkre inkább a közepes mértékű ($2,5 - 3,5\%$) különbség jellemző. A gyűrűs likacsú fajoknál az eredményeink sokkal osztottabbak, így azok között rendszer, vagy szabályszerűség fellelhető.

A görbék sorrendjét összesítő táblázatból leolvasható, hogy a szórt likacsú lombosoknál a szijácsnak lesz a legmagasabb-, a háncsnak lesz a közepes, és a héjkéregnek a legkisebb nedvesség tartalma. A fenyőknél, és a gyűrűs likacsúaknál az adatok ennyire nem differencializálódtak.

A szijács - háncs - héjkéreg együtt futását összesítő táblázatból kivehető, hogy az adszorpció során, mennyire közel futnak egymáshoz a fatest vizsgált részei. A táblázatból jól látszik, hogy a fenyőkre inkább a közepesen együtt futás a jellemzőbb, míg a gyűrűs likacsúak jobban összezárnak, rájuk inkább jellemző, hogy együtt futnak. A szórt likacsú fajoknál inkább azt a képet kaptuk, hogy ennek a csoportnak a tagjai kevésbé futnak együtt.

A vizsgált fenyő fajok adszorpciós, és deszorpciós görbéi közötti differenciákat összesítő táblázaton leolvasható, hogy idős korban a lucfenyő, a feketefenyő, és az erdeifenyő adszorpciós-, és deszorpciós görbéi egymástól közepes távolságra futnak ($2,5-3,5\%$ nedvességtartalmi különbség van közöttük). Érdekes továbbá, hogy a többi fenyőtől eltérően az idős vörösfenyőre a nagy különbség jellemző.

Megállapítottuk még, hogy a feketefenyő görbéi között fiatalon kicsi differencia látható , fiatal erdeifenyőre pedig a közepes különbségek a jellemzőek, addig a többi fajnál ez az összefüggés fiatalon nem határozható meg.

A vizsgált szórt likacsú fajok adszorpciós, és deszorpciós görbéi közötti differenciákat összesítő táblázaton leolvasható hogy az idős Bükk szorpciós görbéi között nagy-, míg a

fiatal Bükk mintáinak görbéi között kis eltérések láthatóak. Ebből következhet, hogy a kor ennél a fafajnál kihat az adszorpciós, és deszorpciós tulajdonságaira is. Látható továbbá a táblázatban az is, hogy a fiatal nyár minták adszorpciós-deszorpciós görbéi között rendre kis nedvességtartalmi különbségek lépnek fel.

Az is leolvasható, hogy kis kivétellel, de a vékony kérgű nyírnak a görbéi között nagy differencia van, azonban idősebb korára az adszorpciós-deszorpciós görbék között ezek a távolságok csökkennek.

A 7. táblázatban, melyben a vizsgált fenyő fajok adszorpciós, és deszorpciós görbéi közötti differenciákat összesítő táblázaton leolvasható, hogy az idős nemes tölgy, és az idős csertölgy mintáinak adszorpciós-deszorpciós görbéi között nagy differencia van, míg ezzel ellentétben az idős akácnál kis különbségek láthatóak. (Úgy gondolom az akácnál ez az érték kapcsolatban lehet azzal, hogy élőnedvesen milyen kicsi az akác nedvességtartalma) A fiatal minták kiértékelésénél jobban megnéztem a mért értékeket, melyeknél azt tapasztaltam, hogy a határértékhez közeliek. Ha ennek fényében elemezzük ki a fiatal mintáink nedvességtartalmi különbségeit, akkor látható, hogy a fiatal tölgy, illetve csertölgy izotermái között szintén nagy differencia látható, így itt a kor nincs hatással az izotermák közötti differenciára.

A következő táblázatból, mely a különböző szöveti szerkezetek görbéinek sorrendjét vizsgálta egy-egy fafajon belül, megállapíthattuk, hogy a szórt likacsú fajok mennyire egységes értéket mutatnak, azok sorrendje mennyire azonos mind a 3 vizsgált fafajnál. Ahhoz, hogy ezt az eredményt a teljes csoportra általánosan kimondhassuk, a csoport többi fafajainak vizsgálata is szükséges. (Megjegyezném, hogy az ezen irányú kutatás még tart, és megközelítőleg egy hónap múlva eredményekkel is előállhatunk ebben a témában) Megfigyelhető az is, hogy a vörösfenyő, és a feketefenyő fiatal, illetve idős minták görbéinek sorrendje azonos módon változnak az idő előrehaladtával, míg az erdeifenyő-, vagy az akác fatest részek görbéi között lévő különbség nem változik a kor előrehaladtával sem. Sajnos a többi minta eredményei annyira szétszórtak, hogy közöttük további hasonlóságot nem tudunk levonni ezen táblázat alapján.

Utolsó táblázatunkból, mely a szijács- háncs- héjkéreg együtt futásának mértékét vizsgálta, leolvashattuk, hogy a vizsgált fenyőkre általánosan jellemző, hogy a görbéik viszonylag közepes mértékben együtt futnak. Sajnos a másik két csoportra, a szórt likacsú, és

a gyűrűs likacsú fajokra nem tudtam hasonló következtetést levonni, ugyanis az értékek azokban a csoportokban igen differenciáltak.

További célkitűzéseink

- Jelenleg is folyik további 8 faj adszorpciós, és deszorpciós vizsgálata. Emellett még jelenleg is fut 2 ugyanilyen vizsgálat, melyeknél kezdetben különböző termókezelésnek vetettük alá a mintáinkat.
- Tervezzük még szalma, és nád bevonását a vizsgálatba, valamint más vegetatív időszakból vett mintákra is az izotermák felvételét.

8. Köszönetnyilvánítás, és Irodalomjegyzék

Ezúton is szeretnék köszönetet mondani:

- **Prof. Dr. Németh Róbert tanár úrnak**, hogy részt vehettem a kutatómunkában, valamint az elmúlt majd egy évben nyújtott támogatásáért, segítségéért, és türelméért.
- **Ábrahám József tanár úrnak**, a támogatásáért, segítőkészségéért, és értékes szakmai tanácsaiért.
- **A Nyugat-Magyarországi Egyetem Faanyagtudományi Intézetének**, hogy a mérésekhez részemre a szakmai, és technológiai háttérrel biztosított.
- **A Tanulmányi Állami Erdőgazdaságnak**, akik a kitermelésekben, illetve a mintavételezésekben segítettek.
- És végül **Barátaimnak**, akik segítettek a mérésekben, mikor időszükében voltam.

8.1. Irodalomjegyzék:

Molnár S. (2000): Faipari Kézikönyv I. Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron

Molnár, S. (2004) Faanyagismeret, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest

Molnár, S. (2007) Faanatómia, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest

Németh K. (1997) Faanyagkémia, Szaktudás Kiadó Ház Rt.

Takács P. (2004) Szárítás, és gőzölés jegyzet.

Christian Scaar (1988) Wood –Water Relations

8.2. Források:

1. kép: <http://www.greenfo.hu/uploads/kepek/23/2364/teljes.jpg>

2. kép: http://fahiba.fmk.nyme.hu/20_algeszt.htm

3. kép: <http://dioskonyv.bionuss.eu/25-05/1.htm>

4. kép: saját fénykép

5. kép: saját fénykép

6. kép: Christian Scaar (1988) Wood –Water Relations

1.- 40. ábraig: (kiértékelések, diagramok, mérési táblázatok):

- Saját szerkesztés

41. ábra: (Kor hatása a gyűrűs likacsú lombosok nedvességtartalmára, valamint az abszorpciós görbék összehasonlítása 20°C/65% relatív páratartalom):

- Saját szerkesztés

42. ábra: (Kor hatása a gyűrűs likacsú lombosok nedvességtartalmára, valamint az abszorpciós görbék összehasonlítása 20°C/65% relatív páratartalom):

- Saját szerkesztés

43. ábra: (Kor hatása a gyűrűs likacsú lombosok nedvességtartalmára, valamint az abszorpciós görbék összehasonlítása 20°C/65% relatív páratartalom):

- Saját szerkesztés