

DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS

**VERSENGÉSVIZSGÁLATOK A SOPRONI-HEGYVIDÉK  
HOSSZÚLEJÁRATÚ KÍSÉRLETI TERÜLETEIN**

Készült a Nyugat-Magyarországi Egyetem  
Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskolája,  
Erdővagyon-gazdálkodás (E3) programja keretében

Témavezető: DR. VEPERDI GÁBOR

Írta:  
HORVÁTH TAMÁS  
Okleveles erdőmérnök

SOPRON  
2012.

**VERSENGÉSVIZSGÁLATOK A SOPRONI-HEGYVIDÉK HOSSZÚLEJÁRATÚ  
KÍSÉRLETI TERÜLETEIN**

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében,  
A Nyugat-Magyarországi Egyetem Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok  
Doktori Iskolája,  
Erdővagyon-gazdálkodás (E3) programja keretében

Írta:  
**HORVÁTH TAMÁS**

Témavezető: DR. VEPERDI GÁBOR

Elfogadásra javaslom (igen/nem) .....  
(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton ..... %-ot ért el.

Sopron, .....  
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen/nem)

Első bíráló (Dr. ....) igen/nem .....  
(aláírás)

Második bíráló (Dr. ....) igen/nem .....  
(aláírás)

(Esetleg harmadik bíráló (Dr. ....) igen/nem)  
.....  
(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján .....%-ot ért el.

Sopron, .....  
a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése .....  
.....  
Az EDT elnöke

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>1. BEVEZETÉS</b> .....	<b>1</b>
<b>2. CÉLKITŰZÉS</b> .....	<b>3</b>
<b>3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS</b> .....	<b>5</b>
3.1. EGYSZERŰ MODELLEK .....	5
3.2. ÖSSZETETT MODELLEK .....	8
3.3. A NÖVÉNYI NÖVEKEDÉS LEHETSÉGES MODELLEZÉSI ESZKÖZEI .....	10
3.4. AZ ERDŐNEVELÉS SZIMULÁCIÓJÁRA ALKALMAS ÁLLOMÁNYNÖVEKEDÉSI MODELLEK: SILVA, CAPSIS, FVS, SIBYLA SUT .....	13
3.5. FAEGYEDEK EGYÜTTÉLÉSE – AZ ERDEI ÖKOSZISZTÉMA FAEGYEDEINEK FEJLŐDÉSE .....	19
3.6. A VERSENGÉS .....	21
3.7. A KOMPETÍCIÓ VIZSGÁLATA .....	23
3.8. AZ ELSŐ HAZAI NELDER-KÍSÉRLET .....	24
3.9. KOMPETÍCIÓS INDEXEK .....	24
3.10. A HOSSZÚLEJÁRATÚ KÍSÉRLETEK .....	29
3.10.1. Hosszúlejaratú kísérletek Magyarországon .....	29
3.10.2. Hosszúlejaratú kísérletek Európában .....	31
<b>4. ANYAG ÉS MÓDSZERTAN</b> .....	<b>33</b>
4.1. A MINTATERÜLETEK ELHELYEZKEDÉSE – A TERÜLET JELLEMZÉSE .....	33
4.1.1. A Soproni-hegyvidék általános jellemzése .....	33
4.1.2. A Soproni-hegyvidék erdeinek történeti áttekintése .....	40
4.2. A MINTATERÜLETEK JELLEMZÉSE .....	42
4.3. A MINTATERÜLETEK FELVÉTELEI, ALAPADATOK .....	44
4.4. A MINTATERÜLETEK RÉSZLETES TERMŐHELY FELTÁRÁSI EREDMÉNYEI .....	45
4.5. A MINTATERÜLETEK ELHELYEZKEDÉSE .....	47
4.5.1. Házoldal – Sopron 190 D erdőrészlet .....	47
4.5.2. Kemping – Sopron 80 B erdőrészlet .....	49
4.5.3. Hermes – Sopron 152 A erdőrészlet .....	52
4.5.4. Károly-magaslat – Sopron 91 D erdőrészlet .....	54
4.6. A FAEGYED NÖVEKEDÉSÉT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK .....	55
4.7. SZÁMÍTÁSBA VETT NÖVEKEDÉST BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK .....	56
4.8. FAÁLLOMÁNY SZERKEZET .....	57
4.9. A MELLMAGASSÁGI ÁTMÉRŐ- ÉS AZ EGYES FÁK MAGASSÁGADATAINAK FELDOLGOZÁSA .....	58
4.10. KISZÁMÍTÁSRA KERÜLT PARAMÉTEREK .....	59
4.10.1. Növőtér-index .....	59
4.10.2. Hegyi-index .....	60
4.10.3. ME kompetíciós index .....	61
4.10.4. Módosított ME index .....	62
4.10.5. Lorimer index .....	62
4.10.6. Módosított Lorimer Index .....	62
4.10.7. További kompetíciós indexek .....	62
4.10.8. A kompetítor faegyedek meghatározásának módszere .....	63
4.10.9. Az egyes időszakokra vonatkozó számítások .....	63
4.10.10. Statisztikai adatfeldolgozás .....	64
4.10.11. Eltérő növekedésű egyedek növekedésének vizsgálata .....	72
<b>5. EREDMÉNYEK, ÉRTÉKELÉSEK</b> .....	<b>74</b>
5.1. HERMESZ/BÜKKÖS MINTATERÜLET .....	75
5.1.1. Az 1990. évi felvétel .....	75
5.1.2. A 2005. évi felvétel .....	75
5.1.3. Az 1990. és 2005. évi felvétel közötti változások a Hermes/Bükkös mintaterület esetében .....	76
5.1.4. A folyónövedék és az éves fatérfogat növedék összefüggései a kompetíciós vizsgálatokban a Hermes/Bükkös mintaterület esetében .....	76
5.1.5. Térparaméteres statisztikai vizsgálatok a Bükkös/Hermesz mintaterületen .....	84

5.2. HÁZOLDAL MINTATERÜLET -----	87
5.2.1. Az 1990. évi felvétel-----	87
5.2.2. A 2005. évi felvétel-----	87
5.2.3. Az 1990. és 2005. évi felvétel közötti változások a Házoldal mintaterület esetében-----	88
5.2.4. A folyónövedék és az éves fatérfogat növedék összefüggései a kompetíciós vizsgálatokban a Házoldal mintaterület esetében-----	88
5.2.5. Térparaméteres statisztikai vizsgálatok a Házoldal mintaterületen -----	96
5.3. KEMPING MINTATERÜLET -----	98
5.3.1. Az 1990. évi felvétel-----	99
5.3.2. Az 1999. évi felvétel-----	99
5.3.3. A 2005. évi felvétel-----	99
5.3.4. Az 1990. és 1999. évi felvétel közötti változások a Kemping mintaterület esetében -----	99
5.3.5. Az 1999. és 2005. évi felvétel közötti változások a Kemping mintaterület esetében -----	100
5.3.6. A folyónövedék és az éves fatérfogat növedék korrelációja a növtér index és a növtér paraméterekkel a két növekedési időszakban a Kemping mintaterület esetében-----	100
5.3.7. A folyónövedék és az éves fatérfogat növedék összefüggései az első növekedési időszak kompetíciós vizsgálataiban a Kemping mintaterület esetében -----	103
5.3.8. A folyónövedék és az éves fatérfogat növedék összefüggései a második növekedési időszak kompetíciós vizsgálataiban a Kemping mintaterület esetében -----	108
5.3.9. Térparaméteres statisztikai vizsgálatok a Kemping mintaterület első növekedési időszakában ----	113
5.3.10. Térparaméteres statisztikai vizsgálatok a Kemping mintaterület második növekedési időszakában-----	116
5.4. KÁROLY MINTATERÜLET -----	118
5.4.1. Az 1990. évi felvétel-----	119
5.4.2. A 2000. évi felvétel-----	119
5.4.3. A 2005. évi felvétel-----	120
5.4.4. Az 1990. és 2000. évi felvétel közötti változások a Károly mintaterület esetében-----	120
5.4.5. A 2000. és 2005. évi felvétel közötti változások a Károly mintaterület esetében-----	120
5.4.6. A folyónövedék és az éves fatérfogat növedék korrelációja a növtér index és a növtér paraméterekkel a két növekedési időszakban a Károly mintaterület esetében -----	120
5.4.7. A folyónövedék és az éves fatérfogat növedék összefüggései az első növekedési időszak kompetíciós vizsgálataiban a Károly mintaterület esetében-----	123
5.4.8. Térparaméteres statisztikai vizsgálatok a Károly mintaterület második növekedési időszakában--	134
5.5. AZ ÁTLAGTÓL JELENTŐSEN ELTÉRŐ NÖVEKEDÉST MUTATÓ EGYEDEK VIZSGÁLATA AZ EGYES MINTATERÜLETEKEN-----	137
5.5.1. A Bükkös mintaterület elmaradó növekedésű egyedei-----	139
5.5.2. A Házoldal mintaterület elmaradó növekedésű egyedei-----	139
5.5.3. A Kemping mintaterület elmaradó növekedésű egyedei a második növekedési ciklusban -----	140
5.5.4. A Kemping mintaterület elmaradó növekedésű egyedei az első növekedési ciklusban -----	140
5.5.5. A Károly mintaterület elmaradó növekedésű egyedei a második növekedési ciklusban -----	141
5.5.6. A Károly mintaterület kimagasló növekedésű egyedei az első növekedési ciklusban-----	142
5.5.7. A növedékadatok térparaméteres vizsgálata az egyes területek esetében-----	143
5.6. AZ EGYES MINTATERÜLETEK TALAJSZELVÉNYEK SZERINTI JELLEMZÉSE -----	144
5.6.1. Bükkös mintaterület-----	144
5.6.2. Házoldal mintaterület-----	144
5.6.3. Kemping mintaterület-----	145
5.6.4. Károly mintaterület -----	145
<b>6. ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK -----</b>	<b>146</b>
<b>7. KIVONAT -----</b>	<b>152</b>
<b>8. TÉZISEK -----</b>	<b>154</b>
<b>9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS -----</b>	<b>156</b>
<b>10. IRODALOMJEGYZÉK-----</b>	<b>157</b>
<b>MELLÉKLETEK -----</b>	<b>165</b>

## 1. BEVEZETÉS

Az erdészeti kutatások történetében mindig is kiemelkedő szerepet játszott a fatermés tan tudomány ismereteinek bővítése. Ennek oka nem elsősorban az elméleti szakemberek tudományos kíváncsisága, hanem a gyakorlati tapasztalatok által előhívott szükségletek. Ilyen formában kezdetben a kutatások célja a jövőbeni fatermés becslése. A fatermési táblák napjainkban is az egyik legfontosabb bázisai a tervszerű erdőgazdálkodásnak.

Modellt alkotni, matematikai egyenletekkel leírni és megismerni a természetes folyamatokat: ez az, amit a későbbi korok kutatói fontosnak tartottak. A modellalkotás, a terepen mért adatok feldolgozása és az összefüggések felismerése kezdetben munkaigényes feladat volt. Ennek ellenére a kezdeti kutatások számos, ma is használható eredményt hoztak.

A különböző környezeti tényezők hatása az erdei ökoszisztémára csak igen sok idő múltán fejtik ki hatásukat, vagy a hatás kimutatására hosszadalmas, időigényes kísérletsorozatok beállítása szükséges, amelyek kiértékelése sokszor több emberöltőn át folyamatos figyelmet kíván a szakemberektől. Ezek az úgynevezett hosszúléjártú kísérletek, amelyek nemcsak hazánkban, de más országokban is kitüntetett szerepet töltek be az erdészeti kutatások területén. A belőlük nyert adatok pontos információkat szolgáltatnak a kutatók és majdan a gyakorlati szakemberek számára egyaránt.

A német nyelvterületen beállított ilyen jellegű kísérletek több mint 130 éve – folyamatos megfigyelés mellett – szolgáltatnak adatot az erdei ökoszisztéma változásáról. Az adatok begyűjtésében ilyen módon több generáció erdész szakembereire volt szükség, amelynek eredményeképpen olyan adatbázis áll rendelkezésre, amelyeknek köszönhetően a mai kor kutatója modern eszközök segítségével pontosabb, jobban felhasználható, különböző célú modelleket készíthet.

Ahhoz, hogy a 130 évvel ezelőtt gyűjtött adatok ma is felhasználhatóak legyenek, nemcsak a szakemberek kitartó munkájára volt szükség, hanem arra is, hogy mindenkor ugyanazon paramétereket mérjünk ugyanazon az egyeden (erdőben, mintavételi ponton). A felvételi módok szabványosítása ezért a hosszúléjártú kísérletek kitűzésekor éppen olyan fontos, mint a mellmagassági átmérő helyének rögzítése egy-egy törzsön, vagy a mintaterület egyedeinek maradandó sorszámozása. A 2009. évben Magyarországon első ízben létesített Nelder-kísérlet, amelynek első felvétele 2011. tavaszán megtörtént – ugyanolyan felvételi eljárással, mint az ehhez hasonló, más, külföldi országokban létesített kísérletek esetében. A

kísérlet ebben az esetben is minimum 100 évre tervezett, amely során időről időre szükséges felvenni az állományt, megadott szempontok szerint.

Az ilyen és ehhez hasonló mintaterületek adatai álltak és állnak rendelkezésre a kor aktuális témáinak kutatására. Hazánkban a természetközeli erdőgazdálkodási módok az elmúlt években egyre jobban teret hódítottak egy alapvetően vágásos erdőgazdálkodásra berendezkedett gazdálkodási környezetben. Hosszú távú tapasztalatok nélkül ezen merőben más gazdálkodási módok még jobban felértékelik a hosszúlejárati kísérletek jelentőségét. Felértékelik azért, mert ezek tapasztalataiból tudunk következtetni az egyes faegyedek viselkedésére különböző környezetben (biotikus és abiotikus). Az együttélés, az egymás mellett élés egyik biztos következménye és velejárója, hogy az egyes egyedek hatással vannak egymásra. Ez a hatás sokhelyütt figyelmen kívül hagyható (ültetvényszerű gazdálkodás), azonban egy szálaló vagy szálaló vágásos üzemmódú beállt szerkezetű erdő esetében a természetes folyamatok lekövetéséhez szükséges ismernünk. Modellbe illeszteni a tapasztalatokat akkor lehet, ha ezen hatásokat képesek vagyunk számszerűsíteni. A szakirodalom által hazánkban kevésbé tárgyalt témakör a kompetíciós indexek, amelyek ezt a célt hivatottak elérni.

A Soproni-hegyvidéken 1990-ben 5 mintaterület – amely a hegyvidék jellemző faállományait ölelte fel – került kijelölésre, mint hosszúlejárati kísérleti terület. Az évek múltával a mintaterületeken ismételt adatrögzítés történt, amelyek ilyen szemléletben történő teljes körű kiértékelése ez idáig nem történt meg. Ezen erdőrészletek adatainak segítségével vizsgálja jelen munka ezen állományok faegyedeinek versengésben betöltött szerepét, és a versenyhelyzet mutatószámait a különböző növekedési paraméterek tükrében.

Az irodalmi feldolgozásában ezért szükségesnek találtam olyan területeket is részletesen érinteni, amelyek közvetve használják fel a kompetíció kutatásának eredményeit: az egyes fa alapú növekedési modelleket. A számítógépes modellezés – ahogyan az számos országban alkalmazott eszköze a gazdálkodói szintű tervezésnek – lesz a hatékony, sokoldalú tervezés eszköze a jövőben hazánkban is.

## 2. CÉLKITŰZÉS

A változó gazdálkodói, társadalmi elvárások hatására az erdőgazdálkodók új szakmai kihívása a nem vágásos erdőgazdálkodási módok megvalósítása – azokon a területeken, ahol ezt a termőhelyi és fafaj szerkezeti tényezők engedik. A vágásos erdőgazdálkodási üzemmódok elméleti tudományos háttere kidolgozott, különös tekintettel az egykorú, elegyetlen faállományok esetében.

A természetközeli erdőgazdálkodási módok (szálas, szálas vágás) alkalmazásához szükséges elméleti háttérünk gyakorlat hiányában nem kiforrott. A természeti adottságok mellett a gyakorlati tapasztalatok és a tudományos eredményeken alapuló összefüggések ismerete ezen a téren elengedhetetlen.

Az elegyetlen és elegyes egykorú állományok fejlődésére vonatkozóan rendelkezésre állnak különböző modellek, amelyekkel prognosztizálni tudjuk azok növekedését, azonban a termőhely és az összfatermés kapcsolatát jellemző összefüggések nem mindegyike ismeretes.

Az állományon belüli dinamika, a hazai termőhelyi körülmények közötti fajon belüli illetve fafajok közötti versengés a hosszúlejárati kísérletek eredményeinek tükrében tisztázható. A többkorú, elegyes állományok belső dinamikájának megértésében ezen kérdések tisztázása elengedhetetlen.

Az elegyes, többkorú állományok fejlődésének vizsgálata ilyen módon egyre inkább a középpontba kerül. Az elegyes erdők egyik kulcsfontosságú kérdése, hogy az egyes fafajok, amelyeknek hasonló termőhelyi igénye van, milyen mértékben hatnak egymásra, azaz milyenek a versengési viszonyok.

A dolgozat célja, hogy a rendelkezésre álló adatok segítségével megvizsgálja a Soproni-hegyvidék jellemző faállományait reprezentáló mintaterületek segítségével az elegyes erdő fejlődését, és a különböző származtatott adatok segítségével számszerűen kifejezhetővé tegye az egyes fafajok adott szociális helyzetéhez kötött versengésben betöltött szerepét.

Ezen cél elérése érdekében meghatározandó volt egy olyan egyedi paraméter kiszámítása, amely segítségével az egyes faegyedek állományban betöltött szerepe plasztikusabban kifejezhető.

Az erdészeti tudományos szakirodalom különböző egyszerű kompetíciós összefüggéseket ismer. Cél volt, hogy ezek közül igazolható módon kerüljenek kiválasztásra

azok, amelyek a mintaterületek által reprezentált faállományok esetében a lehető legpontosabb módon kifejezik a verseny szituációt.

A vizsgálatok helyszínét adó Soproni-hegyvidék hosszúléjártú mintaterületeinek feldolgozása ilyen formában ez idáig még nem történt meg, habár ezek kijelölését már 1990. előtt megkezdték. Félő azonban, hogy az egyes területek esetében a befektetett munka eredménye jelen dolgozat nélkül elvész, mivel az egyes mintaterületeket az eredeti célkitűzésekkel nem összeegyeztethető fakitermelési, erdőművelési beavatkozásokkal érintették. Ilyen módon – bár célnak nem tekinthető – a mintaterületek kitévésük eredeti célját a továbbiakban nem szolgálják, így jelen feldolgozás az eddigi befektetett munka végleges eredményének tekinthető.

Munkám a Soproni-hegyvidéken kijelölt mintaterületek eddigi eredményeinek értékelésével foglalkozik, amelynek célja, hogy pontosabb képet kapjunk – adott termőhelyi feltételek mellett – a versengés-folyónövedék kapcsolatáról.

Mindezeknek megfelelően a következő hipotézisek fogalmazhatók meg:

- Feltételezhető, hogy a lombos és fenyő elegyes állományok esetében a növekedést befolyásoló versengés az egyes fafajok esetében nem egyforma hatású. Ugyanolyan méretekkel (magasság és átmérő) rendelkező két faegyed, amely különböző taxonokba tartozik, nem egyforma hatást gyakorolnak egy harmadik egyedre.
- Feltételezhető, hogy a fafaji tulajdonságok az erdőnevelési beavatkozásoknak köszönhetően nem önmagukban érvényesülnek a versengés szempontjából az adott állomány szerkezetén belüli szociális helyzetben. Adott egyed méretei a fafaji tulajdonságok és az erdőnevelési beavatkozások összetett hatásaként alakul ki, így a versengésben betöltött szerep a fafaji alaptulajdonságok és az erdőnevelési munkák összességéeként alakul ki.
- Mindezeknek megfelelően pusztán a faegyed méreteit, mint független változókat alkalmazó kompetíciós mutatószámok nem minden esetben becsülik jól a tényleges versenyhelyzetet, mivel a fafaji tulajdonságokat teljes mértékben mellőzik, illetve az erdőnevelési beavatkozások hatását csak részben tükrözik. Feltételezhető, hogy a rendelkezésre álló adatok segítségével kifejezhető olyan független változó, amely a fenti hatásokat kumulálva a távolság független és távolságfüggő kompetíciós indexeket módosítja oly módon, hogy azok szorosabb összefüggést mutatnak a növekedési paraméterekkel.



### 3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az erdészeti kutatás és az erdészeti gyakorlat egyik legérdekesebb és egyben legtöbb kérdést felvető területe az egyes fák és faállományok növedékének meghatározása, a növedéket befolyásoló tényezők meghatározása, a termőhely, a faállomány szerkezet és az emberi beavatkozás hatása.

Ezzel a témával hazai és külföldi kutatók által írott igen bőséges szakirodalommal találkozhatunk. A skála igen széles: a trópusi erdők modelljeitől a boreális erdők szerkezetéig, ültetvény-szerű illetve természetközeli erdőgazdálkodási módok vizsgálata éppúgy megtalálható. Számunkra ennek az igen széles spektrumnak egy vékony szelete érdekes, amely a kezdeti modellalkotástól a mai, kompetíció-alapú modellezésig terjed.

A szelet igen vékony, ám mélységében igen kiterjedt.

#### 3.1. Egyszerű modellek

Az erdő, mint a legösszetettebb szárazföldi ökoszisztéma különböző folyamatainak, állapotainak leírására, megértésére, a vele való gazdálkodásra és a kutatásra különböző statikus, dinamikus – azaz ebben az értelemben leíró és folyamat – modelleket használunk, így különül el a két fő modellalkalmazó terület: a kutatás és a gazdálkodás.

Az erdőgazdálkodás kezdeti időszakában alapvetően csak az adott faállomány fatérfogatának meghatározására volt szükség. A XVIII. és XIX. században a gazdálkodás biztosításának fő eszköze a vágásosztás illetve a térszakozás volt, amelynek értelmében az erdőterületet térképen szabályosan osztották fel. A közel szabályosan felosztott erdő hozama így könnyebben meghatározható volt, bonyolult modelleket nem igényelt.

A modellszemléletű vizsgálatok szükségességét nemcsak az erdőrendezéstan illetve az erdőnevelés tudományágának fejlődése követelte meg, de az új rendszerszemléletű vizsgálati módszerek, a számítástechnika és a statisztikai vizsgálatok széles tárháza lehetőséget is biztosít a sokszor komolyabb matematikai vizsgálatok elvégzésére. Általánosan elmondható, hogy a modellszemléletű vizsgálatok minden esetben valamely modellezni kívánt folyamat leírásával foglalkoznak olyan módon, hogy a valóságos folyamatokat a valóságban mért paraméterek alapján matematikai függvényekkel közelítik, figyelembe véve mindazon paramétereket, amelyek a hipotézis szerint karakteresen befolyásolják a folyamat lefutását.

A fák és faállományok jellemzőinek meghatározásával foglalkozó tudományág, az erdőbecslés (taxáció) az elmúlt évtizedekben egyre inkább ráirányította a figyelmet a fák és faállományok növekedésének kvantitatív vizsgálatára (KIRÁLY 1995).

A legelső modellek az erdőgazdálkodásban a fatermési táblák voltak (HARTIG 1795 és COTTA 1804), amelyeknek hazánkban az első publikált készleteit 1839. és 1842. között id. GREINER LAJOS készítette (1. ábra).

**f. Bükk szálerdő.**

Kor	Törzs			Fa-tömeg	Folyó-	Átlag-	Átlagos készlet	Használati százalék	Kor
	átmérő	magasság	szám		növedék				
év	centiméter	méter	db, kat holdanként	kat. holdanként töm. köbméter					év
<b>III. Termőhely</b>									
10	.	.	.	5	.	0.50	.	.	10
15	4.3	.	.	11	.	.	.	.	15
20	6.5	.	.	19	1.40	0.95	.	.	20
25	8.8	.	.	31	.	.	.	.	25
30	11.1	8.8	1139	46	2.70	1.53	.	.	30
35	13.4	10.1	953	65	.	.	.	.	35
40	15.8	11.4	786	84	3.80	2.10	.	.	40
45	17.7	12.6	670	101	.	.	.	.	45
50	19.7	13.9	568	118	3.40	2.36	.	.	50
55	21.5	15.0	497	132	.	.	.	.	55
60	23.4	16.2	436	146	2.80	2.43	57.9	0.0420	60
65	24.8	17.2	393	153	.	.	.	.	65
70	26.3	18.3	352	170	2.40	2.43	72.2	0.0336	70
75	27.6	19.2	320	180	.	.	.	.	75
80	28.9	20.2	292	189	1.90	2.36	85.7	0.0276	80
85	30.4	21.3	271	197	.	.	.	.	85
90	31.0	22.4	251	204	1.50	2.27	98.0	0.0231	90
95	31.5	23.2	239	211	.	.	.	.	95
100	32.9	24.0	225	217	1.30	2.17	109.3	0.0198	100
105	33.5	27.6	220	222	.	.	.	.	105
110	34.2	25.3	208	226	0.90	2.05	119.6	0.0172	110
115	34.8	25.9	205	230	.	.	.	.	115
120	35.5	26.6	196	234	0.80	1.95	128.8	0.0151	120
125	35.9	27.1	195	238	.	.	.	.	125
130	36.3	27.6	188	241	0.70	1.85	137.2	0.0135	130

1. ábra: Greiner féle fatermési tábla 1896-ból (URL1)

A fatermési táblák használatakor a kor és a magasság függvényében kapunk az adott fafajra vonatkozó adatot, amelyet az eredet megjelölésével finomíthatunk. Ezek az adatok a következők: fatermési osztály, fatérfogat (fatömeg), folyónövedék, körlapösszeg (régii fatermési nomogrammok).

A modern erdészet és kutatás Közép-Európában a 18. századi nagy volumenű erdőirtás következménye. A 19. század elején nem pusztán az erdő védelmét célozták, hanem az újraerdősítést is. A fenntartható faanyagtermelés egyszerre vált fontossá a növekedés mérésével és mértékének előrejelzésével együtt. Gyérítési kísérleteket létesítettek, valamint megszülettek az első fatermési táblák (DOBBERTIN 2004).

A nevelővágás				A főállomány				
jele	megnevezése	száma	kora	átlagos magassága	körlapösszege	átlagos átmérője	törzsszáma	a fák átlagos távolsága
			év	H m	G m <sup>2</sup>	Dq cm	N db	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I. fatermési osztály								
1	Tiszti-	1	10-12	4	7	2	15 000	0,9
	tás	2	17-19	8	13	5	7 000	1,3
		3	24-26	11	17	8	3 000	1,9
2	Törzski-	1	31-33	14	20	11	2 000	2,4
	választó	2	39-41	18	23	15	1 300	3,0
	gyérítés							
3	Növedék-	1	48-52	22	26	20	800	3,8
	fokozó	2	63-67	27	30	28	480	4,9
	gyérítés	3	78-82	31	33	36	320	6,0
		4	98-102	36	35	44	230	7,1
4	Véghasz-		114-126	39	44	49	230	7,1
	nálat							
II. fatermési osztály								
1	Tiszti-	1	12-14	5	8	3	15 000	0,9
	tás	2	19-21	7	14	5	6 600	1,3
		3	26-28	10	17	8	3 300	1,9
2	Törzski-	1	33-35	13	20	11	2 200	2,3
	választó	2	40-42	16	22	14	1 500	2,8
	gyérítés							
3	Növedék-	1	48-52	19	25	18	1 000	3,4
	fokozó	2	63-67	24	28	24	600	4,4
	gyérítés	3	78-82	28	31	31	400	5,4
		4	98-102	32	33	38	290	6,3
4	Véghasz-		114-126	35	42	43	290	6,3
	nálat							

2. ábra: A bükk erdőnevelési modell táblája (I. és II. fatermési osztály) (VÁRADI szerk., MENDELIK 1984)

Azonban a fatermési táblák – modellek – elsősorban csak az egykorú, közel szabályos hálózatos elegyetlen erdők fatermésének megállapítására voltak alkalmasak. Az erdők szerkezetileg eltolódtak a többkorú, elegyes, változatos struktúra felé, amelyekre már csak nehézkesen alkalmazhatóak a fatermési táblák; ezen erdők leírásához sokkal rugalmasabb modellezési technika szükséges (DOBBERTIN 2004). Statikus modellek (2. ábra), de már az állománynevelés elősegítését célozzák az erdőnevelési modell táblák, amelyek hazai

kidolgozását DR. SOLYMOS REZSŐ irányította. Az erdőnevelési modelltáblák fatermési osztályonként tartalmazzák a nevelővágásokat, a nevelővágások után lábon maradó faállományrész (főállomány) szerkezetének fontosabb adatait és a vágáskort (VÁRADI 1984). Ezek a modellek így elsősorban az eredményes gazdálkodást hivatottak segíteni a vágásos üzemmóddal kezelt erdőkben. Ott, ahol a faállomány szerkezete közelít az egykorúsághoz, fafaj szerkezetét tekintve egy, maximum kettő-három faj alkotja, az erdőnevelési modelltáblák jó iránymutatást adnak az erdőnevelési munkák elvégzéséhez (Elegyetlen állományokra hazánkban csak néhány modelltábla áll rendelkezésre – Gyertyános-tölgyes: BÉKY A. 1984, Cseres-tölgyesek: BÉKY A.-HAJDÚ G.-KOVÁCS F. 1986, Tölgyes cseresek: BÉKY A.-HAJDÚ G.-KOVÁCS F. 1986).

Cél továbbra is a lehetőleg minél pontosabb modellek készítése a faállományok növekedésének leírására. Nyilvánvaló, hogy minél nagyobb adatmennyiséget adunk meg egy modell input adataként, annál pontosabb eredményt kapunk. Nem célszerű azonban a túl nagy felbontású modellek építése, ellenben a megfelelő eredmény érdekében nem is szabad lemondanunk arról.

### 3.2. Összetett modellek

Manapság az erdő növekedésének kutatása eltolódott a pusztán faanyag termelési céltől. Az erdők egészségi állapotának romlása, a légszennyezés, a rekreáció, a szennyelő képesség mind egyre nagyobb fontossággal szerepelnek az erdészeti kutatásokban. Az erdőrendezés által használt modellek perspektívája ennek megfelelően el kell, hogy térjen a hagyományos szemlélettől. Az európai, különös tekintettel a közép európai erdők tervezését illetően jellemző az integritás. Míg máshol a világban elkülönül az ültetvényeszerű fatermesztés, amelynek célja az intenzív faanyag-termesztés, és a természetvédelmi és rekreációs célú erdők, addig Európában az erdők multifunkcionalitása került előtérbe. Ennek megfelelően az alkalmazott előrejelző modellek feladata is összetettebb, mint korábban (PRETZSCH ET AL. 2008). A szerzők bemutatnak néhány olyan modellt, amely az erdőrendezés új kihívásainak megfelelnek. Az új technológiai lehetőségek lehetővé teszik az erdők növekedésének vizsgálatát állomány szinten, regionális és globális szinten (MODIS műholdak), mialatt a számítógépes háttér megteremti a lehetőséget a nagymennyiségű adat feldolgozására, tárolására, kezelésére.

Jelenleg az erdészeti kutatások egyik legfontosabb területe a különböző növekedési modellek fejlesztése, nem pusztán növekedés előrejelzés célzattal.

A különböző modelleket csoportosíthatjuk felbontás szerint, amely alapvetően a kinyerhető információk részletességére utal (GADOW 2004):

- Teljes állomány modellek: átlagértékeken (átlagmagasság, átlagátmérő, stb.) alapuló modellek, amelyek a teljes populációt egységként vizsgálják.
- Reprezentatív famodellek: az előzőnél részletesebb eredményt szolgáltatnak. A hasonló tulajdonságú fákat csoportokba sorolják, majd a csoportokat átlagfaként kezelik. Ilyen modellek akkor használhatók, ha valamely jellemző adat eloszlása ismert.
- Egyedi fa modellek: ezek a legrészletesebb modellek. A teljes modell önálló egyedekből épül fel, ahol az egymásra gyakorolt hatás valamilyen kompetícióval jellemezhető. A számítástechnika fejlődése lehetőség adott az egyed alapú növekedési modellek létrehozásához. Az egyed alapú növekedési modellek azok a faállomány növekedését leíró dinamikus modellek, amelyek a teljes állománystruktúrát olyan módon írják le, hogy a teljes egészre vonatkozó adatokat az egyes faegyedek összességéből kapjuk.

Az elegendő erdők folyamatainak vizsgálatához ez utóbbi két modell típus alkalmazása szükséges.

A Föld szárazföldjének 30% -t erdő borítja (FAO adatok, 2006) amely környezeti erőforrásként jelenik meg a gazdaságban. Így az erdészeti kutatások nem mentesülhetnek a gazdasági célkitűzésektől, természetesen a környezeti és szociológiai fontosságuk mellett.

Az elmúlt kétszáz évben a tudományos diszciplínák, mint az erdőrendezés, gazdag eszköztárat fejlesztettek ki, hogy biztosítsák a fenntartható erdőgazdálkodást. Az új kutatások különös hangsúlyt fektetnek a tudás alapú tervezésre és vizsgálatra (GADOW 2004):

- Erdő-tájkép tervezés,
- Kutatás és gyakorlati alkalmazás,
- Fahasználatok vizsgálata.

A fa növekedésének előrejelzésével kapcsolatos kutatások célja mindazon eszközök kifejlesztése, amelyekkel a gyűjtött adatok segítségével felismerhetők mindazon

törvényszerűségek, amelyekkel az erdei ökoszisztéma dinamikája jellemezhető, azaz modellezhető. Erre alkalmasak a különböző növekedési modellek.

Mivel a modell tárgya egy dinamikus rendszer (erdei ökoszisztéma), ezért annak alapját képezik az egyes növényi egyedek (alapvetően fák) egyedenkénti és csoportokban lezajlott növekedésének vizsgálata, modellezése. Ha rendelkezünk ezekkel a modellekkel (növekedési modellek), akkor képesek vagyunk a növekedést leíró függvények ismeretében az azt befolyásoló tényezők részletes szimulálására is.

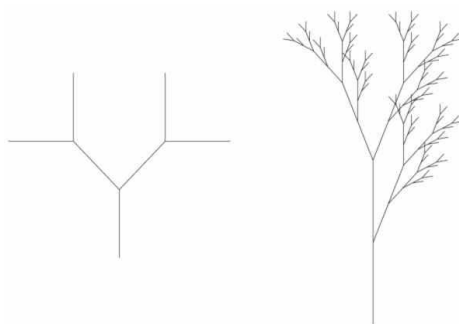
### 3.3. A növényi növekedés lehetséges modellezési eszközei

A növekedés leírását, modellezését viszonylag egzakt módon elvégezhetjük, ha ismerjük az adott rendszer (növény egység, például szár) növekedést leíró paramétereit – azaz az időegység alatt létrejövő méretváltozást, és annak a periodikusságát.

A növekedés leírásához alapvetően matematikai összefüggéseket használunk. Ezek az összefüggések fejezik ki a növekedés különböző paramétereinek az idővel való összefüggését.

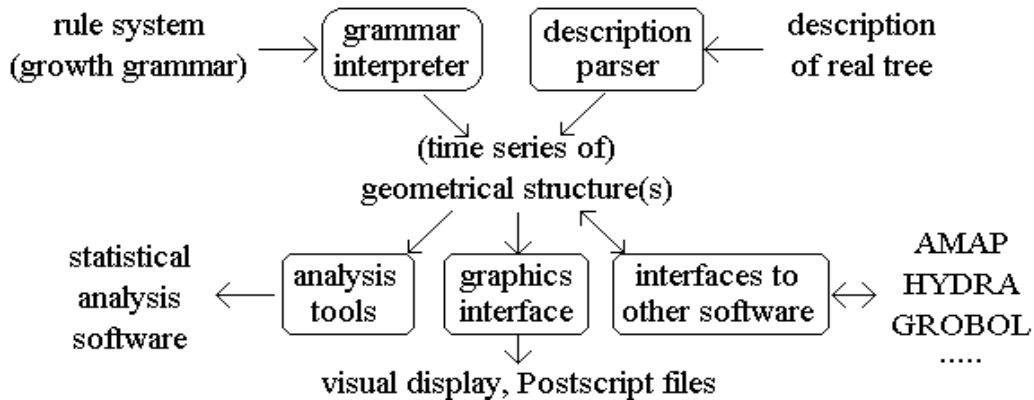
A számítástechnika segítségével a növekedést dinamikus környezetben modellezhetjük. Ilyen növekedést leíró modellező program a GroGra (Growth Grammar Interpreter, L-system alapon), amely egy igen kiváló eszköze a rugalmas sztochasztikus modellezésnek.

A rendszer, az úgynevezett teknősbéka elven jeleníti meg a változás folyamatát – a növényi növekedés esetében – 3D-s geometriai ág struktúrában (3. ábra).

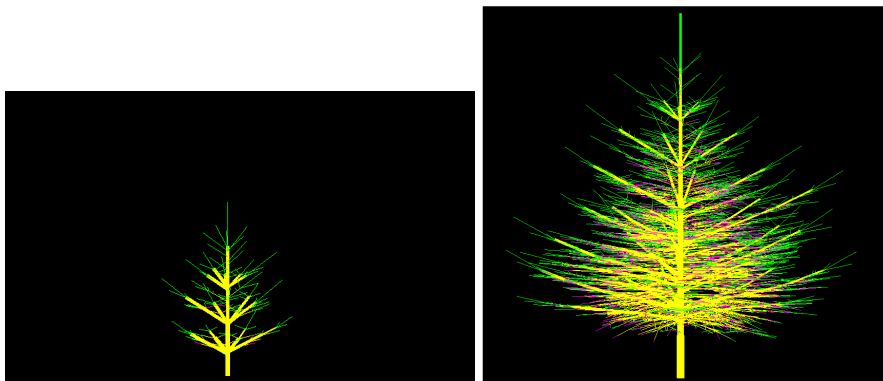


3. ábra: Ág struktúra (URL2)

A GroGra alkalmas különböző folyamatok időbeli változásainak modellezésére. Különböző algoritmusok vannak virtuálisan generált, illetve ténylegesen mért faegyedek strukturális változásának vizsgálatához.



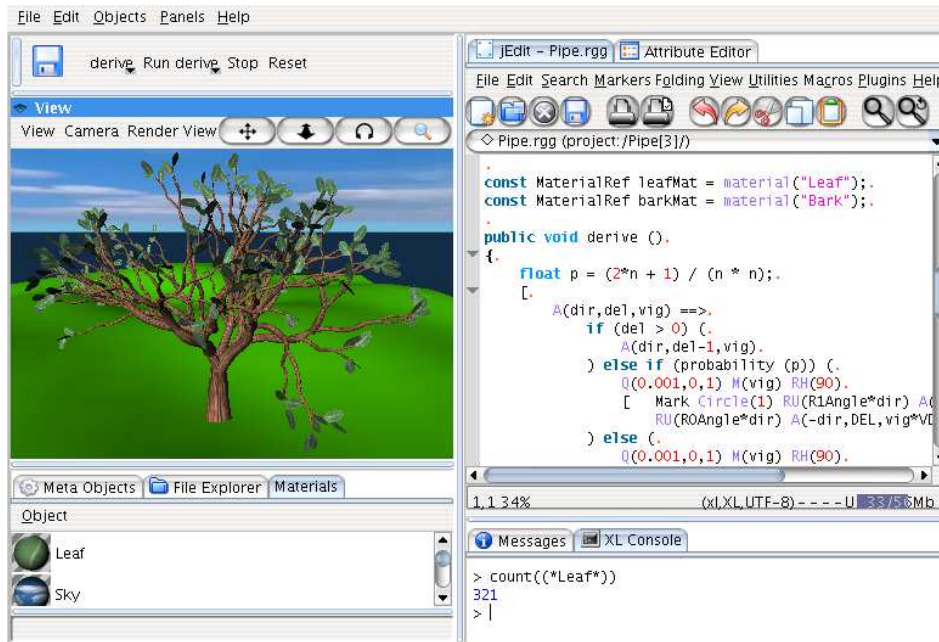
4. ábra: A GroGra szoftver struktúrája: feltétel rendszer, a „növekedési” nyelv, a geometriai formák idősora, elemző eszközök, grafikus felület és más szoftverekkel való kapcsolat (URL2)



5. ábra: A GroGra vizualizációja fenyő fafajon (URL2)

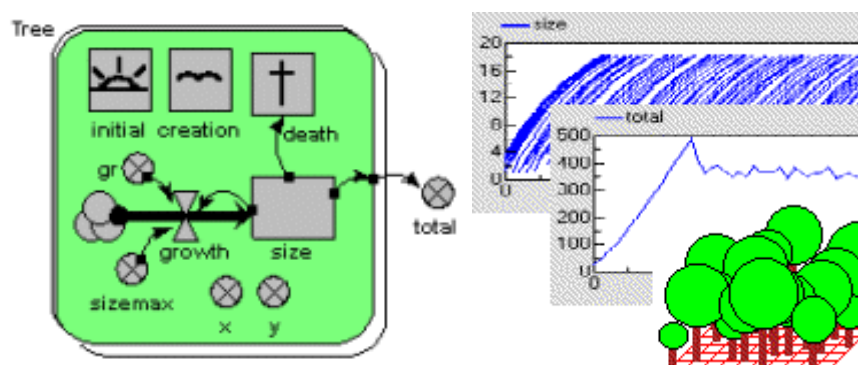
A növényi architektúra modellezésére különböző szimulációk állnak rendelkezésre (Plant Architecture Information Systems, PAIS): BPMS, LIGNUM, LSTDIO.

A GroIMP (Growth Grammar-related Interactive Modelling Platform) egy 3D-s modellező platform (GroGra alapon) (4-5. ábrák).



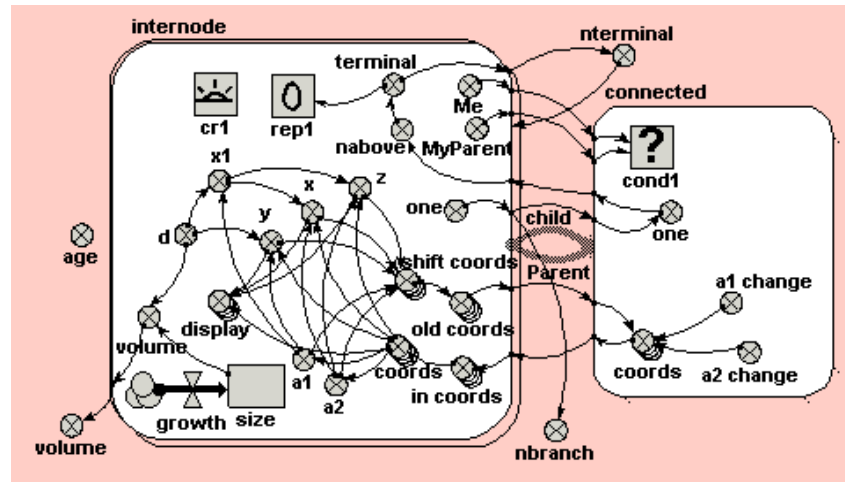
6. ábra: A GroImp felülete, amelyen látható a 3D vizualizáció, valamint növekedési folyamatot leíró algoritmus (GroGra) (URL2)

A számítógépes modellezés egyik kiemelkedő alkalmazása a Simile (System Dynamics and object-based modelling and simulation software – Egyed alapú dinamikus rendszerek modellező és szimulációs szoftvere). A szoftver (7. ábra) alkalmas az elegyes állományok vizsgálatára (VANCLAY 2006a).

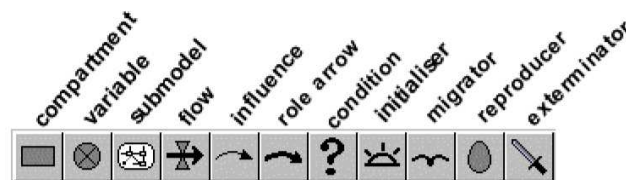


7. ábra: A Simile modell: folyamatok, objektumok és a „nyalóka”- famodell (URL3)





8. ábra: A fa ágmodelljének váza a Simile rendszerben (URL3)



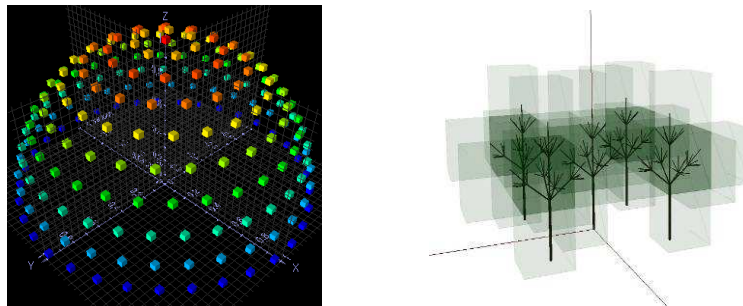
9. ábra: A Simile modell fontosabb alapelmei: rekesz, változó, almodell, folyamat, hatás, funkció, kondíció (VANCLAY 2006a)

### 3.4. Az erdőnevelés szimulációjára alkalmas állománynövekedési modellek: Silva, CAPSIS, FVS, SIBYLA Suit

Az erdész különböző ismérvek szerinti gyérítéseket használ az erdő fejlődésének olyan irányú befolyásolásához, amely az adott szempontoknak legjobban megfelel (gazdasági, közjóléti, kutatási célok). Közép-Európában a természetes erdőknek mára már csak maradványai találhatóak meg, így a legjelentősebb befolyásoló tényezők az erdők fejlődésében a gyérítések. Pontosan ezért, minden növekedési modellnek kihagyhatatlan része a kezelt erdők modellezése (ROBERTSON - DAUME 2000).

Ahhoz, hogy kellő részletességgel legyünk képesek modellezni az erdei ökoszisztémát – a faállományt, és annak fejlődését – a modellben meg kell határozni mindazokat az úgynevezett állományszerkezeti tényezőket, amelyek segítségével megfelelő részletességű, akár egyes fa modellek összegzéseiként leszünk képesek modellezni azt – erdőnevelési és

növekedési célzattal. Ilyen állományszerkezeti tényezők a fafaj, kor, záródás, tőszám, növőtér, magasság, átmérő, fatérfogat, növedék, elegyarány, koronarész-arány, eredet. Az itt felsorolt input adatok mellett szükségünk van olyan matematikai modellekre, amelyek az egyes fafajok növekedését leírják az adott termőhelyi paraméterek tükrében (szintén bemenő adatként kell kezelni), továbbá leírják mindazon összefüggéseket, amelyek az egyedek egymáshoz képesti viszonyát határozzák meg (kompetíció, árnyékolás, stb.). Természetesen ezek az összefüggések hivatottak leírni a szorosabb faterméstani összefüggéseket is, amelyek az adott állomány élete során érvényesülnek.



**10. ábra: LIGNUM árnyékolás modellek: hajtások egymásközi árnyékolása, faegyedek egymásközi árnyékolása „voxel”-ek segítségével (volumetric pixel) (MÄKELÄ 2007)**

Az ilyen modelleket sokféle szempont szerint csoportosíthatjuk. Két nagy csoportja a modelleknek a távolság független és a távolságfüggő modellek rendszere. Az erdőnevelési eljárások modellezéséhez konkrét mintaterületeken ez utóbbi – az egyes fán alapuló távolságfüggő növekedési modellek – alkalmas. Összehasonlítva a két alapvetően különböző modell típust, (ACROBAS szimuláció; átlagfa modell – MTM, eloszlás modell – DBM és térbeli eloszlásában meghatározott modell – SEM segítségével) kimutatható, hogy a törzsek csoportosulása erősen eltér az egyes modellekben (jellegükből adódóan). A mortalitás nem teljesen véletlenszerű a SEM modellekben – a Poisson eloszlás nem vezethető végig a teljes szimuláción –, de az összfatérfogat a többihez képest magasabb értéket mutat; a sűrűség és az átlagmagasság megközelítőleg azonos mindhárom típusban (KOKKILA - MÄKELÄ - FRANC 2006).

A fentiekben tárgyalt csoportosításokon túl fontos tényező az input adatok részletessége. Az FVS (Forest Vegetation Model) modell input adatrendszere meglehetősen részletességet kíván, amíg a Sibyla Suit saját „térinformatikai” rendszerén és állományszerkezet generáló

algoritmusán keresztül jelentősen egyszerűsíti a kiindulási adatok bevitelét mindamellet, hogy az output adathalmaz kellő felbontásban jeleníti meg az általunk beállított erdőnevelési modell szerint lefuttatott szimuláció eredményét.

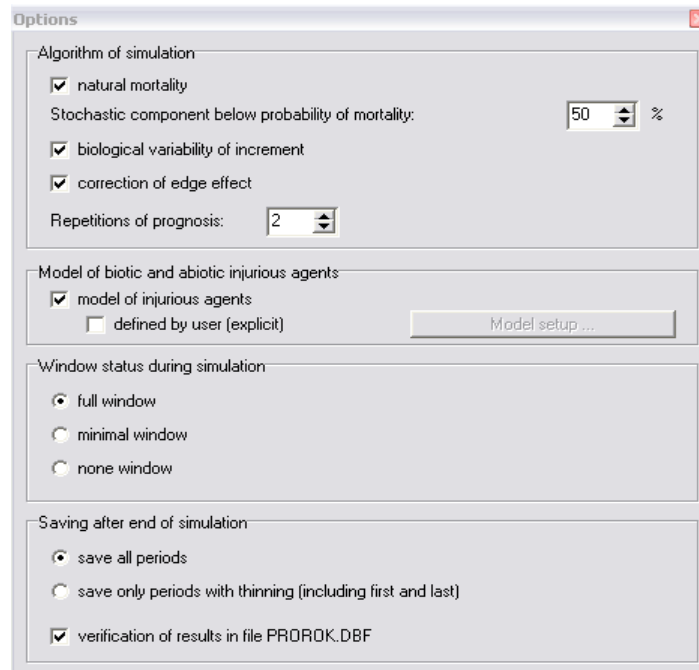
Részletesebb modell az EFIMOD (Dynamic Model of the „Mixed Stand/Soil” System in European Boreal Forests), amely az erdei fenyő, a lucfenyő és nyír elegyes állományainak növekedését modellezi. Az EFIMOD SOMM almodellje segítségével az egyesfa modell futtatása mellett képet ad a talaj szerves anyagainak mineralizációjáról (MICHAILOV 2007). Hasonló ökoszisztéma modellek még a TRIPLEX, FORMOD, WISE, FOREST, LLEMS, NED-FVS, amelyek keretmodellek, illetve már létező modellekre épülő algoritmusok (MICHAILOV 2007).

Fontos csoportosítási kérdés, hogy az adott rendszer milyen érzékenységgel képes az adott erdőnevelési eljárást parametrizálni, azaz a különböző nevelővágások végrehajtásának lehetséges formái közül milyen lehetőségek szerint választhatjuk ki a számunkra megfelelőt.

Az erdő fejlődésének különböző szakaszaiban a modellezési eljárások eltérőek. A jelenleg elérhető modellek főleg a fiatalos-sűrűségi kortól képesek jó közelítéssel modellezni az erdőnevelési folyamatokat. Az összetettebb rendszerek (Sibyla Suit) fejlesztése már megcélolta a gazdálkodás központú, egyes fa alapú modellezési rendszerekbe integrálható felújítási almodelleket, azonban ezek még nem elérhetőek. A jelzett faállomány életfázisokban végezhető erdőnevelési eljárások azonban jó közelítéssel modellezhetőek. Ilyen erdőnevelési módszerek a kiválasztás (pozitív és negatív szelekció) és a nevelés (elegyarány szabályozás, állományszerkezet kialakítás) (KOLOSZÁR 2002). Gyakorlatilag modellezhető a vágások két szélsőséges módja közötti vertikum: a tarvágástól a csupán egy-egy fa kitermeléséig terjedő használatig (ROTH 1935). Sokszor ezek a fahasználatok az erdő felújítását célozzák, azonban a modellek többsége nem rendelkezik a felújítást leíró algoritmussal. Ezek a modellek – mint egyszerűsített folyamatmodellek – nem kezelik az olyan problémákat, mint az ápolás (védelem), cserjeszint kezelése, erdőszegély kialakítása vagy a törzsmínőség javítását célzó nyésés.

Vannak olyan parametrizálható modellalkotó elemek, amelyek csak egyik, vagy másik rendszerben találhatók meg, mint például a törzsmínőség definiálása (lásd Sibyla), az eredet (mag, sarj), vagy az elegyedés módjának meghatározása (Sibyla). Ezek olyan funkciók, amelyekkel az adott modellt célproblémák megoldásához használhatjuk (konkrét mintaterületek különböző kezelésével létrehozott scenárióinak meghatározása).

Fontos, és nem elhanyagolható problémakör a különböző mortalitási ráták, illetve biotikus és abiotikus károsítások modellbe illesztésének lehetősége (Sibyla Suit Biotic and Abiotic Injurious Agent), amelyek alapvetően tapasztalati úton képzett leíró függvények vezérelte algoritmusok.



11. ábra: A Sibyla Suit Prophecier szimuláció beállítási panelje

A SILVA szimulátor növekedési koncepciója egy adatfeldolgozó számítógépes szoftveren alapszik, amely az állományt egyedi fák összességéként kezeli, amelyek között interakciók vannak egy tér-időbeli dinamikus rendszerben. Az egyes fák növekedését a termőhelyi paraméterek mellett az adott fa szociális helyzete határozza meg, amelyet a korona mérete is befolyásol. Ez az alapja a növekedés szimulálásának, azaz a növekedés mértékét a kompetíció befolyásolja.

A CAPSIS (Computer-Aided Projection for Strategies In Silviculture) egy általános erdőszimulációs platform, amelyet 1994. óta fejleszt Dreyfus és Bonnet. A platform létrehozásának célja, hogy elősegítsék a modellek fejlesztését, megosszák a különböző eszközöket és eljárásokat, összehasonlítsák a különböző eredményeket, modelleket és azokat az erdőgazdálkodók számára hozzáférhetővé tegyék, és oktatható anyagot hozzanak létre (COLIGNY ET AL. 2002). A Capsis4 egy meglehetősen általános rendszer, amely sokféle modellt integrál: állomány modelleket, távolság független és térbeli elhelyezkedéstől függő fa

modellek, faanyag minőségi modellek, magszóródást vizsgáló modellek, stb. Erdőgazdálkodói eszközökkel ellátva képes a modell a különböző erdőművelési scénáriók összehasonlítására.

A nyílt, szabad platform másik előnye sok erdőszimulációs növekedési modellel szemben, hogy egységes adatbázis struktúrával rendelkezik, valamint az egyes modellek nem egymástól elkülönülve fejlődtek, így azok alkalmazása egyszerűbb, mint az egyedi fejlesztésű modellek esetében. A CAPSIS egyik távolság-független egyedi fa modellje – PNN – *Pinus nigra nigricans* fafajra lett kidolgozva Franciaországban, és Magyarországon. A modell gyérítési algoritmusai célmenyiségek segítségével (N, G, V) végzi a gyérítést.

Az FVS Modell (keretmodell) egy egyedi fa alapú, távolság független növekedési és fatermési modell (DIXON 2002), amely az Egyesült Államok különböző geográfiai területeire kalibrált „variációkkal” rendelkezik. Az FVS a különböző erdőművelési eljárásoknak viszonylag széles skáláját képes szimulálni a legfontosabb erdei fajokra, erdőtípusokra és állománykondíciókra (URL4). Eredetileg Prognosis modellként futott (1973), amely elsősorban Észak-Idahora és Nyugat-Montanára lett kidolgozva, majd az 1980-as években vált Forest Vegetation Simulator névvel keretmodellé (FVS), amely az USDA Forest Service által támogatva lett a nemzeti standard az erdőnövekedési és fatermési modellezésben.

Jelenleg a rendszert a Colorado államban a Forest Management Service Center (FMSC) fejleszti, működteti és oktatja.

Az FVS modell különböző egységei együtt teszik lehetővé a növekedés és erdőgazdálkodási tevékenységek szimulálását. Három fő növekedési modellel rendelkezik a rendszer:

- „nagy”fa modell,
- „kis” fa modell,
- alapmodell.

Egy állomány modellezésekor az egyes fák közötti interakciókat vizsgálja a modell. Az ehhez szükséges kiindulási állománystruktúrát az erdőleltárok, illetve a különböző állományvizsgálatok adatai biztosítják. Az input adatok között az úgynevezett kulcsszavakkal tudja a felhasználó változtatni a különböző erdőgazdálkodási scénáriók modellezését.

A szimuláció alatt a modell számol a különböző rovarkárosítókkal és betegségek okozó faktorokkal, valamint a felújítással is, amennyiben a modellezni kívánt ciklus azt megköveteli.

HARKÖNEN ET AL. (2010) különböző növekedés szimulátorokat teszteltek (SILVA, SIBYLA, MONSU, Canadian Woodstock Simulator, MELA), a finn nemzeti erdőleltár állandó mintavételi helyeinek adatainak felhasználásával. Arra az eredményre jutottak, hogy a szimulációs algoritmusok megközelítően jó eredményt adnak a mellmagassági átmérő és a famagasság fejlődésére, azonban a körlapösszeg és a fatérfgogat becslése esetében gyengébb pontosság érhető el. Az állomány modellek a körlapösszeg és az átmérő növekedés becslésében nagyobb pontosságot eredményeztek, mint az egyesfa modellek, ahol is utóbbiak a fatérfgogat és állománysűrűség esetében eredményeztek kielégítő adatokat.

A klímaváltozás az elmúlt évtizedekben kiemelkedő fontosságú terület. Ennek megfelelően előtérbe került a klímaérzékeny növekedési modellek fejlesztése is. ALBERT és SCHMIDT (2010) a lucfenyő és a bükk termőhelyi produktivitásának kapcsolatait modellezte. Kutatásuk célja a termőhelyi produktivitás előrejelzése a változó klíma adta feltételek között a jelzett fajok esetében.

A klíma változásának hatását az összfatermésre éppoly lényeges ismerni, mint a tápanyagforrások allokációját az állományokban, a faegyedeknél. PRETZSCH és METTE (2008) a lucfenyő és a bükk németországi hosszúlejárátú kísérleti területeinek alapján vizsgálta az összefüggést az öngyérülés és a levél biomassza között. Az 1870-ben létesített kísérleti terület emberi beavatkozások hiányában alkalmas ezen összefüggés feltárására, amely releváns a fajspecifikus kompetíció leírásában (ZEIDE 1987), valamint segítséget nyújt az állománydinamika modellezésében (OLIVER és LARSON 1990, PRETZSCH 2002), az állománysűrűség szabályozásában (BÉGIN ET AL. 2001) és segít az egyed szintjétől az állományig, illetve az erdőállomány szintjéig történő arányosításban (ENQUIST ET AL. 1998). 1%-os átlagos átmérő növekedés 1,84 illetve 2,18% levél biomassza növekedést eredményez, mialatt a törzszám pusztán rendre 1,74 illetve 1,79%-al csökken e két faj esetében. A bükk faj esetében különösen jellemző, hogy több faegyed képes életben maradni az állományban a lombkoronák növekedése mellett, mint ami a levél biomassza növekedés alapján várható.

A triviális növekedést befolyásoló tényezők mellett (termőhelyi adottságok, növtér, stb.) a szakirodalomban néhány érdekes összefüggést is találunk az egyes fák növekedésének modellezésében. RÖTZER ET AL. (2004) a rügyfakadás időpontja és a faegyedek növekedése közötti összefüggést modellezte bükk, kocsánytalan tölgy valamint a lucfenyő és erdeifenyő fajokra a napi maximum hőmérséklet függvényében. Az éves növekedés modellezésében a fenológiai fázisok időpontjának megállapításának fontos szerepe van (KUCCHAR 1989, MAIER 1997, KRAMER ET AL. 1996, GROTE 2003 – erdőállományok esetében). Egyes erdőkben a

fajok közötti versengés változik, ha a fenológiai viselkedésük különböző mértékben érzékeny a környezeti tényezőkre. Ez részben a középtávú szimulációk esetében érdekes. Ilyenfomában a versengés, mint növekedést befolyásoló tényező klímaérzékeny is egyben.

### 3.5. Faegyedek együttélése – az erdei ökoszisztéma faegyedeinek fejlődése

A multifunkcionális erdő magában hordozza az erdei erőforrások védelmét, az erdei ökoszisztéma védelmét és vitalitását, a faanyag-termelést (és más erdei melléktermék termelését), a biológiai diverzitást, valamint a védelmi és szociális funkciókat is (PRETZSCH 2005). A ma kérdése, hogy a biodiverzitás milyen összefüggésben van a fatermással? PRETZSCH fordításában HARTIG a következőket fogalmazta meg: *„a lombhullató és örökzöld fajok elegyítése nem előnyös, mivel az örökzöld fák általában alátelepülnek a lombhullató egyedeknek és ezzel akadályoztatva lesznek növekedésükben, ezért ilyen elegyetek céllal ne telepítsünk!”*. Hartig ajánlása szerint ezeket az erdőket elegyetlen erdőkké szükséges átalakítani. Szintén PRETZSCH fordításában olvashatjuk, hogy COTTA ezzel szemben azt mondja, hogy az elegyes állományok szélességi állékonysága, rovarkár elleni védettsége, növekedése és fatermése jobb, mint az elegyetlen állományoké. PRETZSCH (2005) a hosszúléjártú kísérleteket vizsgálva a következőkre jutott: az elegyhatás jelentős mértékben függ a fafajösszetételtől, a termőhelytől, az erdőnevelési eljárásoktól és további „kockázati” tényezőktől. Az elegyetlen állományokkal ellentétben az erőforrás felhasználása akár 30%-al is jobban elősegíthető korai és kései szukcessziós fafajok kombinációjával, ontogenetikusan korai, illetve kései kulminációjú fafajok elegyítésével, fényigényes illetve árnytűrő fafajok elegyítésével. Ahol az ökológiai niche és a növekedési karakterisztika azonos, ott a fafajok ugyanazon erőforrásért versengenek mind a koronaszintben, mind pedig a gyökérszintben. Ennek megfelelően az együttes hatás negatív lesz, akár 30%-os produktivitás csökkenés is kimutatható.

A bükk és a lucfenyő állományait vizsgálta PRETZSCH és SCHÜTZ (2008). A pre-alpin régióban e két faj földfeletti biomasszája elegyetlen állományaiban közel azonos. Az elegyhatást vizsgálva 37 db, széles spektrumban változó termőhelyi és változó elegyességű állomány adatait elemezve arra az eredményre jutottak, hogy a két faj együttesen akár 59%-al nagyobb földfeletti biomassza produktumot állít elő, mint a hasonló termőhelyi feltételek közötti elegyetlen állományok.

E néhány példából látható, hogy az elegyetlen, illetve elegyes állományok vélt, vagy valós többletproduktuma számos konkrét tényezőtől függ, mint a termőhely, a fafajösszetétel és az erdőnevelési mód, valamint a klímahatás.

Hazánkban az Erdészeti Tudományos Intézet folytatott vizsgálatokat annak kiderítésére, hogy az elegyetlen, egykorú faállományok összfatermése befolyásolható-e pusztán erdőnevelési eljárások sorával.

A faterméstani kutatások iránya több vonalon indult el. Az egyik a hagyományos, ültetési hálózat kísérletek elegyetlen illetve elegyes állományok hosszúlejárátú kísérletei (ültetési hálózati kísérletek).

A külföldi szakirodalomban sokhelyen találkozunk hosszúlejárátú kísérletei eredmények közlésével. PRETZSCH (2006) a németországi hosszúlejárátú kísérletek adataival foglalkozik, ahol is a 120 éves megfigyelési időszak adatait használja fel egykorú bükk, lucfenyő, erdeifenyő és kocsánytalan tölgy állományokból, többek között a természetes öngyérülési folyamatok vizsgálatára. Természetesen a jelzett állományok mindegyike kezeletlen faállomány, így az öngyérülésnek pusztán állományszerkezeti és termőhelyi okai lehetségesek (a biotikus és abiotikus károkat leszámítva). PRETZSCH felülvizsgálta REINEKE (1933) empirikus úton meghatározott valamint YODA (1963) euklideszi geometrián alapuló öngyérülési szabályát, továbbá WEST, BROWN és ENQUIST (1997, 1999) alapfeltevését a fraktál arányossági szabályról. A fafajok szempontjából azok az állománysűrűségi algoritmusok, amelyek általánosított allometrikus összefüggéseken alapulnak, nem megfelelőek. Megállapítást nyert, hogy a jelenleg használatos állománysűrűségi diagramok, amelyek átlagos értékeken alapulnak, és az öngyérülési határt, mint felső küszöböt alkalmazzák, nem optimális gyérítési irányt eredményeznek. Az allometria és a rendelkezésre álló tér felosztásának sajátossága nagy jelentőséggel bír a fafajok versengésének megállapításánál, elegyetlen és elegyes állományok esetében egyaránt (BAZZAZ és GRACE 1997).

Az ültetési hálózati kísérletek egész sorát ismerteti KONDORNÉ (2007), amelyben kitér a hazai fenyő, illetve lombos fajok hálózati kísérleteinek eredményeire. A leírás tartalmaz többek között simafenyő (HARKAI - PÁLL 1986), zöld duglász, jegenyefenyő, lucfenyő, vörösfenyő, vörös tölgy, bükk (FELHÁZI 2002) fafajokra vonatkozó mérési eredményeket és értékeléseket. A kísérleti leírások összefoglalójában kitér az egyes kísérleti területek hektáronkénti fatérfogat szerinti összehasonlításaira.



Ebbe a kísérleti sorozatba tartozik a klímájában jelen disszertáció témáját adó mintaterületekéhez hasonló, Sopron községhatárban található fafajösszehasonlító kísérlet, amelynek eredményeiről KONDORNÉ SZ. - HORVÁTH (2007) számol be.

Az ültetési hálózati kísérletek egyik, Magyarországon a közelmúltig még nem alkalmazott formája az úgynevezett Nelder-kísérlet (ld. később). Ennek a speciális kísérleti elrendezésnek a lehetőségeivel foglalkozik MARK (1983). A Nelder-kísérlet a szisztematikus ültetési hálózati kísérletek sorába tartozik, amelynek szülőatyja John Nelder statisztikus, aki 1962-ben publikálta ezt a fajta kísérleti elrendezést. Az első ilyen hazai kísérlet kezdeti eredményeivel foglalkozik BALI ET AL. (2010).

A külföldi kutatásokban már a kezdetektől ismert ez a fajta elrendezés. 1966-ban Írországból (Ballyhoura) és Oregonban létesített ilyen jellegű kísérlet eredményeit ismerteti REDMOND - GALLAGHER - MAC SIÚRTÁIN (2005). Duglászfenyő (Oregon), szitka luc és erdeifenyő fafajokból létesített kísérleti területek, amelyek közül az 1966-ban telepített parcella érte el a vágáskort. A kísérletben a növétér  $24,5 \text{ m}^2$ -től  $1,8 \text{ m}^2$ -ig változik, (405-től 5560 törzs/ha-ig). A faegyedek magassága a legnagyobb növétértől a legkisebb növétérig  $23,2 \text{ m}$ -től  $13,4 \text{ m}$ -ig csökkent, a mellmagassági átmérő  $37,8 \text{ cm}$ -től növétér arányosan  $13,4 \text{ cm}$ -re változott.

### 3.6. A versengés

A kísérleti eredmények értékeléséből felállított faterméstani modellek (egyed alapú és más növekedési modellek) felbontása egyre inkább szükségessé teszi a fafajok közötti, illetve a fafajon belüli versengések vizsgálatát. Ez a témakör a természetközeli erdőgazdálkodási módok megjelenése mellett és az elegyetlen, vegyes korú állományok üzemszerű nevelése mellett különösen aktuális.

A fentiekből látható, hogy az egyes fák növekedését befolyásoló tényezők modellbe illesztése sokrétű feladat. Az összefüggések jelentős része nem ismert. Ezen témába tartozik az egyes faegyedek közötti versengés (kompetíció), és az ezt befolyásoló tényezők. Különösen fontos a versengési feltételek ismerete a vegyes korú, elegyetlen állományokban.

A kompetíciónak számos bemeneti paraméterét lehet vizsgálni: faegyedek különböző méretei, genetikai adottságok, termőhely, fény, stb. Megkülönböztetünk fajok közötti, illetve fajon belüli versengést.

Versengés alatt értjük a más szervezet számára is fontos környezeti tényező (alapvetően tápanyagforrás) elvonását, illetve hasznosítását. Fás növények esetében ezt általában a növtérrel, annak nagyságával fejezzük ki, amely arányosítható a faegyed dimenzióival (mellmagassági átmérő, famagasság, koronaméret, stb).

Azt, hogy a különböző méretváltozásokból, a termőhelyi potenciál kihasználásából, a különböző környezeti feltételek mellett milyen modellek szerint következettünk a versengés tényére, a vonatkozó szakirodalomban számos publikáció mutatja be.

A szimulációs modellekbe illeszthető összefüggések kutatásával nem csak a kontinentális égöv erdeiben foglalkoznak a kutatók, hanem a trópusi erdők dinamikájának megértésében is jelentős előrelépés látható. GREGOIRE (2004) gyűjtése szerint a növényi (fás) életközösségek versengésével foglalkozó bibliográfia a témában több, mint 60 jelentősebb publikációt foglal magába az 1950-es évektől egészen 2003-ig.

A víz (tápanyag) és a fény két olyan erőforrás, amelyekért a versengés folyik. Ezek közül jellemzően könnyebben parametrizálható és mérhető a fényért folyó küzdelem. Ez a küzdelem/versengés mikro-állományszerkezeti elemeken keresztül vizsgálható (lombkoronaméret, lombfejlődés, stb).

Az elegyes, vegyes korú erdők felújulásának záloga az alsóbb lombkoronaszintek viselkedése a fényért való küzdelemben. DUCHESNEAU ET AL. (2001) balzsamfenyő újulat két magassági osztályában vizsgálta a fényért való versengést a növekedés és a korona morfológiájának változásával összefüggésben. Korábbi tanulmányok is készültek, mint HELLMERS (1964), LOGAN (1969), CANHAM (1988), KLINKA ET AL. (1992), LORD ET AL. (1993), PACALA ET AL. (1994), WANG ET AL. (1994), CHEN ET AL. (1996) WILLIAMS ET AL. (1999), amelyek különböző fafajok esetében vizsgálták a fényellátottság hatását az erdei aljnövényzet (újulati szint) növekedésére és korona fejlődésére. Általánosságban elmondható, hogy az árnytűrő fenyőfélék korona formája a kúpostól az ellaposodóig változik a fény mennyiség függvényében. Ez a tányér- illetve esernyő forma a csúcshajtás és a korona hosszirányú fejlődésének visszaesését eredményezi (KOHYAMA 1980, PARENT AND MEISSER 1995). A vizsgálatban a kompetíció kifejezésére az egyedek közötti átlagos távolság, illetve a korona borítottság százalékos aránya szolgált, amely a vizsgált egyed 1,13 m sugarú körében quadránsokként került összegzésre, majd növekedésüket a fák tenyészidőszak végi kitermelését követően laboratóriumi vizsgálatban határozták meg. A vizsgálat kimutatta, hogy nem volt kapcsolat a teljes magasság, a kompetíciós index és százalékos fotoszintetikus foton áramlás denzitása között, az átmérő növekedése viszont arányos a fotoszintetikusan aktív

foton áramlással, illetve az átmérővel. Mind a relatív átmérő növekedés, mind pedig a relatív magassági növekedés arányos az elérhető fotoaktív fény mennyiséggel. A fajon belüli versengés a fényért csak ott volt hatással a faegyedek növekedésére, ahol a rendelkezésre álló fény mennyiség legalább 25%-a a fotoszintetikusán aktív összes fénynek, azaz ezen határ alatt a fény kontrollfaktor (KLINKA ET AL. 1992) a növekedés szempontjából, e felett viszont az intraspecifikus kompetíció a domináns.

### 3.7. A kompetíció vizsgálata

A kompetíció vizsgálatára alapvetően két lehetőség nyílik:

- előre tervezett, kifejezetten a vizsgálat céljaira kialakított kísérleti parcellák segítségével, illetve
- meglévő erdőrészetek kijelölt egyedeinek vizsgálata alapján.

A szakirodalom mindkettőre hoz számos példát (ld. Gregorie bibliográfiája), amelyeket összegezve VANCLAY (2006b) az egyes kísérleti elrendezéseket különböző szempontok szerint értékeli. A vizsgált kísérleti elrendezések mindegyike a kompetíciós indexeket kívánja felhasználni az inter- illetve intraspecifikus kompetíció számszerűsítéséhez. Ezek a kísérletek széles körben használatosak az erdészeti kutatások területén az egyes állományok értékelésére, annak ellenére, hogy mindegyik hosszúlejárátú kísérlet (CONNOLLY 1986, SNAYDON 1991, JOLLIFFE 2000, PARK ET AL. 2003).

A kísérlettervezésekor figyelembe kell venni a véletlen faktort, vagy annak kiküszöbölésének szükségességét, hogy a kívánt eredmény elérésének érdekében a megfelelő elrendezést válasszuk. A véletlenszerű elrendezés nagy elővigyázatosságot igényel a tervezési szakaszban, (GREENBERG 1951), de nem minden esetben kívánatos akkor, ha az egyedek közötti interakciókat szeretnénk vizsgálni.

Négy széles körben használt kísérleti elrendezés (páros, felcserélési vagy helyettesítési, additív sorok illetve a reakció-felület (CONNOLLY ET AL. 2001a b, INOUE 2001, PARK ET AL. 2003) alkalmas a faj-elegyek vizsgálatára, amelyek közül a helyettesítési sorok alkalmazása elterjedt az erdészeti tudomány területén. Ezen utóbbiak általában két fafaj elegyéből állnak, különböző arányban (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 és 0:100% (FORRESTER ET AL. 2006)) - mindenütt konstans állomány sűrűség mellett (DE WIT 1960, JOLLIFFE 2000). Hátránya, hogy a becsült együtthatók az állománysűrűségtől függenek (INOUE és SCHAFFER 1981, CONNOLLY

1986). Ennek oka a méret befolyásoló hatás és az inter- és intraspecifikus versengés kizárásának nehézsége (GIBSON ET AL. 1999, CONNOLLY ET AL. 2001b, KIKVIDZE 2005, FIRBANK ÉS WATKINSON 1985, SNYADON 1991). Nyilvánvalóan nincs optimális elrendezés a kompetíció vizsgálatára, mivel a célok és a vizsgálatok tárgya esetről esetre változik (VANCLY 2006b), azonban a regressziós technika eszközt számos tanulmány alkalmazza a növényi versengés vizsgálatában (FRECKLETON AND WATKINSON 2000, 2001).

A különböző felcserélési sorozatok (replacement series) széles körben alkalmazott eszköze az erdészeti kutatásoknak az elegyes faállományok értékelésére, vizsgálatára annak ellenére, hogy ezek is a hosszúlejárati kísérletek közé tartoznak.

### **3.8. Az első hazai Nelder-kísérlet**

2009. őszén a Nyugat-magyarországi Egyetem és a Technische Universität München az AUDI Hungaria Motor Kft. támogatásával Prof. Dr. Pretsch számításai alapján létesítettem Magyarországon az első Nelder-kísérletet (Nelder kerék), amelynek hosszútávú célja a szénmegkötés mennyiségi vizsgálata. Ez a kísérleti elrendezés nem pusztán a szénmegkötés vizsgálatára alkalmas, hanem az egyik leggazdaságosabb módszer a fajon belüli versengés kimutatására. A módszer lényege, hogy az egyes faegyedeket koncentrikus körök sugaraira ültetjük olyan módon, hogy az egyes körök sugarai közötti különbségek nem lineárisak. Ilyen módon az egy faegyedre jutó növtér (mint a kompetíció vizsgálatának egyik eleme) adott körön egyenlő, és a sugarakon kifelé haladva a kör közepétől fokozatosan növekszik. Jelen beállított kísérletben kocsánytalan tölgy, illetve kocsányos tölgy faegyedek kerültek be az egyes kísérleti területekre, elegyetlen, egykorú, közel azonos csemeteméretű faegyedek telepítésével.

A kísérlet jelenleg a kiindulási stádiumban van, megtörténtek az első vegetációs időszak növekedésének felvételei. A továbbiakban várhatóan 5 éves visszatéréssel kerül sor a további felvételezésekre, amelyek kiterjednek a törzsméretre illetve a koronaméretre rögzítésére is. Mindezek segítségével megfelelő pontosságú növekedési függvények képezhetők.

### **3.9. Kompetíciós indexek**

A kompetíciós indexekkel, illetve az egyes fák állománybeli elhelyezkedéséből adódó növekedésbeli különbségével a külföldi irodalom kiterjedt része foglalkozik – mind a trópusi

erdők mind pedig a kontinentális erdők viszonyában. A növekedés és a különböző ható tényezők természetesen modellrendszerben vizsgálandók.

A versengés (kompetíció) alapvető ökológiai folyamat, amely vezérli a populáció dinamikát, a túlélést, a növekedést és a fajok (fafajok) együttélését. Ezért a kompetíció megértése elengedhetetlen az állománystruktúra kialakulás folyamatának előrejelzéséhez, mi több, a kompetíció megértése az erdőrendezési (management) gyakorlatban is fontos szerepet játszik (GRAY - HE 2009).

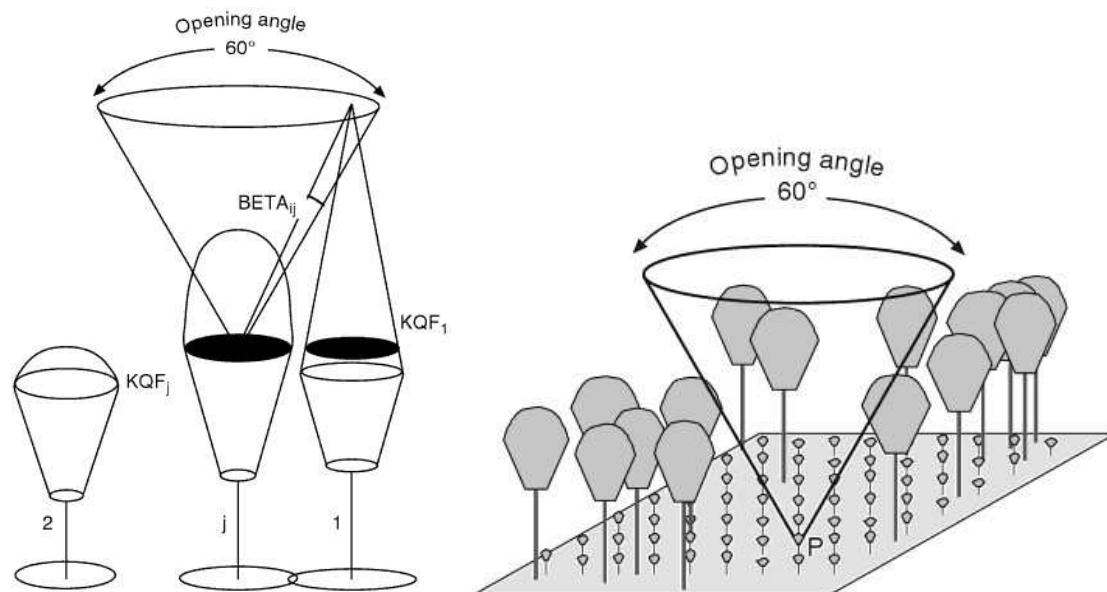
A nem uniformizált modell szemléletű megközelítésben az erdőt/faállományt tekinthetjük az egyes fák mozaikszerű „elegynek”. Ha az állományt felbontjuk faegyedekre és a közöttük létrejövő interakciók dinamikus térbeli és időbeli rendszerére, akkor lehetőségünk adódik jobban megérteni az állományszerkezet kialakulását befolyásoló tényezők pontos hatásait is (PRETZSCH 2009).

A kompetíciós indexeket alapvetően két csoportba soroljuk attól függően, hogy kiszámításukkor felhasználjuk-e az adott fára vonatkozólag a szomszédos törzsektől való távolságát, vagy sem. Ennek megfelelően a két csoport a következő (PRETZSCH 2009):

- pozíciótól függő indexek (távolságfüggő),
- pozíciótól független indexek (távolságfüggetlen).

A különböző indexek számos állományra jellemző paramétert használnak, mint például a faj, mellmagassági átmérő, famagasság, koronaméret, az egyed szociális helyzete, stb. Röviden, nagyon leegyszerűsítve mondhatnánk azt is, hogy az állomány nem más, mint a faegyedek összessége és az azok közötti interakciók (PRETZSCH 2009).

A pozíciótól függő indexek kiszámításánál fontos lépés, hogy meghatározzuk az adott fa kompetítor fáit, majd ezt követheti a kompetíció erősségének kiszámítása – a szomszédos fák segítségével. Például a KKL index (PRETZSCH 1995, BACHMANN 1998) kiszámításakor egy úgynevezett „kereső” kúpot állítunk 60°-os csúcshögtelével a vizsgált fa magasságának 60%-ban csúccsal lefelé. Amint a kúp fölfelé nyílik, úgy a közelben álló – kompetítor – fák koronáját a kúp palástja metszi. Legyen  $BETA_{ij}$  a kúp alkotója és a szomszédos fa csúcsát a kúp csúcsával összekötő egyenes által bezárt szög. A két fa közötti kompetíció ezen szög nagyságával összefüggésben van.



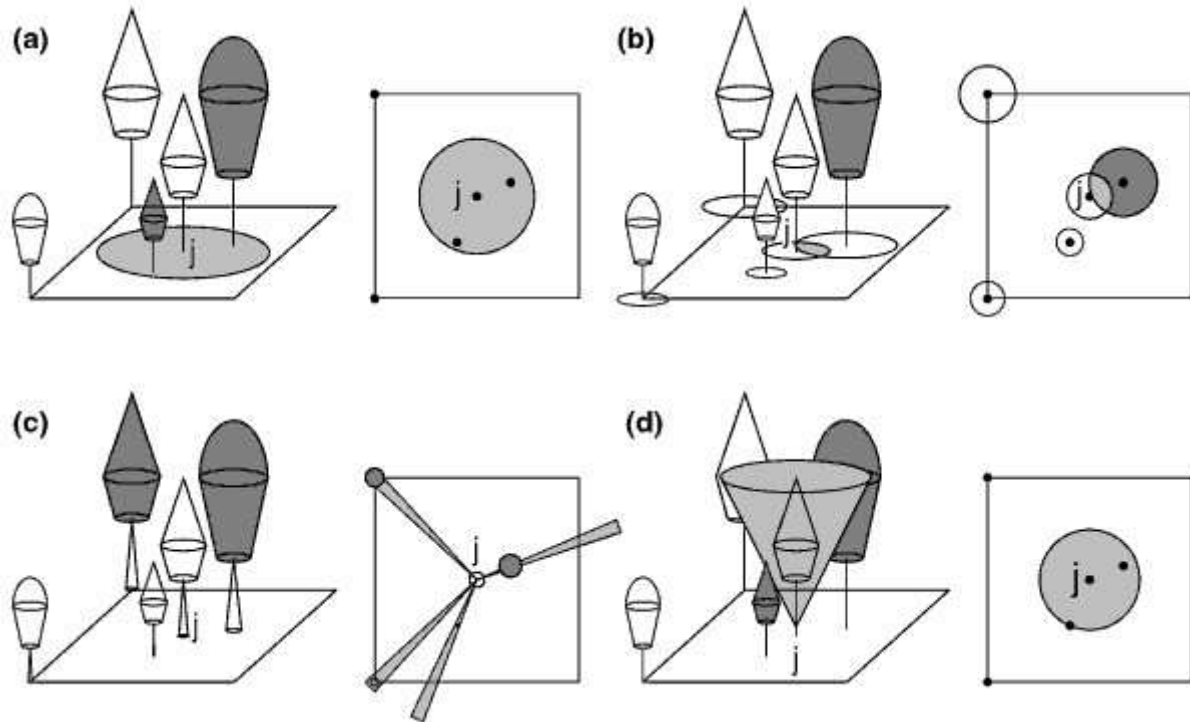
12. ábra: A kompetitív hatást kifejtő egyedek meghatározása (PRETZSCH 2009)

$$KKL_{ij} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n BETA_{ij} \cdot \frac{KQF_i}{KQF_j}$$

$$BETA_{ij} = \frac{n}{180} \cdot \beta_{ij}$$

A kompetitor fák meghatározását különböző módszerekkel végezhetjük el:

- fix sugárral,
- korona átfedések vizsgálata alapján,
- szögszámlálás alapján (horizontális szögszámlálás),
- kúp metódussal (vertikális szögszámlálás).



13. ábra: A kompetitor fák kiválasztásának módszerei – a) adott körsugáron belül b) növtérátfedéssel c) szögszámláló mintavétellel d) kúpnyílásszög segítségével (PRETZSCH 2009)

A HEGYI (1974) index esetében a fix sugarú módszer szerint járunk el, ahol is  $R=3,048$  m. A DCI indexet a következő képlettel kalkulálhatjuk  $j$  fára:

$$DCI_j = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n \left( \frac{d_i}{d_j} \cdot \frac{1}{dist_{ij}} \right)$$

Az index sajátossága, hogy csak a jelen állapot leírására alkalmas, hosszúlejárátú kísérletek esetében nem használható. Érdekes azonban vizsgálni időben a DCI index változását!

A korona átfedések vizsgálatakor azt vizsgáljuk, hogy van-e potenciális koronaméret illetve növtér átfedés (PRETZSCH 2009)

$$dist_{ij} < (cr_i + cr_j),$$

ahol  $cr$  a korona vízszintes sugarát jelenti (az adott irányban). A potenciális koronaméret a következő képlettel számítható ( $a$ ,  $b$  és  $c$  paraméterek):

$$\ln(cr_{pot}) = a + b \cdot \ln(d)$$

Az  $i$  fa kompetítora  $j$ -nek, ha

$$dist_{ij} < (d_i^2 + d_j^2) \cdot mult$$

A kifejezésben a 'mult' szorzótényező értéke 0,0085; 0,0090 illetve 0,0095 lehet. Abban az esetben, ha ez a tényező nő, akkor a keresési sugár is növekszik – azaz több kompetítort számolunk az adott fára.

A szögszámláló módszer esetében a következő kifejezést alkalmazzuk:

$$dist_{ij} < d_i \cdot \frac{50}{\sqrt{ACF}}$$

A kifejezésben az  $ACF$  a szögszámlálás szorzószáma, amely 1, 2 illetve 4 lehet. Ekkor a határszög értéke rendre 1,15°, 1,62° és 2,30°.

A kúp metódus alkalmazásakor  $\beta$  kúp nyílásszög mellett vertikálisan vizsgáljuk a fa tövéből elhelyezett kúp palástja által metszett fákat. Amelyik fa csúcsa beleér a kúpba, az kompetítora  $j$  fának.

$$dist_{ij} < h_i \cdot \tan \alpha^{-1},$$

$$\text{ahol } \alpha = 90^\circ - \frac{\beta}{2}.$$

Nem minden esetben használjuk a fa tövéből elhelyezett kúpot, azaz lehet a kúp csúcsa a fa magasságának 0, 10, 50 illetve 70%-ban.  $\beta$  értéke fafajtól függően  $20^\circ < \beta < 60^\circ$ . A fenti képlet a következő módon változik, ha a kúp csúcsát nem az adott törzs tövéhez helyezzük:

$$dist_{ij} < (h_i - hcb_j) \cdot \tan \alpha^{-1}$$



A kompetíció mértékének meghatározása a konkurens fák ismeretében történhet. A versengés számszerűsítése többféle módon lehetséges.

A korona vetületek átfedésének vizsgálatakor:

$$\beta = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^i \frac{\sigma_{ij}}{cpac_j} \cdot \frac{d_i}{d_j}$$

A kompetítor fák valamely méretének arányán alapuló kompetíció mértékének meghatározására jó példa az ún. ME index, amely minden kompetítor fa mellmagassági átmérőjének összegét arányítja a központi fa mellmagassági átmérőjéhez a következő képlet szerint:

$$ME = \sum_{\substack{i=1 \\ j \neq i}}^n \frac{d_i}{d_j} \cdot e^{-\left[ \frac{16 \cdot dist_{ij}}{d_i + d_j} \right]}$$

A Johann-féle  $A$ -érték az egyes fa növekedésének vizsgálatára különösen alkalmas mutatószám.

$$A_{ij} = \frac{h_j}{E_{ij}} \cdot \frac{d_i}{d_j},$$

ahol  $E_{ij}$  a központi fa és a kompetítor fa közötti távolság. Belátható, hogy az egyenletet átrendezve megadhatunk olyan  $E$  távolságokat, amelyek kontrollszámokként működhetnek a különböző gyéritések iránymutatásainál.

A koronaméretek függvényében kifejezett kompetíció arányokkal adatok hiányában nem foglalkozunk.

### 3.10. A hosszúlejárati kísérletek

#### 3.10.1. Hosszúlejárati kísérletek Magyarországon

A fatermestan feladata a kezdetektől meghatározni az egyes fák és faállományok növekedését, növekedésmenetét, a termőhely-fatermés viszonyát, a különböző befolyásoló tényezőket. A rendkívül sokoldalú feladathoz elődeink felismerték, hogy a szükséges eredményekhez kísérleteket kell beállítani, amelyek hosszú távon biztosítják azokat az

adatokat, amelyekre a munka során szükségünk lesz. 1961-ben (BIRCK ET AL. 1962) az úgynevezett hosszúlejárátú erdőnevelési és faterméstani kísérletek metodikáját a következő szavakkal vezették be: „Az erdőnevelési és fatermési kutatásokban csak hosszú ideig tartó, jól szervezett és megalapozott munkával lehet eredményt elérni. Szükséges, hogy ezek a kutatások egységes alapelvek szerint folyjanak az egész ország területén.”

A kísérleti területek kijelölése sz Erdészeti Tudományos Intézet által Dr. Solymos Rezső irányításával a következő években megtörtént, mintegy 850 ha-on, 2500 db folyamatban lévő kísérleti terület volt 1990-ben (BÉKY ET AL. 1991). A kísérleti területek létesítésekor az erdőnevelési és fatermési kutatások céljaként a következőket határozták meg:

- a nevelővágások optimális időpontjának, erélyének és a visszatérés idejének meghatározása
- a nevelővágások összfatermésre gyakorolt hatásának megállapítása
- faállományok külső és belső szerkezeti tényezőinek vizsgálata
- az egyes fák és faállományok növekedési menetének, fatermésének vizsgálata
- fatérfogat és fatermési táblák szerkesztése (BÉKY ET AL. 1991).

Az erdőnevelési és fatermési hosszúlejárátú kísérleteknek köszönhetően a '70-es évek elejére valamennyi fontosabb fafajunkra országos fatermési tábla készült:

Kocsányos tölgy (mag, sarj): Kiss Rezső - Somogyi Zoltán - Juhász György (1986)

Kocsánytalan tölgy (mag): Béky Albert (1981)

Kocsánytalan tölgy (sarj): Béky Albert (1993)

Vörös tölgy: Birck Oszkár - Sopp László (1974), Rédei Károly (1991)

Cser (mag): Kovács Ferenc (1983)

Cser (sarj): Sopp László (1974), in Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok.

Bükk (mag, sarj): Mendlik Géza (1983)

Gyertyán: Béky Albert (1983)

Akác (sarj, mag): Rédei Károly - Gál János (1985)

Magaskőrös: Kovács Ferenc (1986)

Fekete dió: Palotás Ferenc (1973)

Szelídgesztenye: Bondor Antal (1985)

Nemesnyár: Szodfridt István 1969-ben készített óriásnyár fatermési táblája, Halupa Lajos és Kiss Rezső által 1980-ban publikált nemesnyár fa-termési modell, Magyar János

Nemesnyár fatermési táblája, 1971., Halupa Lajos – Tóth Béla „A nyár termesztése és hasznosítása” (Mezőgazdasági Kiadó, Bp. 1988.)

Fehérnyár, szürkenyár: Rédei Károly (1993), Palotás Ferenc - Szodfridt István (1971)

Fűz: Palotás Ferenc (1969)

Mézgás éger: Adorján József (1974)

Ezüsthárs: Hajdu Gábor (1995)

Nyír: Rumszauer József (1985)

Erdeifenyő: Solymos Rezső (1993)

Feketefenyő: Kovács Ferenc - Veperdi Gábor (1993)

Lucfenyő: Solymos Rezső (1973)

Vörösfenyő: Tuskó László (1974) in Sopp L. Fatömegszámítási táblázatok

Az 1990-es évektől kezdve a hosszúlejárati kísérletek addigi eredményeire alapozva további célokat határoztak meg, amelyek többek között a következők voltak:

- a meglévő kísérleti hálózat fenntartása
- a fatermési táblák fejlesztése
- új fatermési táblák készítése
- az erdőnevelés hatásának vizsgálata
- erdőnevelési modellek fejlesztése
- az egyes fák és faállományok növedékének meghatározása (BÉKY ET AL. 1991).

Ma elmondható, hogy bár a kísérleti parcellák egy részének újbóli felvétele elmaradt, a fent felsorolt feladatok szükségessége mellett további igények merültek fel, amelyek részben a természetközeli erdőgazdálkodási módok hívtak elő.

### ***3.10.2. Hosszúlejárati kísérletek Európában***

A magyar erdőgazdálkodás német nyelvterületi eredetére való tekintettel a teljesség igénye nélkül szükséges megemlíteni a németországi hosszúlejárati kísérleteket is. PRETZSCH (2009) részletes gyűjtést ad közre ezen területek eredményeiről.

Európa északi országai – Finnország, Norvégia, Svédország – a világ legfontosabb fa alapú termék előállító országok közé tartoznak. Ezen okból kifolyólag az erdei ökoszisztémáról gyűjtött információk kiemelten fontosak. 2001-ben megalakult az Északi-

Európai Hosszúlejárati Erdészeti Kísérletek Adatbázisa (NoLTfox – Northern European Database of Long-term Forest Experiments), amelynek már jelenleg a felsorolt országokon kívül az Egyesült Királyság, Észtország, Lettország, Litvánia, Grönland, Dánia és Írország is tagja. Az adatbázis célja, hogy elősegítse az északi és balti országok nemzetközi együttműködését az erdészeti kutatásokban, valamint növelje a kutatások tudományos színvonalát a felesleges új kísérletek duplikálásának elkerülésével (KARLSSON 2008). Az adatbázist létrehozó országok közül álljon itt két példa a hosszúlejárati kísérleti területek mennyiségére vonatkozóan. Nagy-Britanniában az 1920-as évektől kezdődően mintegy 10 500 kísérleti területet létesítettek, amelyek közül 520 hosszúlejárati kísérletként ma is működik (MASON ET AL. 2008). Írország közel 1500 kísérleti terület adataival dolgozik, amelyek eredményeit a NATFOREX projektben egységesítik (CULLINAN és NIEUWENHUIS 2008).

## 4. ANYAG ÉS MÓDSZERTAN

### 4.1. A mintaterületek elhelyezkedése – a terület jellemzése

#### 4.1.1. A Soproni-hegyvidék általános jellemzése

##### Az erdőgazdasági táj földrajzi fekvése

Az Alpok egyik legkeletibb nyúlványa a Soproni-hegység, így e magashegység közelsége természeti szempontból meghatározó. A hegyvidéket északról és keletről az Ikva-patak, délről a Vasi-dombvidék északi nyúlványai határolják, nyugaton a szomszédos Rozália-hegységhez csatlakozik. Nyugat-keleti irányú központi vonulata az Alpok felé haladva fokozatosan emelkedik, amelynek legmagasabb csúcsa Magyarországon a Magasbérc (557 m). A Soproni-hegység alacsony középhegységnek számít, azonban az Alpok közelsége miatt számos magashegységi vonást hordoz. Kristályos palái (gneisz, csillámpala, leukofillit) az Alpok középső részének metamorf kőzeteivel rokonok, klímája (helyenként 700-800 mm éves csapadékösszeg, júliusi csapadékmaximum, 8-8,5°C évi középhőmérséklet) erős szubatlanti hatást mutat.

A Soproni-hegyvidék a 47-es Soproni Hegyvidék erdőgazdasági tájba tartozik. Az ezen belül jelentkező termőhelyi adottságok két tájrészlet kialakítását tették szükségessé:

47/a Brennbergi-medence

47/b Várisi-hegyvidék

A két tájrészlet közötti határt jó megközelítéssel a Kövesárok-Tódl-Ágfalva vonalban jelölhetjük meg (DANSZKY 1963).

##### Geológiai viszonyok

A két tájrészlet között geológiai vonatkozásban jelentős különbség mutatkozik.

A Brennbergi-medence (47/a) a Soproni-hegyvidék nyugati részén húzódik, amelynek alapkőzete túlnyomóan folyami hordalék. Az ősközetet kavicstakaró és különböző üledékek fedik. Az üledékek az új harmadkor miocén időszak tektonikai süllyedés következtében behatolt tengerben keletkeztek, a helvét korú kavicstakaró pedig folyami eredetű és legnagyobb részét durva, alig görgetett anyagból áll, amely sokszor köbméter nagyságú

tömböket is tartalmaz (tömbkavics). A kavicstakaró anyagát legnagyobbbrészt a közeli környék kristályos kőzetei képezik, helyenkénti gránit, porfír, és mészkavics tartalommal. A kavics kötőanyaga többnyire vörösbarna agyag (BOGDÁN ET. AL. 2006).

A keleti oldalon húzódó Várisi-hegyvidéket (47/b) ezzel szemben jellegzetes praperm korú őskőzet, amely csatlakozik a Keleti-Alpok kristályospala vonulatához. Az Alpoktól csak a Brennbergi-medence választja el. Fontosabb kőzetei az ortogneiszek, fillit-szerű csillámpalák, fehér kvarcitok és a leukofillitek. Ezek közül legelterjedtebb a csillámpala, kevésbé gyakori a muszkovit-gneisz, a többi kőzet pedig alárendelt szerepet játszik. A hegység keleti peremén jelentős területeket terasz kavics borít (DANSZKY 1963).

### **Domborzati viszonyok**

A terület középhegység jellegű. A Brennbergi-medence (47/a) tájrészlet domborzati viszonyait a 300-550 m tengerszint feletti magasság jellemzi: Asztalfő (550 m), Magasbérc (557,6 m), Ridegbérc (468,8 m), Havasbérc (463,3 m), Görbehalom (420,3 m), Ligeterdő (435 m), Borsóhegy (399 m), Bögölyhegy (383 m), Felsőtódl (372,8 m). A fő gerincvonal nyugat-kelet irányú, amely mellett a Rák patak szintén ezt az irányt követi. Ebbe a völgybe számos észak-déli irányú mellékvölgy csatlakozik (Ramel-, Hermes-, Vadkan-, Vörös-, Zsilip-árok) így az oldalak túlnyomórészt keleti, illetve nyugati kitétségek.

A Várisi-hegyvidék (47/b) tájrészlet esetében a tengerszint feletti magasság 200-500 m közötti, amelynek jellegzetes pontjai a Muck (517,9 m), Ultra (486,6 m), Várhely (482,9 m), Istenszéke (347,6 m), Károly-magaslat (398 m), Vas-hegy (398,8 m) illetve a Tövissüveg (435 m). A fő gerinc itt is nyugat-kelet irányú, azonban lényegesen tagoltabb. A Tacsi-, Tolvaj-, Kovács-, Iker-árok valamint a Kecsepaták és Kánya-szurdok ebbe a fővölgybe csatlakoznak, így tehát itt is főleg nyugati-keleti kitétségű oldalak a jellemzőek. A tagoltság ebben a tájrészletben élesebb, mint az a Brennbergi-medencére volt jellemző, így a savanyú alapkőzeten kialakult sekély talajok és a mostohább éghajlati viszonyok ebben a tájrészletben jobban éreztetik hatásukat.

### **Éghajlati viszonyok**

Az éghajlat szempontjából a vízellátottság és a hőellátottság a meghatározó. Előbbit a légköri csapadék mennyiségével és eloszlásával, utóbbit pedig a hőmérsékleti viszonyokkal jellemezhetjük (BOGDÁN ET AL. 2006).

Az évi csapadékmennyiség szélső értékeit egész Soproni-hegyvidéken tág határok között ingadozik. Az évi maximális csapadék 1130 mm, a minimális 451 mm volt.

A Brennbergi-medence (47/a) tájrészlet, valamint a Várasi-hegyvidék (47/b) tájrészlet éghajlati viszonyai között jelentős különbség van. Ennek oka a Brennbergi-medence magasabb tengerszint feletti fekvése, valamint a Várasi-hegyvidék peremfekvése.

A Brennbergi-medencében határozott júliusi csapadék maximum mutatható ki, azaz a csapadékeloszlás kifejezetten szubalpin jellegű, míg a pannon-mediterrán jelleg a Várasi-hegyvidéken a júliusi csapadék maximum helyett egy tavaszi és egy őszi maximumnak köszönhető. A jellemző csapadék és hőmérsékleti adatokat az 1. táblázat mutatja:

**1. Táblázat: Éghajlati adatok (DANSZKY 1963)**

<b>Jellemzők</b>	<b>Brennbergi -medence 47/a</b>	<b>Várasi - hegyvidék 47/b</b>
Évi átlagos csapadék	917 mm	737 mm
Tenyészeti időszaki átl.	584 mm	453 mm
Évi középhőmérséklet	8-8,5 °C	9,0 °C
Januári középhőmérséklet	-2,0 °C	-1,5 °C
Júliusi középhőmérséklet	19,0 °C	19,5 °C

Az erdőállományban előforduló klímaviszonyok: bükkös: 33%, gyertyános-tölgyes: 67%. A leggyakoribb szélirány az ÉNY-i (DANSZKY 1963).

### **Hidrológiai viszonyok**

A Soproni-hegyvidék önálló vízgyűjtő terület, amely kis vízfolyásokkal rendelkezik. Északi része a Rák-patak, déli része a Kecse-patak révén csatlakozik az Ikva vízrendszeréhez. Ezek a patakok bő lefolyásúak, nagyon ritkán száradnak ki. Ezek mellett valamennyi hegyoldal alsó részében kisebb-nagyobb mértékben tapasztalható az oldalakról leszivárgó víz hatása. Nehéz meghatározni azt a határt, ahol a szivárgó vízhatást termőhelyi értékét növelő tényező lesz. Az állományok túlnyomó többsége többlet vízhatás alatt áll, és fejlődésükhöz a légköri csapadéokra utaltak (BOGDÁN ET AL. 2006).

Az alapkőzet a tavak kialakulásának nem kedvez, így pusztán csak két mesterségesen létesített tó található a hegyvidéken: a Pisztrángos- (Brennbergi) tó és a Szalamandra-tó.

A hegységben 25 állandó rétegforrás található, foglalásuk többé-kevésbé megfelelő. Természetbarát-forrás, Hármás-forrás, Szent György-forrás, Deákkúti-forrás. Ezekon kívül számos időszakos forrás is megtalálható.

Talajvíz csak a völgylejtőkön és völgytalpakon fordul elő jelentéktelen mennyiségben. A rétegvíz túlnyomóan hasadékvízként fordul elő. A mélyebb rétegek vízzáróak és így vízszegények.

### **Talajviszonyok**

A Soproni-hegyvidék talajképző kőzetén a viszonylag magas évi csapadékmennyiségnek köszönhetően alapvetően savanyú kémhatású barna erdőtalajok alakultak ki. A genetikai talaj típusok közül az erősen savanyú barna erdőtalajok, a podzolos barna erdőtalajok, a pszeudoglejes barna erdőtalajok és az agyagbemosódásos barna erdőtalajok típusai, illetve azok altípusai és az egymás közti átmeneteik találhatóak.

A klímatis tényezők mellett az erózió hatására kisebb területeken előfordulnak vázталajok, a völgyekben és patakok mentén lejtőhordalék-, öntés- és láptalajok is (BOGDÁN ET AL. 2006).

### **Növényföldrajzi viszonyok**

#### **❖ A Soproni-hegyvidék általános növényföldrajzi viszonyai**

A Soproni-hegyvidék teljes egészében a kelet-alpesi (*Noricum*) flóratartomány Sopron-Kőszegi flórajárásába (*Ceticum*) tartozik. Mivel a hegyvidéknek a tőle nyugatra található Keleti-Alpokkal van közettani, földrajzi és éghajlati kapcsolata, így növényzete is ehhez hasonló, noricum fajokban szegényebb. A hegység növényfajai főként az európai elemcsoport tagjai mellett néhány montán, alpin - kárpáti és atlanti - mediterrán fajjal egészül ki.

A Soproni-hegység potenciális vegetációjában jellemzően a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek és a bükkösök nyugat-dunántúli variánsai dominálnak. A geológiai és geomorfológiai adottságoknak megfelelően nagy területen találhatóak mészkerülő tölgyesek,



mészkerülő gyertyános-kocsánytalan tölgyesek és mészkerülő bükkösök, míg a völgyek mélyén, patakok mentén égerligetek húzódnak.

Az Alpok közelsége, illetve vegetációtörténeti okok miatt a terület flórája magashegységi fajokban gazdag.

Növényföldrajzi beosztás tekintetében a hegység hazai területének nyugati része - amely már átmeneti jelleget mutat - a pannon flóratartomány *Praenoricum* flóraidékéhez sorolható.

Jellegzetes potenciális erdőtársulásai a jegenyefenyves lucosok (*Bazzanio-Abietum*), a gyertyánelegyes bükkösök (*Melico-Fagetum*) és a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek (*Quercus petraeae-Carpinetum*). A táj leromlott, vagy természeténél fogva savanyúbb és gyengébb termőhelyein acidofil gyertyános-tölgyesek (*Luzulo-Quercus-Carpinetum*), savanyú tölgyesek (*Luzulo-Quercetum*) és északi kitettségekben acidofil bükkösök (*Luzulo-Fagetum*) a leggyakrabban előforduló társulások. A hegység peremén szelídgesztenyések találhatók.

A patakok mentén illetve a völgyekben égerligeteket (*Carici brizoidi-Alnetum*) találunk.

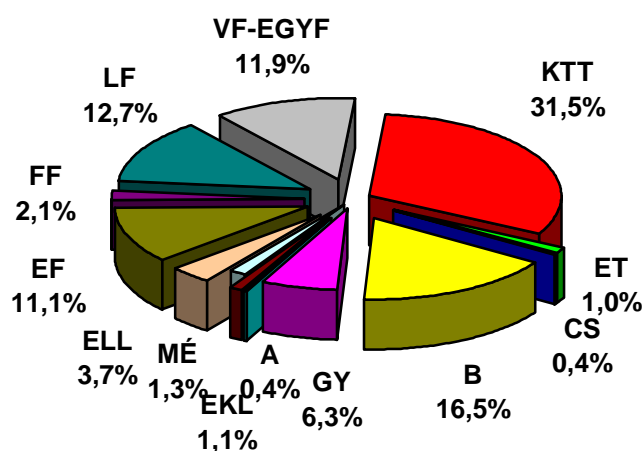
A táj leggyakoribb őshonos lombos fafajai a következők: bükk (*Fagus sylvatica*), kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*), kocsányos tölgy (*Quercus robur*), cser (*Quercus cerris*), gyertyán (*Carpinus betulus*), hegyi juhar (*Acer pseudoplatanus*), korai juhar (*Acer platanoides*), mezei juhar (*Acer campestre*), madárcseresznye (*Cerasus avium*), mezei szil (*Ulmus minor*), hegyi szil (*Ulmus glabra*), mézgás éger (*Alnus glutinosa*), magas kőris (*Fraxinus excelsior*), kislevelű hárs (*Tilia cordata*), nyír (*Betula pendula*), rezgő nyár (*Populus tremula*).

A fenyők közül őshonos az erdeifenyő (*Pinus sylvestris*), azonban állományai ma már jellemzően mesterséges telepítés eredményei. A lucfenyő (*Picea abies*) csak a nyugati országhatár közvetlen közelében (Hidegvíz-völgy, Mészverem, Zsilip-árok), völgyekben, árkokban, és az északra néző oldalakon tekinthető őshonosnak. A jegenyefenyő (*Abies alba*) őshonosságának megítélése nem egyértelmű. A vörösfenyő (*Larix decidua*), sehol sem őshonos a területen. A feketefenyő (*Pinus nigra*) és a duglászfenyő (*Pseudotsuga menziesii*) a hegyvidéken mindenütt telepített.

A kultúrállományok közül is elsősorban a lucosok, valamint az erdeifenyvesek aránya számottevő (TAEG Rt. Soproni Erdészeti Körzeti Erdőterve 2004).

❖ A Soproni-hegyvidék fafajösszetétele

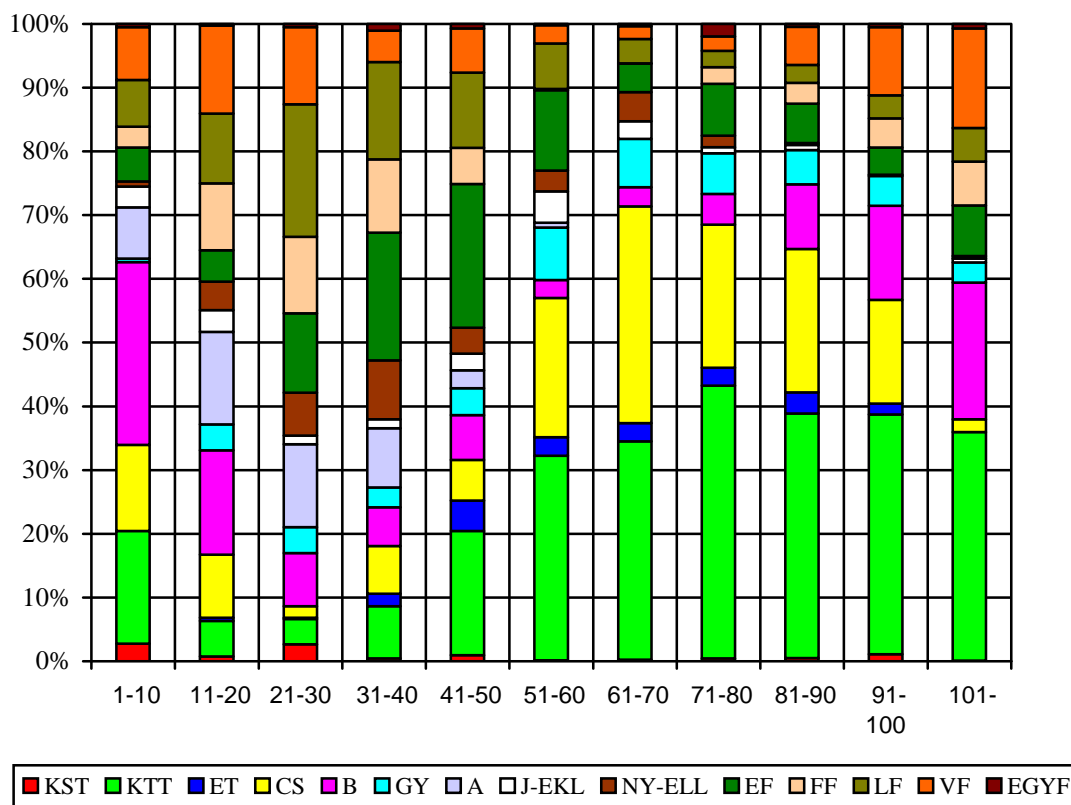
A Soproni-hegyvidék fafajösszetételére jellemző a fenyők magas aránya, a luc-, erdei és vörösfenyő esetében. A terület termőhelyi viszonyainak megfelelően első sorban kocsánytalan tölgy, bükk és gyertyán alkotja a legnagyobb állományokat. A gyertyán magas aránya a korábbi sarjaztatásokkal magyarázható. A gyertyán konszociációk átalakítása folyamatos. A 14. ábra a fafajszerkezetet mutatja be:



14. ábra: A Soproni-hegyvidék fafajszerkezete (TAEG ZRt. Soproni Erdészeti Körzeti Erdőterv 2004)

❖ Fafajösszetétel - terület szerint - a korosztályokban

A korosztályok fafajösszetételét vizsgálva (15. ábra) mutatja az elmúlt időszakok tevékenységének eredményeit. A kocsánytalan tölgy, a bükk, a cser és részben a fenyők inkább az idősebb korosztályokat alkotják, a 21-50 éves korosztályban pedig ezek a fafajok viszonylag kis területtel szerepelnek. A legfiatalabb 1-10 éves korosztályban magas a kocsánytalan tölgy és a bükk aránya. A 101 év feletti csoportban jelentős a kocsánytalan tölgy, a bükk és a vörösfenyő aránya. A cser leginkább az 51-100 év közti korcsoportban fordul elő. Az '50-es években kezdődő fenyővel történő erdősítést preferáló fafajpolitika következménye a 21-50 éves korosztályban a lucfenyő és az erdeifenyő nagyobb területaránya. Míg az idősebb korosztályokban a lucfenyő lassan eltűnik, addig a vörösfenyő és az erdei fenyő továbbra is viszonylag magas aránnyal szerepel. A fenyőfélék főként elegyfajként fontos szerepet játszanak a fiatalabb korosztályokban is.



15. ábra: A Soproni-hegyvidék fafajszerkezete területarányok szerint az egyes korosztályokban (TAEG ZRt. Soproni Erdészet Körzeti Erdőterv 2004)

❖ *A Soproni-hegyvidéken előforduló faállománytípusok*

A faállománytípusok megoszlása tükrözi a Soproni-hegyvidék fafajösszetételét. Uralkodóak a lombos típusok, legnagyobb a bükkösök, gyertyános-kocsánytalan tölgyesek, kocsánytalan tölgyesek térfoglalása. A fenyőállományok közül jelentős a lucosok, vörös fenyvesek, valamint az erdei fenyvesek aránya. A cserések és akácok előfordulása a területen egészen minimális. A 2. táblázatban hektáronkénti kimutatásban szerepelnek az egyes faállománytípusok.

**2. Táblázat: A Soproni - hegyvidék faállománytípusai  
(TAEG ZRt. Soproni Erdészet Körzeti Erdőterv 2004)**

<b>Faállománytípus</b>	<b>Terület (ha)</b>
Gyertyános - tölgyes	614,9
Kocsánytalan tölgyes	952,1
Kocsányos tölgyes	2,6
Cseres	5
Bükkös	834,1
Akác	2,2
Egyéb kemény lomb	73,2
Egyéb lágy lomb	111,4
Lucfenyves	479,2
Erdei fenyves	447,4
Feketefenyves	53,8
Egyéb fenyő	328,3

#### **4.1.2. A Soproni-hegyvidék erdeinek történeti áttekintése**

A hegyvidék erdeinek ismert története egészen a XIII. századig nyúlnak vissza. Az évszázadok múlásával a város környéki erdők kialakulását a változó tulajdonosi viszonyok és az ehhez szorosan kötődő erdőhasználati tevékenységek formálták a mai állapotok kialakulásáig.

A kezdeti fahasználatot alapvetően a tűzifa és épületfa igények kielégítése jellemezte az erőteljes erdei legeltetés és alomszedés mellett. Az erdők állapota az intenzív használatnak köszönhetően megváltozott, az egyes erdőtípusok területi aránya eltolódott: a bükkösök jelentősen visszaszorultak, helyüket a gyertyán vette át. A rontott erdők területi aránya egyre inkább nőtt.

A Soproni Városszépítő Egyesület 1869. évi megalakulását követően Muck Endre erdőmérnök az egyesület munkáját segítve 1872-től közel négy évtizeden keresztül közreműködött a soproni erdőkért. Munkájának eredményeképpen nyerték el a Sopron környéki erdők mai képüket.

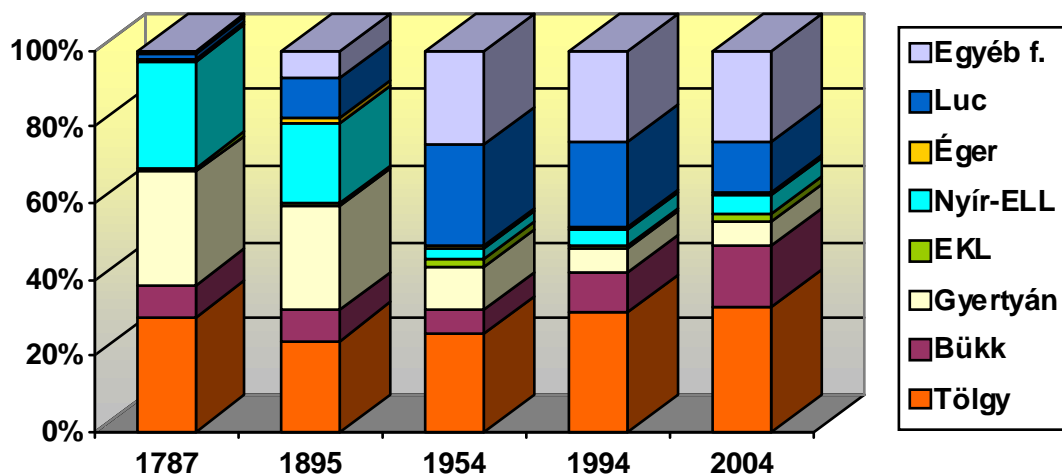
A II. világháborút követően a rontott erdők átalakítása tovább folytatódott: az átalakítások fő fafajai a fenyők voltak.

A szál- és sarjeredetű állományok aránya a Soproni-hegyvidéken az első erdőtérkép elkészülésétől napjainkig kedvező tendencia szerint alakult (3. táblázat):

**3. Táblázat: Az állományok változása az elmúlt 230 évben  
(TAEG Rt. Soproni Erdészet Körzeti Erdőterve 2004)**

Év:	1787	1895	1954	1994	2004
Szálerdő (%)	10	34	71	75	73
Sarjerdő (%)	90	66	29	25	27
Lombos (%)	98	82	49	54	63
Fenyő (%)	2	18	51	46	37
Vágásforduló (év)	20	40-60	82	92	99

A Soproni-hegyvidék fafajösszetételének alakulása az 1700-as évek végétől a 2000-es évek elejéig a 16. ábra szemlélteti (TAEG Rt. Soproni Erdészet Körzeti Erdőterve 2004).



**16. ábra: A Soproni-hegyvidék fafajösszetételének változása  
(TAEG ZR. Soproni Erdészet Körzeti Erdőterv 2004)**

## 4.2. A mintaterületek jellemzése

A mai Nyugat-magyarországi Egyetem jogelődjének, az Erdészeti és Faipari Egyetem megbízásából 1990-ben a Soproni-hegyvidéken 5, egyenként 3-3 ha nagyságú, téglalap formájú mintaterület került kijelölésre, jórészt a hegyvidékre jellemző erdőtípusok reprezentálására:

- Sopron 79 A (Ojtozi sétány)
- Sopron 91 D (Károly-magaslat, Károly mintaterület)
- Sopron 80 B (Kemping mintaterület)
- Sopron 190 D (Házoldal mintaterület)
- Sopron 152 B (Hermesz/Bükkös mintaterület)

A mintaterületek kijelölésének célja a hegyvidéki jellemző faállományok növedékének nagypontosságú vizsgálata hosszúléjárátú kísérlet keretében, valamint emellett a gyakorlati oktatás támogatása, a címben megjelölt vizsgálati elveknek megfelelően – részben természetvédelmi területen, részben pedig rekreációs funkciójú (turisztika, üdülés) erdőtömbökben kerültek kialakításra.

A kijelölést követően minden egyes mintaterület esetében a következő módon történt meg az állandósítás:

- a kieső fák megjelölése festett gyűrűkkel, (a sarokpontok dupla gyűrűkkel)
- a mintaterület törzsei 1,3 m magasságban fordított T alakú jelölést kaptak a további mellmagassági átmérő mérések helyének rögzítésére
- minden törzs festett sorszámot kapott.

Az öt kijelölt mintaterületből egy esetében – Ojtozi sétány – az első felvételt nem követte további felvételezés, ezért ennek a mintaterületnek az adatai nem alkotnak kronológiai sort.

Az utolsó (2005. évi) felvételt követően a Tanulmányi Erdőgazdaság ZRt. a Kemping, illetve a Házoldal mintaterületeinek erdőrészeleiben megkezdte a felújítási munkálatokat, így ezen területek esetében nem lehetséges a további felvételezés, illetve ebben az évben már csak a Házoldal, Kemping és Hermesz mintaterületek kerültek felvételezésre, így jelen munka ezen mintaterületek adataival foglalkozik.

Az utolsó felvétel a következő fafajösszetételt mutatta:

Sopron 80 B („*Kemping*”);  $12 \times 0,25 = 3,0$  ha; 85 éves, KTT (831 db), EF (81 db), GY (5 db), SZG (2 db), LF (1 db), CSNY (1 db), összesen 921 db mintafa; felvételek évei: 1990, 1999, 2005;

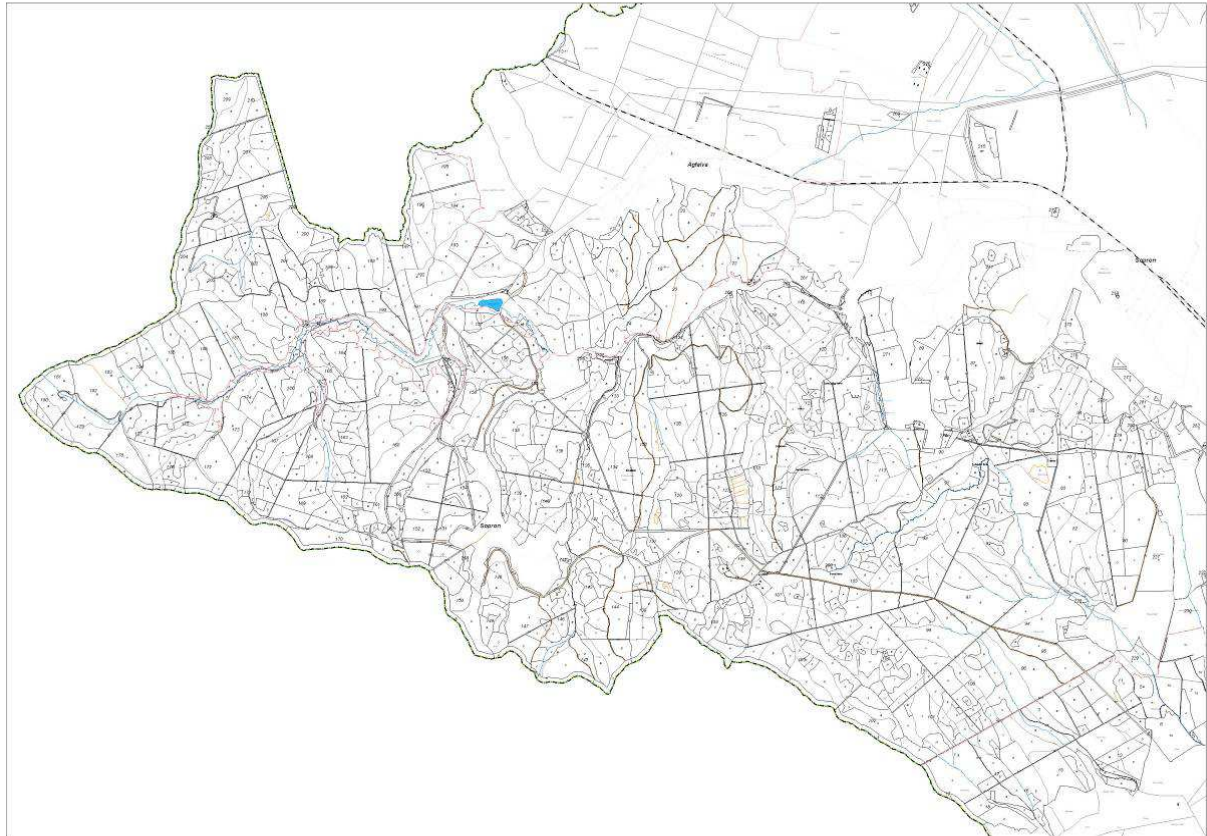
Sopron 152 B („*Hermes*”);  $12 \times 0,25 = 3,0$  ha; 103 éves, B (905 db), KTT (379 db), VF (143 db), LF (42 db), FF (31 db), EF (9 db), GY (6 db), CS (5 db), CSNY (4 db), összesen 1524 db mintafa; felvételek évei: 1990, 2005;

Sopron 190 D („*Házoldal*”);  $12 \times 0,25 = 3,0$  ha; 123 éves, KTT (256 db), LF (219 db), EF (175 db), VF (172 db), GY (120 db), KH (4 db), CS (3 db), B (3 db), összesen 952 db mintafa; felvételek évei: 1990, 2005;

Sopron 91 D („*Károly-magaslat*”);  $12 \times 0,25 = 3,0$  ha; 103 éves, VF (497 db), GY (396 db), KTT (208 db), LF (123 db), HJ (22 db), B (12 db), EF (11 db), FF (9 db), CS (5 db), CSNY (1 db), SZG (1 db), összesen: 1285 db mintafa; felvételek évei: 1990, 2000, 2005;

A fenti erdőrészekben összesen 4682 db mintafa újrafelvételét végeztük el, illetve e mintaterületek korábbi felvételi adatainak újrafeldolgozásakor 8745 db mintafával végeztem el az újraszámításokat. Az újbóli számításokat a fatérfogat egységes meghatározása érdekében végeztem el, mivel a munka kiemelt részét képezte a fatérfogat éves folyónövedékének (v.ö. korszaki átlagnövedék) kiszámítása.

A kijelölés és az első egyedenkénti felvétel 1990. évi tenyészidőszakra befejeződött, valamint ekkor került sor a mintaterületek részletes termőhely feltárására is. A mintaterületek elhelyezkedése a következő üzemi átnézeti térképen látható:



**17. ábra: A Soproni-hegyvidék üzemtervi átnézeti térképe  
(Kormányhivatal, Szombathelyi Erdészeti Igazgatóság 2011)**

### **4.3. A mintaterületek felvételei, alapadatok**

A mintaterületeket az 1980-as években kezdték kijelölni, illetve a törzseket egyedi azonosítóval ellátni. Az egyes törzsek sorszámozása az évek során megkopott, így több ütemben elvégeztük a mintaterületeken az egyes mintatörzsek beazonosítását szolgáló sorszámozás felújítását; felkutattuk a korábbi faállomány-felvételi adatokat, ezeket a korszerű adatfeldolgozási elveknek megfelelően rendszereztük.

A törzsek ilyen állandósítása lehetővé tette a későbbiekben az összehasonlítható egyedenkénti felvételek elvégzését. Minden egyes felvételekor mindegyik mintaterület esetében egyedenkénti magasságmérés, illetve mellmagassági törzsmérő mérés történt. A 2005-ös felvételezéskor magassági illetve nevelési osztályok meghatározására is sor került.



Az egyes mérési terepi mérési munkák a következő módon történtek: adat-felvételezés során megmértük a mintafák mellmagassági átmérőjét (átalóval, két egymásra merőleges irányban, milliméteres pontossággal), a fa magasságát (deciméteres pontossággal), minősítettük a fa szociális helyzetét (1-4 magassági osztály, 2005-ös felvétel), valamint erdőnevelési osztályozását (főállomány, mellékállomány, száradék).

A felvételi adatokat MS Excel táblázatkezelőben kerültek rögzítésre. Az adatbevitel után elvégeztük az adatok ellenőrzését – ekkor került sor a korábban felvett adatok ellenőrzésére is, és az akkor felmerült adatrögzítési hibák korrigálására is (eredeti jegyzőkönyvek alapján).

A 4 vizsgált mintaterület esetében a kijelölést követően a következő időpontokban történtek egyedenkénti felvételek (4. táblázat):

**4. Táblázat: Az egyes mintaterületek felvételeinek évszámai**

Mintaterület megnevezése	1. felvétel	2. felvétel	3. felvétel
Sopron 80 B (Kemping)	1990	1999	2005
Sopron 190 D (Házoldal)	1990	n.a.	2005
Sopron 152 A (Hermesz)	n.a.	1998	2005
Sopron 91 D	1990	2000	2005

#### 4.4. A mintaterületek részletes termőhely feltárási eredményei

Ezen erdőrészletekben, 1990-ben az akkori Erdészeti és Faipari Egyetem Termőhelyismerettani Tanszéke – JAKAB JENŐ, KOVÁCS GÁBOR és VARJÚ PÉTER – készítettek részletes termőhelyfeltárást, amelynek célja az egyenként 3-3 ha-os mintaterületek az erdőrendezési gyakorlat által használt termőhelyfeltárási módszereknél behatóbb, részletesebb vizsgálata. Ezt részben a talajszelvények száma, részben pedig a vizsgálatok széles köre és mélysége biztosította. Az egyes szelvények helyének megválasztásában a faállomány képe illetve a domborzati viszonyok voltak mérvadóak.

A laboratóriumi vizsgálati módszerek a következők voltak:

- pH (H<sub>2</sub>O): elektrometriásan, 1:2,5 talaj/folyadék arány mellett, szabvány szerint
- pH (KCl): elektrometriásan, 1:2,5 talaj/folyadék arány mellett, szabvány szerint
- y<sub>1</sub> hidrolitos aciditás: Ca-acetát oldattal készített kirázatból szabvány szerint

- $y_2$  kicserélhető aciditás: KCl oldattal készített kirázatból, szabvány szerint
- $\text{CaCO}_3$ : gázvolumetriásan, szabvány szerint
- KA Arany-féle kötöttségi szám: szabvány szerint
- Mechanikai összetétel: a 2 ml-nél kisebb talajfrakció nemzetközi „A” eljárás szerint előkészítve, pipettás módszerrel. A váz külön rostálást követő kimosással
- Hy Kuron-féle higroszkóposág: szabvány szerint
- H% humusztartalom: nedves égetéssel TYURIN szerint
- Al-P könnyen oldható foszfortartalom: ammónium-laktát oldatos kirázatból kolorimetriásan, szabvány szerint
- Al-K könnyen oldható káliumtartalom: ammónium-laktát oldatos kirázatból kolorimetriásan, szabvány szerint
- Kicserélhető kationok: MEHLICH-szerint 8,1-s pH-ra pufferolt  $\text{BaCl}_2$ -oldattal készült eluátumból a  $\text{Ca}^{2+}$  és  $\text{Mg}^{2+}$  atomabszorpciós spektrofotometriás elemzéssel, a  $\text{Na}^+$  lángfotometriás módszerrel, a  $\text{K}^+$  a  $\text{Ba}^{2+}$ -ionok eltávolítása után ugyancsak lángfotometriás elemzéssel
- T-érték kationkicserélő kapacitás: MEHLICH-szerint
- S-érték telítettség: számítással
- V% telítettség százalék: számítással.

Az egyes talajszelvények termőhelyfeltárási és laborvizsgálati eredményeit szelvényenkénti bontásban az 1. számú mellékletben közlöm.

Az egyes erdőrésztetekben kijelölt mintaterületeken belül a talajszelvények száma nem azonos, ennek oka, hogy a faállomány nem indokolta több szelvény nyitását. Így az egyes erdőrésztetekben található szelvények száma a következők szerint alakult (5. táblázat):

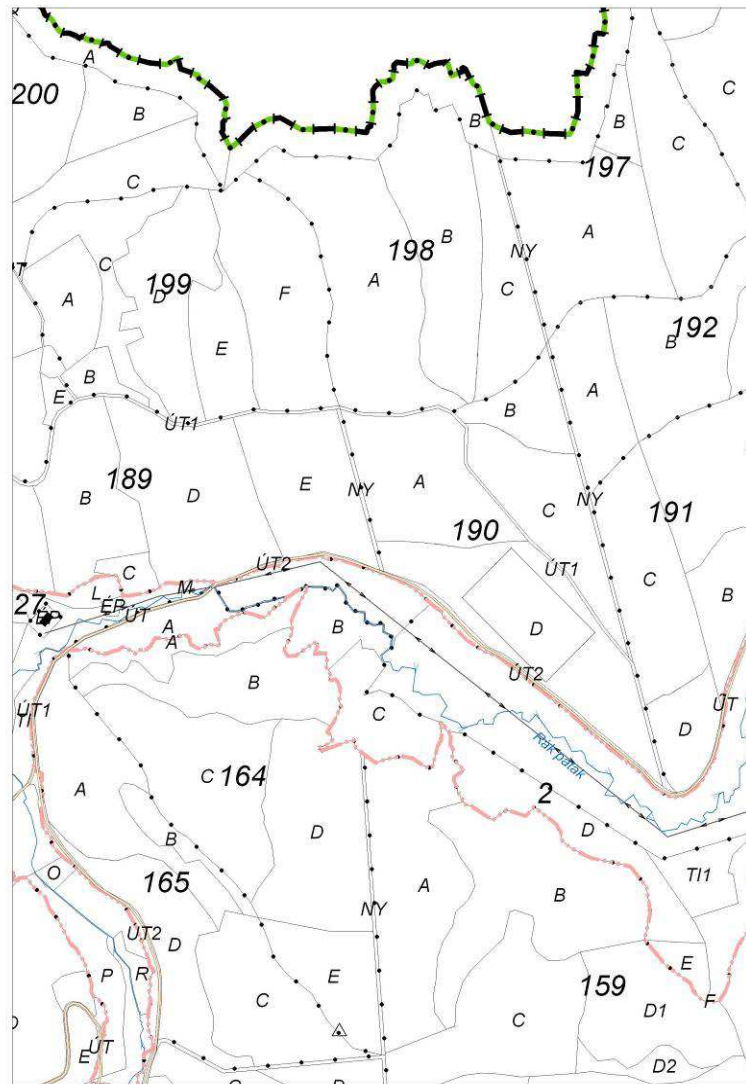
**5. Táblázat: a mintaterületek talajszelvényeinek helyzete a legközelebbi törzsekhez viszonyítva**

Erdőrészlet (mintaterület)	Talajszelvény száma	Talajszelvény sorszama	Talajszelvény elhelyezkedése a körülvevő fák sorszama szerint
Sopron 91 D (Károly- magaslat)	5	1.	1425, 1427, 1432
		2.	1305, 1308
		3.	414, 419, 425
		4.	1305, 1306, 1308
		5.	840, 844
Sopron 80 B (Kemping)	4	1.	1512, 1537, 1538
		2.	898, 899
		3.	420, 454
		4.	1172, 1204, 1205
Sopron 190 D (Házoldal)	3	1.	456
		2.	1153
		3.	1434, 1420
Sopron 152 A (Hermesz)	5	1.	1879, 1929, 1861
		2.	843, 859
		3.	1180, 1185
		4.	507, 517
		5.	309, 317, 331

**4.5. A mintaterületek elhelyezkedése****4.5.1. Házoldal – Sopron 190 D erdőrézlet**

A mintaterület a Sopron 190 D erdőrézletben található, a Terv-út és a Hidegvíz-völgyi út által közbezárt területen. Az erdőrézlet délnyugati kitérűsű, enyhe lejtésű terület, amelynek alsó határvonala a műút.

Az erdőrézlet faállománya tölgy elegyes erdeifenyves. Az erdeifenyő mellett megtalálható a lucfenyő, vörösfenyő, kocsánytalan tölgy, gyertyán, jellemzően szálankénti elegyben.



18. ábra: A házoldal mintaterület és környezetének üzemtervi térképe  
(Kormányhivatal Erdészeti Igazgatóság, Szombathely)

A részletben közel  $400 \text{ m}^3/\text{ha}$  élőfakészlet van, mintegy  $3,8 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{év}$  folyónövedékkel.

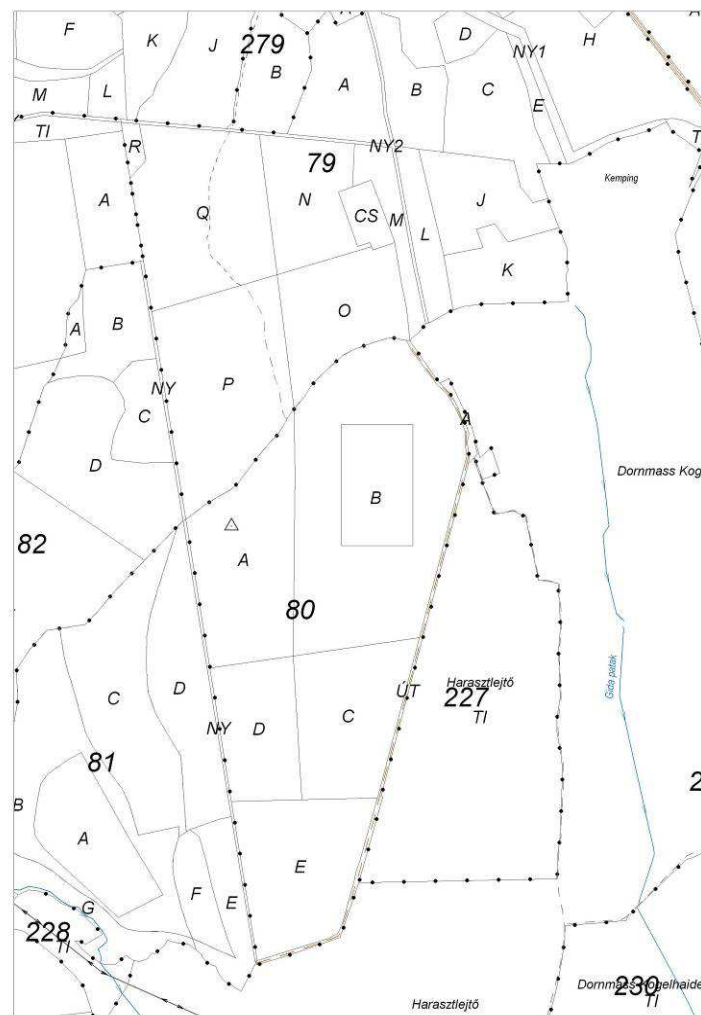
Erdőrészlet lap szerinti termőhely típus változata: gyertyános-tölgyes klíma, többletvízhatástól független, agyagbemosódásos barna erdőtalaj igen mély termőréteggel, amelynek jellemző fizikai félesége vályog.



**1. kép: A Házoldal mintaterület (Fotó: Horváth I.)**

#### ***4.5.2. Kemping – Sopron 80 B erdőrészlet***

A mintaterület Sopron város határában, a határőrségi lőtér felé vezető út mellett található. A terület fokozott turisztikai nyomás alatt áll. A fakitermelési munkálatokat a Tanulmányi Erdőgazdaság ZRt. a Nyugat-magyarországi Egyetemmel közösen kidolgozott terv szerint ProSylva elveknek megfelelően 2009-ben megkezdte, ami a teljes 3 ha mintaterület egészét érintette. Jelenleg szálaló vágásos felújítóvágással kezelt terület.



**19. ábra: A Kemping mintaterület és környezetének üzemtervi térképe  
(Kormányhivatal Erdészeti Igazgatóság, Szombathely)**



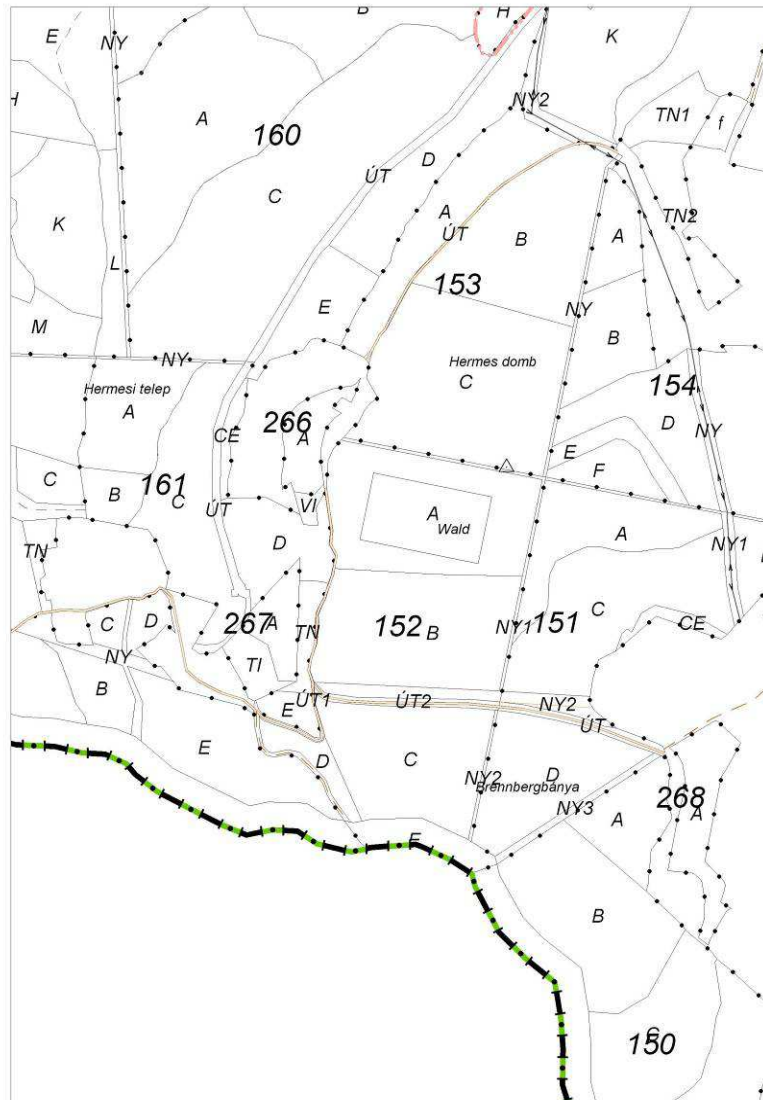
**2. kép: A Kemping mintaterület (Fotó: Horváth I.)**

A Sopron 80 B erdőrészlet enyhe lejtésű, keleti-i kitettségű erdőrészlet, amelynek nyugati része enyhébb lejtésű, keleti része meredekebb. Természetvédelmi parkerdő erdeifenyves-kocsánytalan tölgyes faállományú.

Az erdőtervi adatok szerint a fő fafaj kocsánytalan tölgy, jellemzően erdei fenyő, gyertyán eleggyel, mintegy 310 m<sup>3</sup>/ha élőfakészlettel, amelynek folyónövedéke 5,8 m<sup>3</sup>/ha/év.

Erdőrészlet lap szerinti termőhely típus változata: gyertyános-tölgyes klíma, többletvízhatástól független, agyagbemosódásos barna erdőtalaj igen mély termőréteggel, amelynek jellemző fizikai félesége vályog.

### 4.5.3. Hermes – Sopron 152 A erdőrészlet



**20. ábra: A Bükkös mintaterület és környezetének üzemtervi térképe  
(Kormányhivatal Erdészeti Igazgatóság, Szombathely)**

A Bükkösnek nevezett mintaterület a Hermesre vezető út jobb oldalán található. Az erdőrészlet nyugati kitettséű, meredek lejtésű terület, amelynek alsó határvonala a műút.

A természetvédelmi rendeltetésű erdő faállománytípusa kocsánytalan tölgyes – bükkös, lucfenyő, feketefenyő, erdeifenyő és vörösfenyő eleggyel.

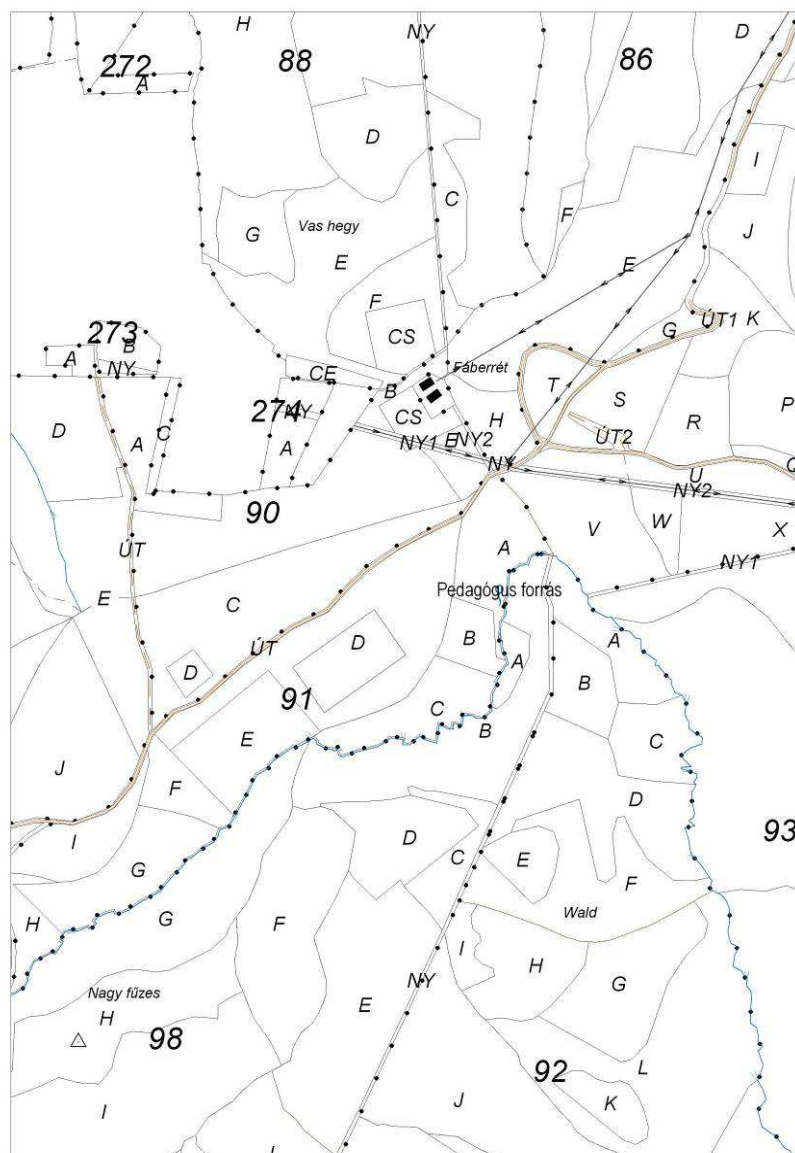




**3. kép: A Bükkös mintaterület (Fotó: Horváth I.)**

Üzemterv szerinti termőhely típus változata: bükkös klíma, többletvízhatástól független agyagbemosódásos barna erdőtalaj, mély termőréteggel, amelynek fizikai félesége vályog. A majdnem  $440 \text{ m}^3$ / élőfakészlet mintegy  $5,8 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{év}$  folyónövedéket hoz.

#### 4.5.4. Károly-magaslat – Sopron 91 D erdőrészlet



21. ábra: a Károly-magaslat mintaterület és környezetének üzemtervi térképe (Kormányhivatal Erdészeti Igazgatóság, Szombathely)

A Károly-magaslat, vagy röviden Károly mintaterület a Muck felé vezető út jobb oldalán található elegyes faállományban kijelölt 3 ha-os mintaterület, amelyre a kocsánytalan tölgy, lucfenyő, vörösfenyő fafajok jellemzőek.

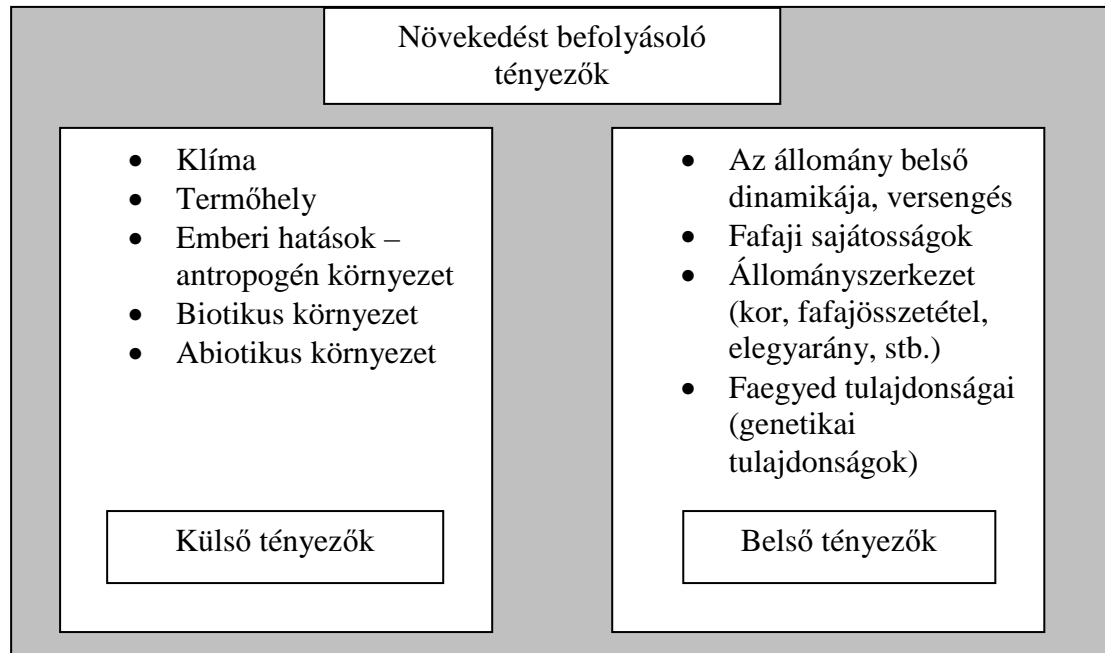


**4. kép: A Károly mintaterület (saját felvétel)**

Kitettsége keleti, enyhe lejtésű. Fakitermeléssel az utolsó két felvétel között nem volt érintve a terület. Termőhely típus változata: gyertyános-tölgyes klíma, többletvízhatástól független, agyagbemosódásos barna erdőtalaj mély termőréteggel és vályog fizikai féleséggel.

#### **4.6. A faegyed növekedését befolyásoló tényezők**

Az állomány – faegyedek összessége – növekedését befolyásoló tényezők általános modelljét a következő módon összegezhethetjük:



22. ábra: Növekedést befolyásoló tényezők

A hagyományos csoportosításban a növekedést befolyásoló tényezőket biotikus, abiotikus és antropogén tényezők csoportjaiba soroljuk. Az ábrán jelzett összesítés azonban alkalmasabb a tételes vizsgálatra, illetve arra, hogy elkülönítsük azokat a tényezőket, amelyeket a mintaterületek értékelésekor figyelembe kell venni, illetve azokat, amiket nem szükséges figyelembe venni. A külső befolyásoló tényezők egy része a belső tényezőkre vannak hatással – az emberi beavatkozások (gyérítések, tisztítások) az állományszerkezet megváltoztatásával befolyásolják az egyes fák növekedését.

A belső tényezők állandó illetve szituáció-függő hatást gyakorolnak.

#### 4.7. Számításba vett növekedést befolyásoló tényezők

Kiindulási hipotézisem szerint a 4 mintaterület kiértékelésekor a következő modellrendszerben dolgozunk:

- **Klíma:** a klíma hatását minden törzsre (mintaterületen belül) egyformának tekinthető, mivel az egyes törzsek között, amelyek az összehasonlításokban szerepelnek, nincs jelentős, klímahatást befolyásoló földrajzi távolság.

- **Antropogén hatás:** minden egyes erdőrészlet esetében az emberi hatás a gyéritésekre korlátozódik, amelyek nyomonkövetését a hiányzó faegyedek segítségével tudjuk jellemezni.
- **Termőhely:** a vizsgálat egyik sarokpontja a talajszelvények segítségével megrajzolt termőhely mozaikok összekapcsolása az egyes fák növekedésével. Az egyes törzsek növekedésében a versengés illetve a termőhely minősége játszik szerepet. Az egyes mintaterületek termőhely-feltárási jegyzőkönyvei illetve talajlaboratóriumi vizsgálati eredményei pontos képet adnak az egyes mintaterületek termőhelyi mozaikosságáról. Ezek az elemek aztán összehasonlíthatóak a növedék klaszterezettségével is.
- A jelentős **biotikus illetve abiotikus hatások** szintén az egész állományt érintették (érintették), így ezek is számításon kívül hagyhatók.
- A faegyed **genetikai tulajdonságaiból** adódó különbségek feltárására nincs lehetőség a rendelkezésre álló adatok felhasználásával. Azok a növekedésbeli eltérések, amelyekre a kompetíciós helyzet, illetve a termőhelyi paraméterek nem adnak magyarázatot, feltehetően genetikai eredetű különbségek. Az ettől különböző esetekben élnünk kell az azonos minőségű és képességű szaporító anyagból következtethető közel azonos tulajdonságokra.
- A **kor** tényező hatását kiküszöbölhetjük, mivel az egyes mintaterületeken belül legalább fafaj azonosan közel egykorúnak tekinthetők a parcellák, így az egyes egyedek fejlődésbeli különbségeinél a fafajspecifikus növekedésment számításba vétele nem szükséges.

#### 4.8. Faállomány szerkezet

A hosszúléjártató kísérletek, illetve az egyes állományok erdőtervtől részben eltérő, nemzetközileg használatos paraméterei a következők (6. táblázat) (PRETZSCH 2009):

6. Táblázat: Faállomány általános paramétereit (PRETZSCH 2009)

Változó	Rövidítés	Mértékegység
felmérés éve		
kor	kor	év
fafajok		
törzsszám	N	db
biológiai felsőmagasság	$h_{100}$	m
domináns átlagátmérő	$d_{100}$	cm
domináns fák sudarlóssága	$h_{100}/d_{100}$	m/cm
átlagmagasság	$h_q$	m
átlagátmérő	$d_q$	cm
átlagfa karcsúsági szám	$h_q/d_q$	m/cm
körlapösszeg	G	$m^2/ha$
fatérfogat	V	$m^3/ha$
növedék		$m^3/ha$
átlagos körlap sűrűség		$m^2/ha$
évi körlap növedék		$m^2/ha/év$
évi fatérfogat növedék		$m^3/ha/év$
átlagnövedék		$m^3/ha/év$
vegetációs időszak hossza évente		

A táblázatban szereplő értékek mellett kiszámolásra kerültek a következők:

- végidőszaki átmérőre számolt éves átmérő növedék a vizsgált időszakra:  $zd/d_2$
- kezdeti és végidőszaki karcsúsági arány.

#### 4.9. A mellmagassági átmérő- és az egyes fák magasságadatainak feldolgoása

A mellmagassági átmérőt minden esetben a két irányból – jellemzően milliméteres pontossággal – mért adatok átlaga adja.

A fatérfogatok kiszámítása minden törzs esetében a Király-féle fatérfogat függvénnyel történt.

Az alkalmazott függvény alakja összesfára (KIRÁLY 1968, VEPERDI 2010):

$$v = (p_1 + p_2 \cdot d \cdot h + p_3 \cdot d + p_4 \cdot h) \cdot \left( \frac{h}{h-1,3} \right)^k \cdot \left( \frac{d^2 \cdot h}{10^8} \right)$$

A képletben a következő paraméterek szerepelnek:

$v$ : a fatérfogat (m<sup>3</sup>);

$d$ : a mellmagassági átmérő (cm);

$h$ : a famagasság (m);

$p_1...p_4$ : fafajfüggő paraméterek;

$k$ : kitevő.

Megjegyzendő, hogy számítástechnikai egyszerűsítés céljából a  $\pi/4$  állandó értékkel a függvény  $p_1...p_4$  paraméterei már szorozva vannak, ezért ezzel már nem kell számolni. A famagasság ( $h$ ) méterben, a mellmagassági átmérő ( $d$ ) centiméterben értendő.

Az egyes fák fatérfogatának éves növedékét természetesen a második felvételkor meglévő faegyedek fatérfogatának és e mintafák előző felvételkor meghatározott fatérfogat különbségei adják, majd az így kapott értéket elosztva a köztük eltelt évek számával megkapjuk az éves folyónövedéket. Ez gyakorlatilag a korszaki átlagnövedék. A Hegyi-index esetében hasonlóan történt az átmérők növedékének kiszámítása.

Ezen számítások Excel táblázatkezelőben történtek, ahol a kompetitor egyedek meghatározásához ezen célra szerkesztett Makrók (Microsoft Excel táblázatkezelő felhasználó által szerkesztett Visual Basic nyelvben íródott algoritmusok) végezték a kalkulációkat.

## 4.10. Kiszámításra került paraméterek

### 4.10.1. Növőtér-index

A **növőtér indexet** ( $S\%$ ) az egyes faállományok növőterének értékelésekor használjuk, amelyet a hektáronkénti törzsszám valamint a felsőmagasság függvényében számítunk ki.

$$S\% = \frac{a}{H_f} \times 100$$

$S\%$ : növtér index

$a$ : a fák közötti átlagos távolság (m)

$H_f$ : felsőmagasság

A fák közötti átlagos távolság meghatározása eléggé bonyolult, elméleti érték, emiatt célszerűbb az egy fára jutó átlagos növtér meghatározása. Mivel a fák valódi elhelyezkedésének meghatározása munkaigényes feladat, ezért ez a módszer is a fák egyenletes elhelyezkedését veszi alapul. Egy fa átlagosan akkora „ $S$ ” területet foglal el, amely egy „ $a/2$ ” sugarú körhöz érintőlegesen szerkesztett egyenlő oldalú hatszög területe ( $a = a$  fák közötti távolság).

A szabályos hatszög területe:

$$S = \frac{a^2 \times \sqrt{3}}{2} \quad \text{m}^2$$

A növtér index átlagadat, mivel a fák elhelyezkedése egy adott területen a valóságban nem teljesen egységes. Alkalmazása ezért elsősorban a többé-kevésbé homogén (egyenletes törzshálózatú) erdőállományokban célszerű, mint például az ültetvényyszerű fenyőerdősítések esetén. E mutatószám nagy előnye továbbá, hogy egyszerre tükrözi a hektáronkénti törzsszámot, valamint a felsőmagasság révén a fatermési osztályt (VEPERDI 2004).

A mintaterületek feldolgozásakor azonban a növtér index kiszámítása ennél pontosabb számítási mód alapján történt:

$a$ : az adott mintafához legközelebb eső 6 fa átlagtávolsága,

$H_f$ : az adott mintafa tényleges magassága.

#### 4.10.2. Hegyi-index

A Hegyi index az erdészeti kutatásokban az egyik legáltalánosabban elterjedt versengési mutatószám (SHI - ZHANG 2003). A formula az egyedre ható kompetíciós nyomást a következő formula szerint számítja:

$$HgCI_i = \sum_{j=1}^n \frac{BHD_j}{BHD_i} \cdot \frac{1}{Abst_{ij}}$$

$HgCI_i$ : HEGYI konkurencia index a viszonyítási fára,  $i$

$BHD_j$ : mellmagassági átmérője a szomszédos fának,  $j$  [cm]



$BHD_i$ : mellmagassági átmérője a viszonyítási fának,  $i$  [cm]

$Abst_{ij}$ : távolság a viszonyítási fa,  $i$  és a szomszédos fa,  $j$  [m] között

$n$ : a szomszédos fák száma az előre meghatározott 10 m-es körön belül.

A mutatószám egyszerű, könnyen meghatározható paraméterek segítségével adja meg az egyes törzsekre a konkurencia hatásának mértékét, fafajtól függetlenül. Előnye, hogy kevés adat szükséges a meghatározásához, hátránya ellenben, hogy nem, vagy csak kis mértékben tükrözi a faegyed fafajra jellemző tulajdonságait (az átmérő növekedését és a fatérfogat gyarapodását).

A mutatót a vossgrabeni kísérleti területen a következő eredményeket adta: a konkurencia hatása az egyéb lombos fafajok növedékén mutatkozik meg a legjobban. Ezek elsősorban pionír és egyéb keménylombos fafajok, de ide tartozik a vörösfenyő és a duglászfenyő, mint fényigényes fafajok, amelyek a konkurens fafajok nyomására sokkal szembetűnőbben reagáltak, mint a bükk (GADOW - TREMER - MYLIUS 2005).

#### 4.10.3. ME kompetíciós index

A felvételi jegyzőkönyvek az egyes törzsekre vonatkozóan a mellmagassági átmérőt és a famagasságot tartalmazzák a fafajkód (illetve a sorszám) mellett. Ennek megfelelően a pozíció függő kompetíciós indexek közül olyat szükséges választani az eredmények értékelésekor, amely a rendelkezésre álló adatok segítségével kiszámolható minden egyes egyedre (Izd. pl.: Hegyi index).

MARTIN ÉS EK (1984) ME indexe a központi és a kompetítor faegyedek méreteinek segítségével határozza meg a kompetíció mértékét (PRETZSCH 2009). A számításban a kompetítor  $i$  faegyedek és a központi  $j$  faegyed mellmagassági átmérője szerepel:

$$ME = \sum_{\substack{i=1 \\ j \neq i}}^n \frac{d_i}{d_j} \cdot e^{-\left[ \frac{16 \cdot dist_{ij}}{d_i + d_j} \right]}$$

A képletben a  $d$  a faegyedek mellmagassági átmérőjét, a  $dist_{ij}$  pedig a két faegyed távolságát jelenti.

#### 4.10.4. Módosított ME index

$$\text{Mod\_ME} = \text{ME}_j \cdot \frac{h_{2j}}{d_{2j}}$$

Az ME index korrigálása a központi faegyed karcsúsági számával jellemzi a faegyed fafaji tulajdonságait, valamint az elmúlt időszak növtér-változásából adódó méretváltozásokat. A korrekció az ME indexen nagyságrendi változást nem eredményez.

#### 4.10.5. Lorimer index

LORIMER 1983-ban publikálta képletét, amelyet korfüggetlen, keményfás erdőállományok versengési viszonyaira alkalmazott. Képletében a központi illetve a kompetitor faegyedek mellmagassági átmérőjét használja, így ez a kompetíciós index is az egyszerűbb kompetíciós indexek közé tartozik.

$$L_o = \sum_i^n D_i / D_j$$

#### 4.10.6. Módosított Lorimer Index

Az ME indexhez hasonlóan a Lorimer indexet is a központi faegyed karcsúsági számával korrigáltuk, így megkaptuk a Módosított Lorimer indexet. Ebben az esetben is a központi faegyed egyedi tulajdonságaival súlyoztuk a faegyed kompetíciós számértékét.

$$\text{Mod\_Lo} = \frac{h_i}{d_i} \cdot L_o$$

Az eredeti kompetíciós indexhez képest itt sem történt nagyságrendi változás az indexértékben.

#### 4.10.7. További kompetíciós indexek

Az adatfeldolgozás során további, nemzetközileg elfogadott kompetíciós indexek kiszámítása történt meg minden mintaterület minden faegyedére, azonban ezek az adott

faállomány-szerkezet mellett nem mutattak szoros összefüggést a növekedéssel. Ezek az indexek említés szinten a következők: DANIELS (1986), Spurr\_a és Spurr\_b SPURR (1962), ROUVINEN és KUULUVAINEN (1997) CI<sub>1</sub>, CI<sub>2</sub>, CI<sub>3</sub>, CI<sub>4</sub> .

#### **4.10.8. A kompetítor faegyedek meghatározásának módszere**

A kompetítor faegyedek kiválasztásakor több szempontot vettem figyelembe:

- mindegyik index kiszámításánál megfelelő kompetítor fa kerüljön a mintába,
- a kompetítor faegyedek kiválasztása rugalmas legyen a különböző állományszerkezetek esetében a különböző mintaterületeken,
- egyazon állomány esetében, ha több fakitermelési ciklust érint a vizsgált időszak, akkor a választott eljárás hasonlóan eredményes legyen,
- a kompetítor faegyed kiválasztásakor a meglévő faegyed adatok, illetve koordináta adatok mellett ne legyen szükség másra.

Ezeknek megfelelően a kompetítor faegyedeket a legközelebbi 5 (6) faegyed alkotta – az összes mintaterület esetében elenyésző számban voltak azok, ahol a legközelebbi 5 fából az 1-es szögszámláló faktornak megfelelően 1-1 faegyed kiesett.

#### **4.10.9. Az egyes időszakokra vonatkozó számítások**

A 4 mintaterület közül kettőben (Kemping és Házoldal mintaterületek) egy növekedési adatsor lett kiszámítva, a másik két mintaterület esetében a 3 felvételezés lehetővé tette a kettő növedék adatsor kiszámítását. Ennek megfelelően az összes feldolgozás során ezen utóbbi két mintaterület esetében minden esetben kettő növedék-időszak került kiértékelésre, míg az első kettő terület esetében csak egy.

Az összefüggések feltárásakor lineáris, illetve nem lineáris modelleket alkalmaztam, amelyeket pontfelhőkre illesztett trendvonalak és azok R<sup>2</sup> értékei jellemeznék.

A részletes mintaterületenkénti elemzések során minden mintaterület esetében az egyes időszakokra vetített korszaki mellmagassági átmérő növedék (zd) illetve a korszaki fatérfogat átlagnövedék kerül összehasonlításra a növétérindex, a növétér, a Hegyi index, az ME index, a Módosított ME index, a Lorimer index és a Módosított Lorimer index értékekkel.

Az egyes grafikonok értékelését követően minden időszakra statisztikai elemzések segítségével jellemzem az állomány (mintaterület) egészét, az aktuális szerkezetet az összes fafajra vonatkozóan.

#### **4.10.10. Statisztikai adatfeldolgozás**

Ahhoz, hogy pontos képet kaphassunk az egyes mintaterületek térbeli rendjéről, minden mintaterületre, minden felvételezési időszakban statisztika térparaméteres elemzéseket (Point Pattern Analysis (PPA developed by JARED ALDSTADT, DONGMEI CHEN AND ARTHUR GETIS San Diego State University)) alkalmaztam. Ezeket az eszközöket ezidáig a hazai erdészeti kutatás a faállományok faegyedeinek kompetíciós helyzetének elemzésére nem alkalmazta.

A statisztikai adatfeldolgozás több lépcsőben történt:

- általános leíró statisztikák,
- globális autokorreláció,
- lokális autokorreláció.

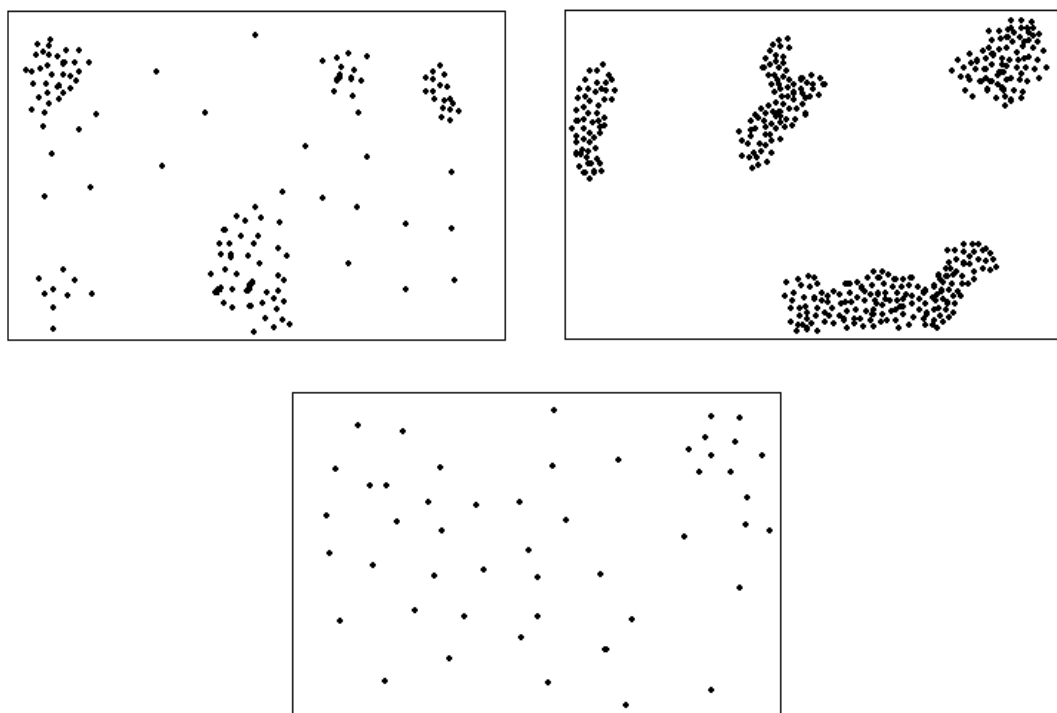
A statisztikai eszközök elméleti ismertetését CHEN és GETIS (1998) alapján közlöm.

A különböző, térben elkülönülő, pontszerű ( $x$  és  $y$  koordinátával jellemezhető) események és a közöttük lévő kapcsolatok statisztikailag kifejezhetők. Ez vonatkozik a városi bűnesetek mintázatának elemzésére (Crime Stat program), vagy az egyes élőlények élőhely használatának elemzésére, ha egy-egy esemény pontszerűnek tekinthető. GRAY és HE (2009) inter- illetve intraspecifikus versengést vizsgált hasonló módszerekkel boreális erdők kronoszekvenciájában. De ide sorolhatjuk a SHI ET. ALL (2003) munkáját, ahol a térparaméteres autokorreláció lokális és globális statisztikáival vizsgálta 48 mintaterületen a kompetíciós viszonyokat.

Első lépésben a rendelkezésre álló koordináták alapján eldöntjük, hogy az egyes törzsek elhelyezkedése mennyire véletlenszerű, rendezett vagy szórt. Az egyes törzsek elhelyezkedése alapján képet kaphatunk a rossz fatermési jellemzőkkel bíró területrészekről (alacsony az egyedsűrűség, vagy nincs faegyed), valamint pontosabb megfeleltetést adhatunk meg az egyes versengési indexek használatával kapcsolatban is. Természetesen egy erősen klaszterezett faállományban területegységként célszerű kiszámolni a faegyedek kompetíciós indexeit. A teljesen véletlenszerű elrendezés ellenben a nem megfelelő hálózat kialakítását mutatja.

Szintén ezen módszer segítségével mutathatjuk ki, hogy az eredetileg közel szabályos ültetési hálózattól a kitermelések során milyen lett az egyes egyedek elhelyezkedése a térben.

Ezt követően az egyes pontok (törzsek) helyét súlyozzuk a növekedést jellemző értékekkel, illetve a mellmagassági átmérő értékekkel. Így a súlyozott értékek csoportosultságából következtethetünk a versengés, illetve a termőhelyi mozaikok meglétére vagy nem meglétére, illetve támpontot kapunk a rosszabb, illetve jobb növekedési csoportok közötti különbségek feltárásához.



23. ábra: Véletlenszerű, csoportos, illetve szórt térbeli mintázatok

A statisztikák CHEN és GETIS (1998) módszere szerint kerültek kiszámításra.

Az első statisztikai értékek az alapvető leíró statisztikák. A leíró statisztikák kiszámítása a következő formulák szerint történik:

$$\text{Átlag (Mean)} \quad \bar{Z} = \frac{\sum_{i=1}^N Z_i}{N}$$

$$\text{Standard deviáció Std}(Z) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Z_i - \text{Mean})^2}{N}}$$

$$\text{Ferdesség} = \frac{\sum_{i=1}^N (Z_i - \text{Mean})^3}{N * (\text{Std}(Z))^3}$$

$$\text{Lapultság} = \frac{\sum_{i=1}^N (Z_i - \text{Mean})^4}{N * (\text{Std}(Z))^4}$$

A képletekben az  $N$  az összes pont darabszámát jelöli. Input adatként minden elemzéskor az  $X$ ,  $Y$  illetve  $Z$  koordináták megadása szükséges. Abban az esetben, ha pontszerű eseményeket – súlyozás nélkül – szeretnénk értékelni, úgy a  $Z$  koordináta értéke minden esetben 1.

A legközelebbi szomszéd vizsgálatnál (nearest neighbor analysis) megvizsgáljuk a távolságot minden egyes pont és a hozzá legközelebb eső pont között, majd ezeket összehasonlítjuk a teljesen véletlenszerű térbeli mintázatból (CSR - Complete Spatial Randomness) vett minták várható értékeivel.

A formulák a következő módon alakulnak:

a) átlagos legközelebbi szomszéd távolság:

$$\bar{d} = \left( \sum_{i=1}^N d_i \right) / N$$

ahol az  $N$  a pontok darabszáma,  $d_i$  a legközelebbi pont távolsága  $i$  ponthoz viszonyítva.

b) várható érték a legközelebbi szomszédra vonatkozóan egy teljesen véletlenszerű mintázatban:

$$E(d_i) = 0.5 \sqrt{(A/N)} + \left( 0.0514 + \frac{0.041}{\sqrt{N}} \right) * B/N$$

ahol  $A$  a terület nagyságot,  $B$  a kerületet jelenti.

c) variancia:

$$\text{Var}(\bar{d}) = 0.070 \frac{A}{N^2} + 0.037 B \sqrt{\frac{A}{N^2}}$$

A b) és c) egyenletek a szegélyhatást elkerülendő korrekciós faktort tartalmaznak (a korrekciós faktor a PPA – Point Pattern Analysis algoritmusában beépített elem).

Az úgynevezett finomított legközelebbi szomszéd vizsgálat a megfigyelt legközelebbi szomszédok távolság-eloszlás függvényét hasonlítja össze egy CSR eloszlás legközelebbi szomszédok távolságának várható érték eloszlásfüggvényével, majd számolja ezek legnagyobb különbségét és Monte Carlo teszttel teszteli.

A formulák a következők szerint alakulnak:

a)  $F(d_i \leq r)$  kiszámításához vesszük a legközelebbi szomszéd távolságokat  $d_i$ , illetve a mintaterület határához számított legkisebb távolságokat  $u_i$ , minden egyes  $i$  pontra. Ezt követően rangsoroljuk a  $d_i$  távolságokat a legkisebbtől a legnagyobbig. Minden egyes érintett  $r$  távolságra megszámláljuk azon pontok darabszámát  $n_1$ , amire igaz a következő:  $d_i \leq r$ , valamint azon pontok számát  $n_2$ , amire igaz a  $u_i < r < d_i$  egyenlőtlenség. Az arányosság szerint legközelebbi szomszéd távolságok, amelyek kisebbek vagy egyenlők, mint valamely választott  $r$  a következő képlet szerint alakul:

$$F(d_i \leq r) = \frac{n_1}{N - n_2}$$

ahol  $N$  az összes pont darabszáma.

b) a legközelebbi szomszéd távolság várható értékének aránya, amely

$$P(d_i \leq r) = 1 - e^{-\lambda r}$$

A képletben a következő paraméterek szerepelnek:

$e$ : matematikai konstans értéke: 2.718283....

$\pi$ : matematikai konstans értéke: 3.141593....

$r$ : meghatározott távolság

$\lambda$ : a becsült pontsűrűség ( $N/A$ )

c)

$$d_r = \text{Max} |F(d_i \leq r) - P(d_i \leq r)|$$

ahol a  $\text{Max } ||$  jelenti a legnagyobb abszolút érték  $r$ -t, amely elérhető.

A globális és lokális autokorreláció kiszámításához szintén CHEN és GETIS (1998) algoritmusát használtam.

A területi autokorrelációs számítások során a különböző módszerek, indexek segítségével megállapítható, hogy valamely változó (amely X és Y koordinátával rendelkezik) térbeli elrendezésében felfedezhető-e klaszterezettség, azaz pozitív, vagy negatív lesz a korreláció adott szignifikancia szint mellett.

A globális térparaméteres autokorrelációs eszközök közül a globális Moran's I, Geary's c valamint a General Getis-Ord' G értékeket használtam.

A globális Moran's I és Geary' c értékek a térbeli autokorreláció két elterjedt mutatószáma. A Moran's I esetében az adatok varianciájának térbeli kovariációját standardizálja, amely a kapcsolatok szorosságát méri, Geary's c érték pedig az értékpárok legkisebb négyzetösszegének különbségét használja kovariációk mérésére.

A felhasznált formulák a következők:

$$I = \frac{N}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w(i,j)(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}, j \neq i$$

$$c = \frac{(N-1)}{2S_0} \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w(i,j)(x_i - x_j)^2}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}, j \neq i$$

ahol  $\bar{x}$  az  $x_i$  elemek átlagát jelöli,  $\bar{x} = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{N}$ ,  $S_0 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w(i,j)$ , és  $w(i,j)$  a térbeli súlyozott kapcsolat mátrix  $i$  és  $j$  elem között.

Randomizálás feltétele mellett az  $I$  és  $c$  varianciája a következők szerint alakul:

$$\begin{aligned} \text{Var}(I) &= \frac{N((S_1(N^2 - 3N + 3) - NS_2 + 3S_0^2))}{(N-1)(N-2)(N-3)S_0^2} - \frac{K(S_1(N^2 - N) - 2NS_2 + 6S_0^2)}{(N-1)(N-2)(N-3)S_0^2} - \left(\frac{1}{N-1}\right)^2 \\ \text{Var}(c) &= \frac{(N-1)S_1(N^2 - 3N + 3 - K(N-1))}{S_0^2 N(N-2)(N-3)} + \frac{(N^2 - 3 - K(N-1)^2)}{N(N-2)(N-3)} \\ &\quad - \frac{(N-1)S_2(N^2 + 3N - 6 - K(N^2 - N + 2))}{4N(N-2)(N-3)S_0^2} \end{aligned}$$

ahol



$$S_1 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (w(i, j) + w(j, i))^2$$

$$S_2 = \sum_{i=1}^N \left( \sum_{i=1}^N w(i, j) + \sum_{j=1}^N w(j, i) \right)^2$$

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4}{\left( \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \right)^2}$$

A két érték erősen függ a  $w(i; j)$  mátrixtól. Az alkalmazás során az előre definiált mátrix helyett az

$$w(i, j) = \frac{A}{(d(i, j))^m}$$

behelyettesítést használtam – az  $A$  és  $m$  értékeket az algoritmus kidolgozójával folytatott konzultációk szerint választottam meg.

A globális General Getis-Ord's  $G$  értékek egy multiplikatív mérőszáma a teljes térbeli kapcsolatoknak, amelyek egy adott távolságon belül egymás mellett vannak. A képletek a következők szerint alakulnak adott  $d$  távolság esetén:

$$G(d) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij}(d) x_i x_j}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j}, j \neq i$$

ahol  $x_i$  az  $i$ -ik pont értéke és  $w_{ij}(d)$   $i$  és  $j$  pontok közötti súly  $d$  távolságra.

$G(d)$  várható értéke:

$$E[G(d)] = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij}(d)}{N(N-1)}, j \neq i$$

$G(d)$  varianciája:

$$Var(G) = \frac{B_0 \left( \sum_{i=1}^N x_i^2 \right)^2 + B_1 \sum_{i=1}^N x_i^4 + B_2 \left( \sum_{i=1}^N x_i \right)^2 \sum_{i=1}^N x_i^2 + B_3 \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N x_i^3 + B_4 \left( \sum_{i=1}^N x_i \right)^4}{\left[ \left( \sum_{i=1}^N x_i \right)^2 - \sum_{i=1}^N x_i^2 \right]^2 N(N-1)(N-2)(N-3)} - (E[G(d)])^2$$

ahol

$$B_0 = (N^2 - 3N + 3)S_1 - NS_2 + 3 \left( \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, i \neq j}^N w_{ij}(d) \right)^2$$

$$B_1 = -[(N^2 - N)S_1 - 2NS_2 + 6 \left( \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, i \neq j}^N w_{ij}(d) \right)^2]$$

$$B_2 = -[(2NS_1 - (N+3)S_2 + 6 \left( \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, i \neq j}^N w_{ij}(d) \right)^2]$$

$$B_3 = 4(N-1)S_1 - 2(N+1)S_2 + 8 \left( \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, i \neq j}^N w_{ij}(d) \right)^2$$

$$B_4 = S_1 - S_2 + \left( \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, i \neq j}^N w_{ij}(d) \right)^2$$

$$S_1 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, i \neq j}^N (w(i, j) + w(j, i))^2$$

$$S_2 = \sum_{i=1}^N \left( \sum_{j=1, i \neq j}^N w(i, j) + \sum_{j=1}^N w(i, j) \right)^2$$

A Z értékre vonatkozó egyenlet:

$$Z(G) = \frac{G(d) - E[G(d)]}{\sqrt{Var(G)}}$$

A lokális mutatószámok közül a lokális Moran's  $I_i$ , és a lokális  $G_i(d)$  értékeket használtam.

A lokális Moran's  $I_i$  a globális Moran's I-re épülő lokális statisztika, amely kifejezi az adott pont körüli klaszterezettséget a hasonló értékek tekintetében a következő formulák szerint:

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S_i^2} \sum_{j=1, i \neq j}^N w_{ij}(x_j - \bar{x})$$

ahol

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^N w_{ij}}{N-1} - \bar{x}^2$$

és

$$w_{ij}(d) = \frac{1}{d^m}$$

A véletlenszerűség hipotéziséhez a várható értékre vonatkozó kifejezés a következő:

$$E(I_i) = - \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^N w_{ij}}{N-1}$$

A variancia:

$$Var(I_i) = \frac{(N - b_{2_i}) \sum_{j=1, j \neq i}^N w_{ij}^2}{N-1} - \frac{(2b_{2_i} - N) \sum_{k=1, k \neq i}^N \sum_{l=1, l \neq i}^N w_{ik} w_{il}}{(N-1)(N-2)} - [E(I_i)]^2$$

ahol

$$b_{2_i} = \frac{N \sum_{i=1, i \neq j}^N (x_i - \bar{x})^4}{\left( \sum_{i=1, i \neq j}^N (x_i - \bar{x})^2 \right)^2}$$

$G_i(d)$  érték ORD és GETIS (1995) által leírt mutatószám, amely megmutatja, hogy adott pont körül egy meghatározott távolságon belül hol klasztereződnek magas illetve alacsony értékek. A lokális  $G(d)$  a következő egyenleteket használja:

$$G_i(d) = \frac{\sum_{j=1}^N w_{ij}(d) x_j - \bar{x}_i \sum_{j=1}^N w_{ij}(d)}{\sqrt{\frac{(N-1) \sum_{j=1}^N w_{ij}^2(d) - \left( \sum_{j=1}^N w_{ij}(d) \right)^2}{N-2}}}, j \neq i$$

ahol

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^N x_j}{N-1} \quad S(i) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1, j \neq i}^N x_j^2}{N-1} - (\bar{x}_i)^2}$$

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_{j=1}^N w_{ij}(d)x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^N w_{ij}(d)}{S \sqrt{\frac{N \sum_{j=1}^N w_{ij}^2(d) - \left( \sum_{j=1}^N w_{ij}(d) \right)^2}{N-1}}}$$

ahol

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^N x_j}{N} \quad S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N x_j^2}{N} - (\bar{x})^2}$$

A térparaméteres kalkulációk esetében minden mintaterületnél a mintaterület belső részére történt az értékelés – mint ahogy ez a kompetíciós indexek esetében is hasonlóan alakult. Ennek oka, hogy a mintaterületen kívüli faállomány részéről nincs adat, viszont a mintaterületek elég nagyok ahhoz, hogy a szegélyhatást kiküszöbölendő, szegélynek tekintsük a mintaterület külső, 20 m széles sávját.

#### 4.10.11. *Eltérő növekedésű egyedek növekedésének vizsgálata*

Adott mintaterület esetében meghatároztam fafajonként az átlagos növekedés görbáját a rendelkezésre álló adatok segítségével. Minden mintaterület esetében a mellmagassági átmérő éves növedéke és a mellmagassági átmérő közötti összefüggést vizsgáltam fafajonként. A meghatározott átlaggörbéhez képest a minták szórásának függvényében alsó és felső határgörbét számoltam az átlagtól való eltérés függvényében (60-70%-nál nagyobb mértékben elmaradó növekedés). Ilyen módon kiszűrhetők a mintaterület magterületén értelmezett elmaradó növekedésű faegyedek.

Az elmaradó növekedésű egyedek helyzete a lokális koordináták segítségével összevetésre került a területen nyitott talajszelvények helyzetével, illetve ezek segítségével a termőhelyi változatossággal.

Egy mintaterület esetében hasonló módszerekkel történt a kimagasló növekedésű egyedek vizsgálata (Károly mintaterület). Ebben az esetben a 90%-ot meghaladó növedéktöbbletet mutató egyedek körül a versengési helyzet mellett a fakitermelések térbelisége is összevetésre került ezen egyedek térbeli helyzetével.

## 5. EREDMÉNYEK, ÉRTÉKELÉSEK

A módszertani részben feltüntetett eszközök és formulák segítségével a 4 mintaterület esetében rendre elvégeztem a címben jelzett vizsgálatokat, amelynek eredményeit grafikonok segítségével jelen fejezetben közlök. Az eredmények minden mintaterület esetében hasonló tematika szerint kerülnek ismertetésre, amelyeknek sorrendje a következők szerint alakul. Minden mintaterület esetében a vizsgálható növekedési mutatószámok (mellmagassági átmérő éves növedéke és a fatérfogat éves növedéke; az ábrákon a  $z_d$  cm/év, a  $z_v$  m<sup>3</sup>/év mértékegységekben szerepel) a felsorolás szerinti mutatószámokkal korreláltatva kerültek feltüntetésre:

- növtér index,
- növtér,
- Hegyi index,
- ME index,
- Módosított ME index,
- Lorimer index,
- Módosított Lorimer index.

A térparaméteres vizsgálatok eredményei közül tételes bemutatásra kerülnek a végidőszaki állomány törzseinek elhelyezkedésére vonatkozó alap leíró statisztikák és legközelebbi szomszéd statisztikák, valamint az időszaki fakitermelések (és mortalitás) által érintett egyedekre vonatkozó alap leíró statisztikák és legközelebbi szomszéd statisztikák. Ezeket kiegészítve értékelem a különböző – a módszertani részben megnevezett – globális statisztikákat.

Külön fejezetben tárgyalom az egyes mintaterületek rosszabb növekedésű egyedeinek vizsgálatát, amit a mintaterületek termőhelyi értékelésével egészítek ki (illeszkedve az anyag és módszertani részhez, mivel ott csak az üzemtervi termőhelyleírási paraméterek kerültek ismertetésre; a részletes termőhelyfeltárás eredmények az *1. számú mellékletben* található).

## 5.1. Hermes/Bükkös mintaterület

7. Táblázat: A Bükkös mintaterület faállományszerkezeti adatai

	1.felv.	H <sub>g</sub>	D <sub>g</sub>	N	G	V	2.felv.	H <sub>g</sub>	D <sub>g</sub>	N	G	V
fafaj		(m)	(cm)	(db/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)		(m)	(cm)	(db/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)
B		23,2	27,1	362	20,8	276,5		29,2	32,9	302	25,6	426,4
KTT		22,4	28,9	182	11,9	159,8		27,9	34,2	126	11,6	190,6
VF		23,1	24	77	3,5	39,5		29,9	28,7	48	3,1	46
LF		22,6	25	41	2	25,9		28,1	30,1	14	1	15,2
FF		22,6	31	15	1,1	14,5		28,6	38	10	1,2	17,8
GY		17,3	15,2	11	0,2	1,9		19,4	18,4	2	0,1	0,6
EF		23,7	30,1	7	0,5	6,2		29,2	36,2	3	0,3	4,3
CS		25,4	28,9	3	0,2	2,3		28,6	36	2	0,2	2,5
CSNY		22,6	24,7	2	0,1	1,1		26,4	27,1	1	0,1	1,2
				700	40,4	527,6				508	43,1	704,5

A Bükkös mintaterület egyedeinek mindegyikéről 1990. évi illetve 2005. évi adatok állnak rendelkezésre (természetesen az időszak alatt kitermelésre kerülő faegyedek esetében csak az első felvételezés szolgáltat adatot). Ennek megfelelően egy időszakra számolhatunk növekedés jellegű paramétereket. A két felvételezés főbb faállomány szerkezeti paramétereit a 7. táblázat mutatja be.

### 5.1.1. Az 1990. évi felvétel

A mintaterület főfaja a bükk, amely mellett a kocsánytalan tölgy illetve a vörösfenyő jelenik meg nagyobb törzsszámmal. A felső lombkoronaszintet jellemzően a kocsánytalan tölgy, bükk, vörösfenyő alkotja, majd 17, 3 m átlagmagassággal a gyertyán zárja a sort.

A 40 m<sup>2</sup>/ha körlapösszeg jónak mondható, amelynek jelentős részét a tölgy, illetve a bükk alkotja. Természetszerűleg az összesfa térfogat adatok is ezt a megoszlást mutatják az egyes fafajok között.

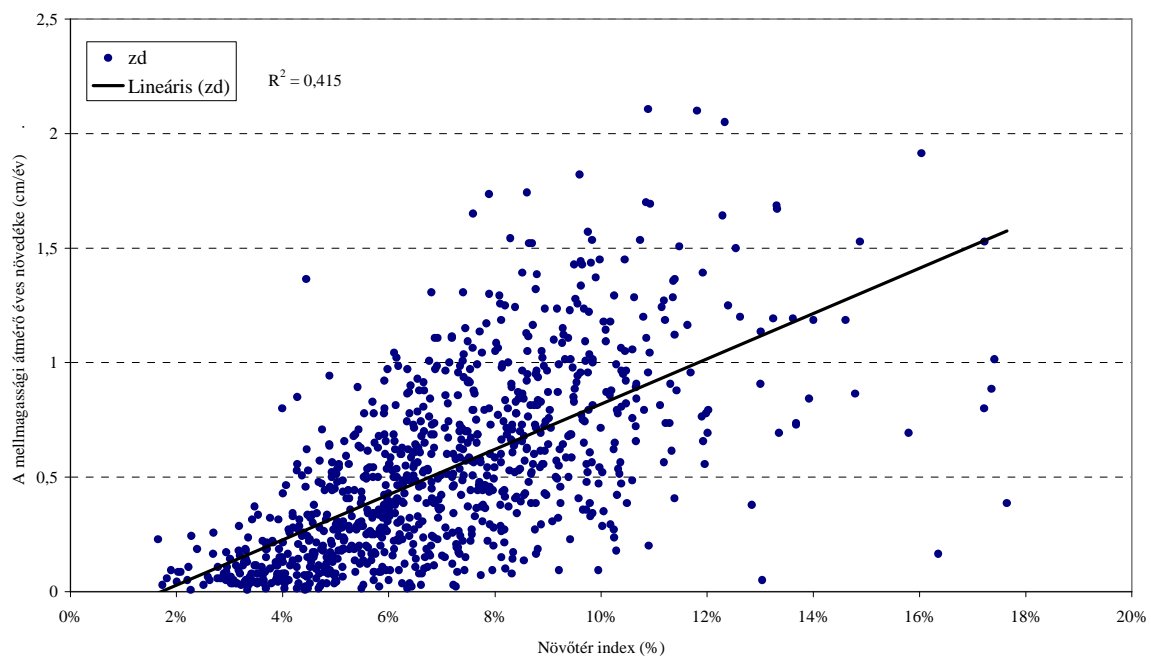
### 5.1.2. A 2005. évi felvétel

Az első felvételhez képest az elegyarány nem változott, a hektáronkénti törzsszám viszont jelentősen csökkent. A hektáronkénti körlapösszeg, illetve a hektáronkénti fatérfogat adatok viszont növekedést mutatnak, ami elsősorban a jelentősen megnövekedett növőtereknek köszönhető.

### 5.1.3. Az 1990. és 2005. évi felvétel közötti változások a Hermes/Bükkös mintaterület esetében

A két felvétel közötti változás jellemzője a jelentősnek mondható törzsszám csökkenés, az enyhe mértékű hektáronkénti körlapösszeg növekedés, valamint a jelentős fatérfogat növekedés. Az állományra jellemző elegyarányok (körlap szerint) nem változtak jelentősen, így a főfafajok továbbra is a bükk és a kocsánytalan tölgy.

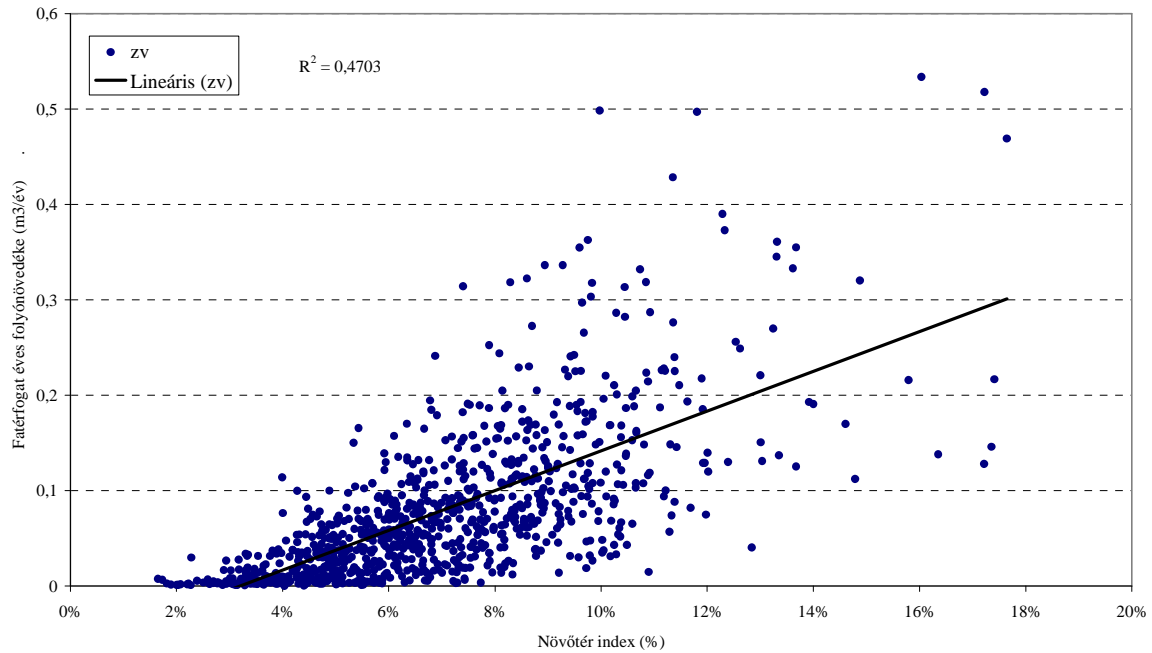
### 5.1.4. A folyónövedék és az éves fatérfogat növedék összefüggései a kompetíciós vizsgálatokban a Hermes/Bükkös mintaterület esetében



24. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a növőtér index összefüggése

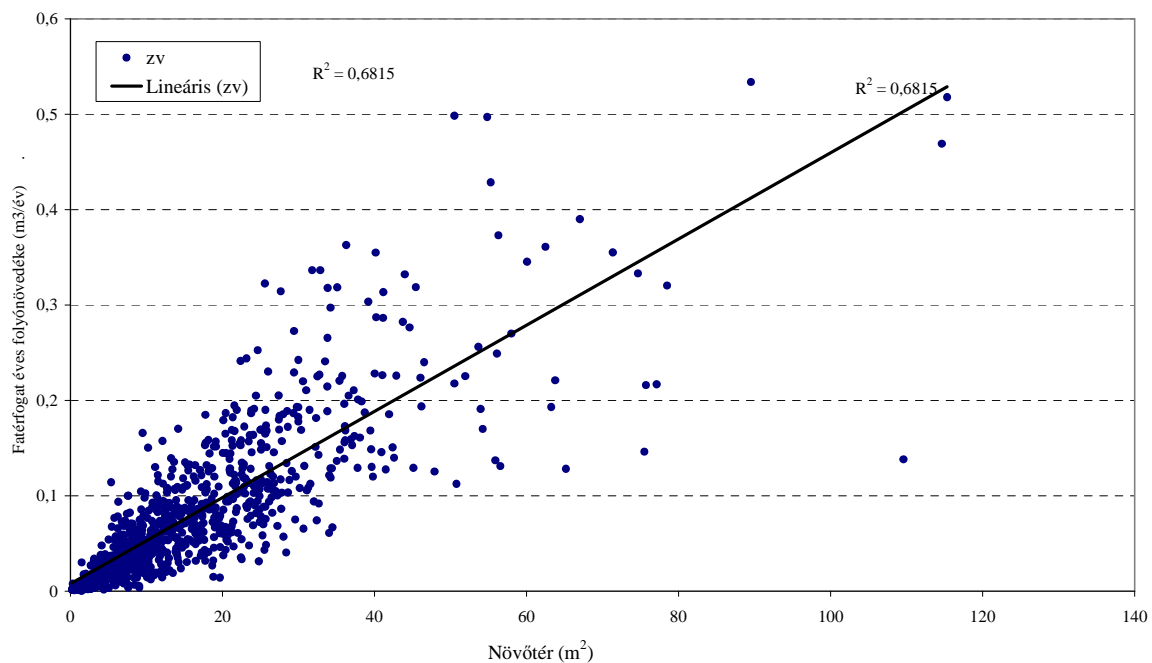
A növőtér index százalékos emelkedése mellett a mellmagassági átmérő éves növedéke fokozatosan emelkedik (24. ábra), azonban a pontfelhő a magasabb index értékek mellett nagyobb szórást mutat, mint alacsonyabb értékeknél, így az illesztett lineáris modell  $R^2$  értéke 0,415.





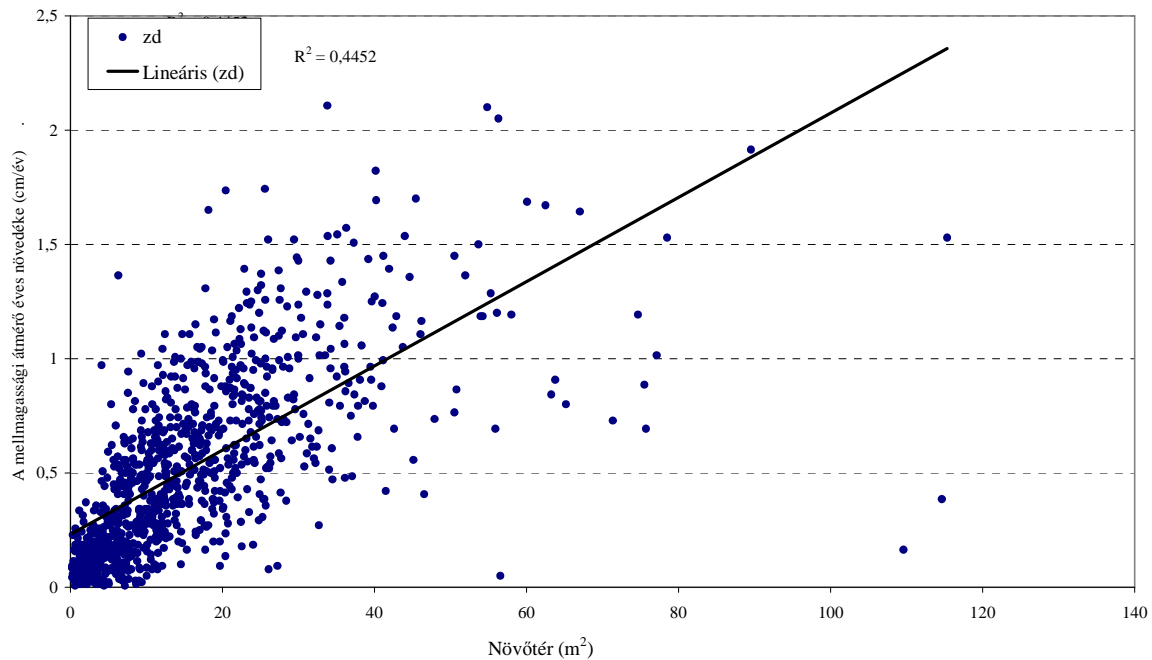
25. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a növőtér index összefüggése

Hasonló összefüggést vizsgálva a terület éves fatérfogat növedéke és a növőtérindex között (25. ábra) az előbbihez hasonlatos grafikont kapunk, azonban az összefüggés ebben az esetben szorosabbnak bizonyul.



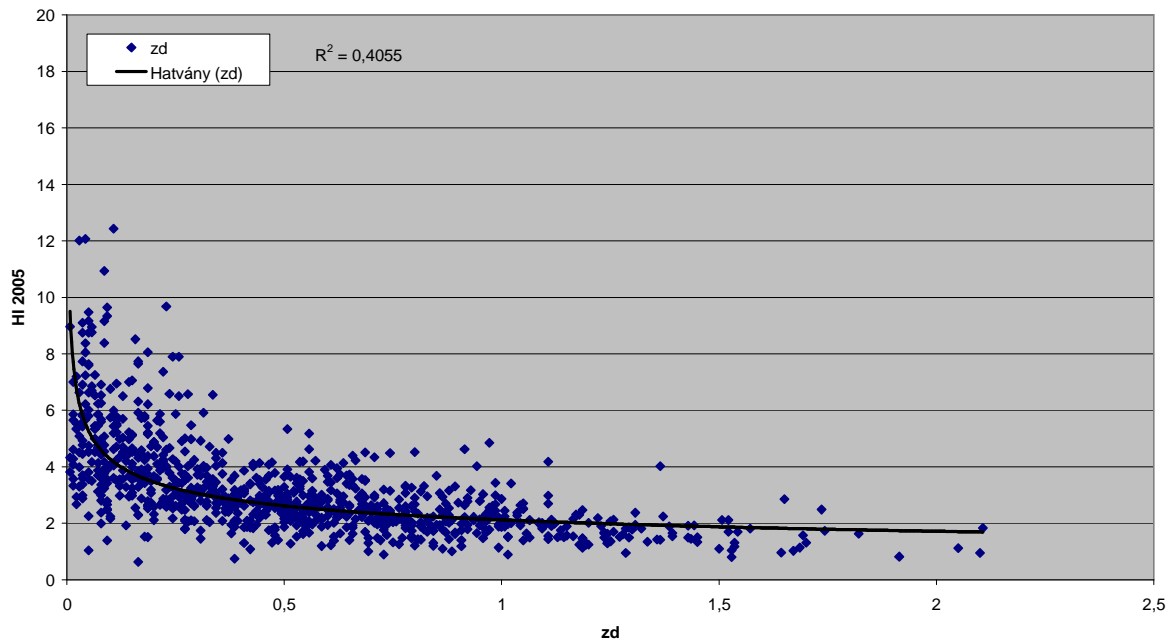
26. ábra: A fatérfogat éves növedéke a növőtér függvényében

Lineáris modellt alkalmazva a fatérfogat éves növedéke a növtér függvényében az eddigiekhez képest szorosabb összefüggést mutat (26. ábra), bár a pontfelhő a nagyobb éves növedék értékek esetében itt is jelentősebb szórást mutat. A 27. ábrán a mellmagassági átmérő éves növedéke és a növtér összefüggése látható.



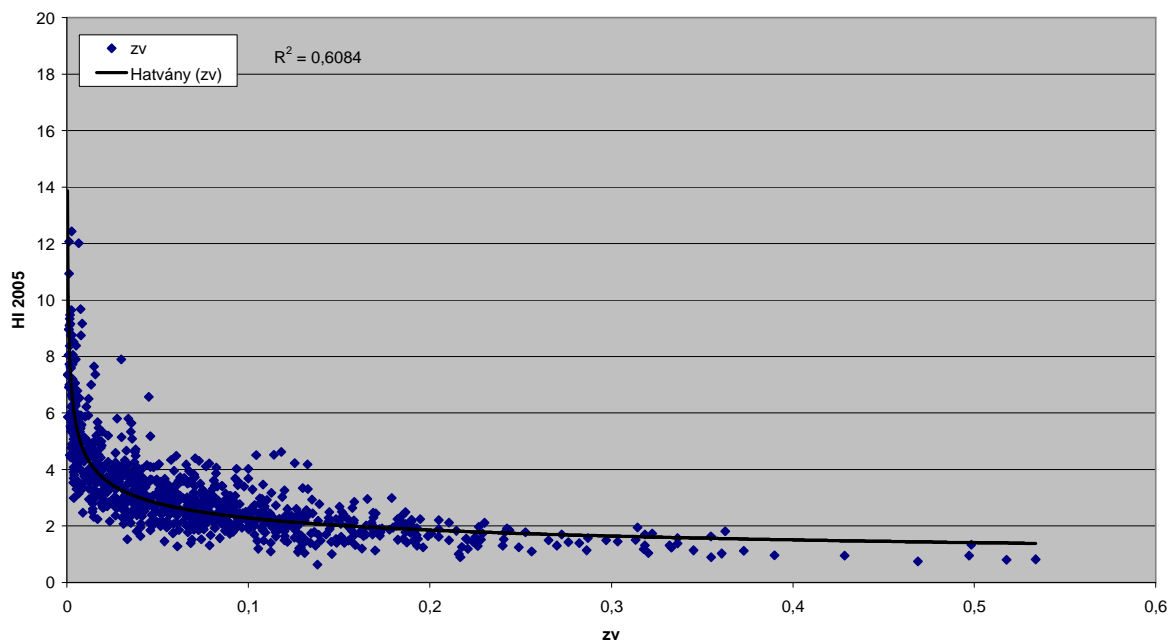
**27. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke a növtér függvényében**

Bár az összefüggés értékelésekor láthatjuk, hogy az  $R^2=0,4452$  érték elfogadható szorosságot mutat, mégis lazább, mint a fatérfogat-növtér modell esetében.



28. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Hegyi index összefüggése

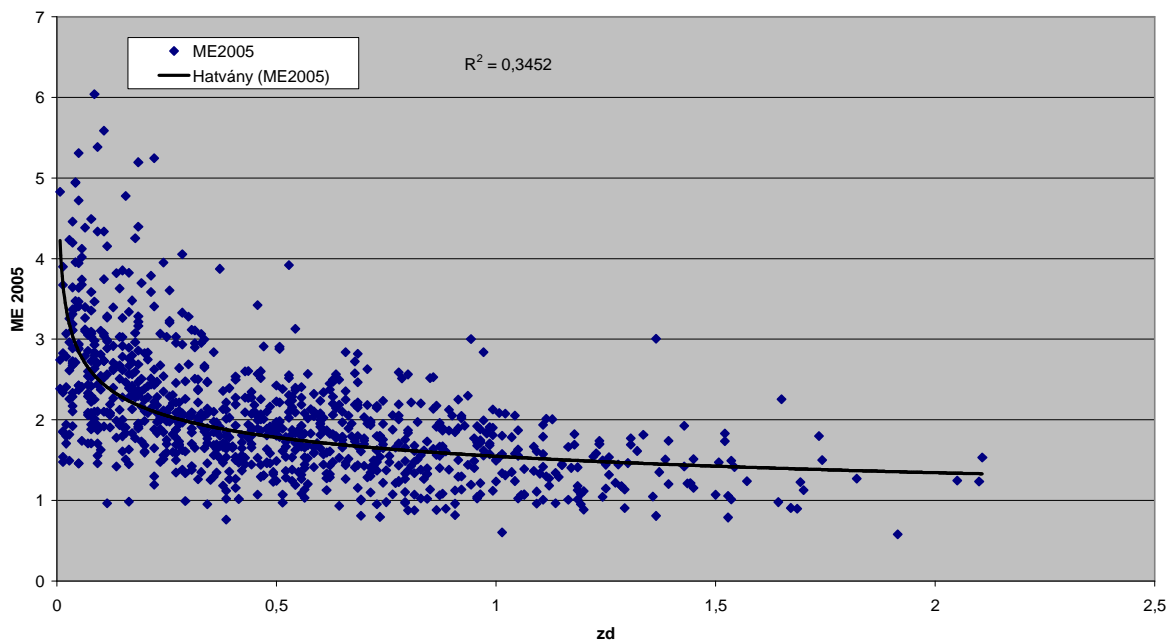
A Hegyi index (HI) és a mellmagassági átmérő összefüggése szorosnak mondható (nem lineáris modell). Ebben az esetben is az alacsonyabb növedékekkel rendelkező törzsek esetében – feltehetően részben a fajai sajátosságok következtében – nagyobb a pontfelhő szórása, mint a magasabb növedékek esetében.



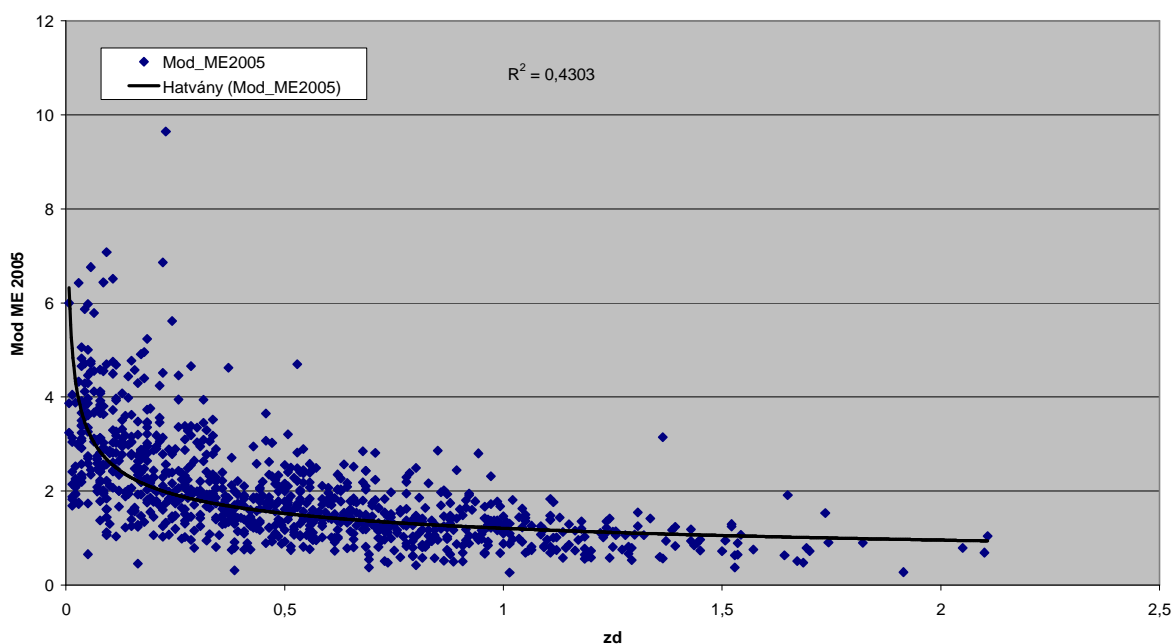
29. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Hegyi index összefüggése

A fatérfogat éves átlagnövedék és a Hegyi index az előző (HI-zd) kapcsolatnál nem lineáris modell esetében szorosabb összefüggést mutat ( $R^2=0,6084$ ) (29. ábra).

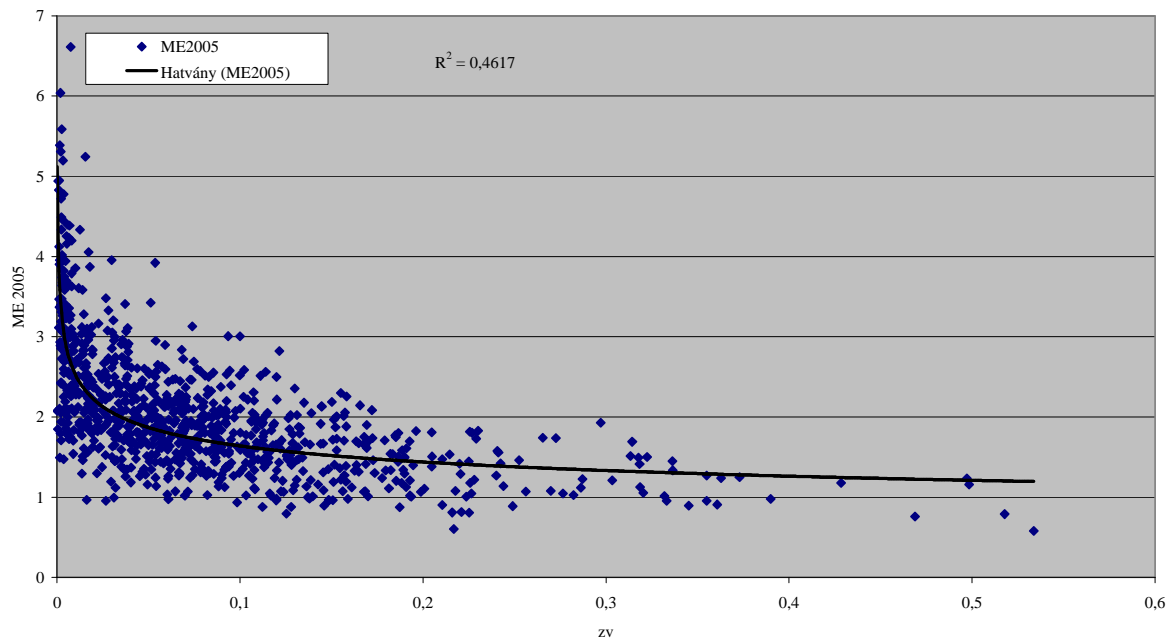
A következő négy ábra (30-33. ábrák) az ME index és a Módosított ME index összefüggéseit mutatja be a korszaki átlagnövedék, illetve a fatérfogat folyónövedéke között az összes fafaj tekintetében.



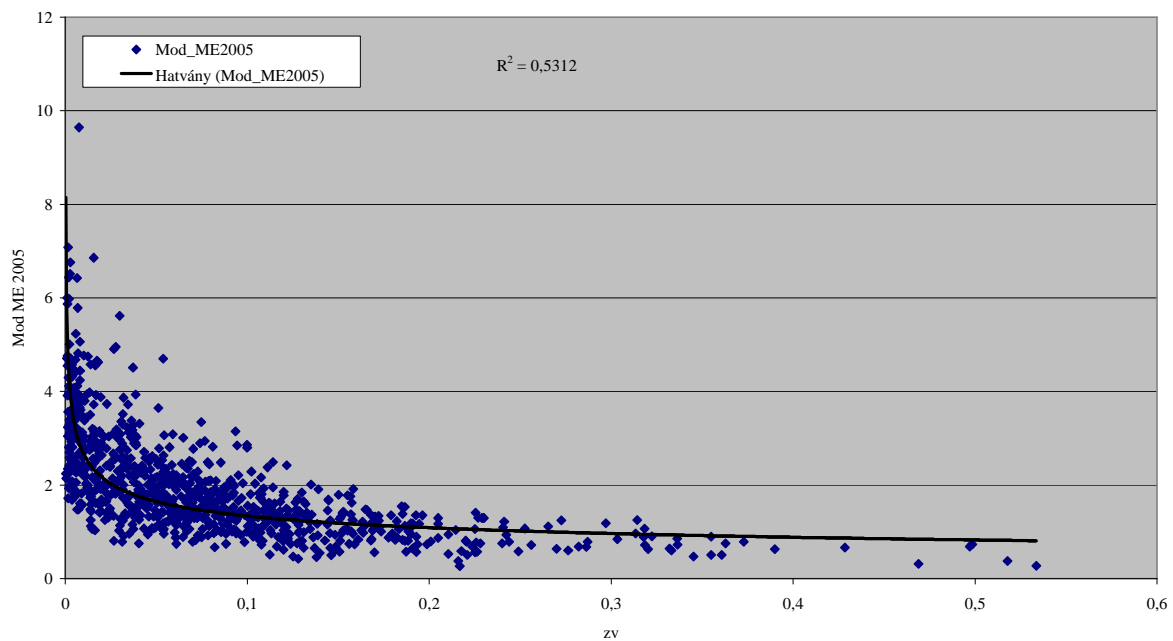
30. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és az ME index összefüggése



31. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Módosított ME index összefüggése



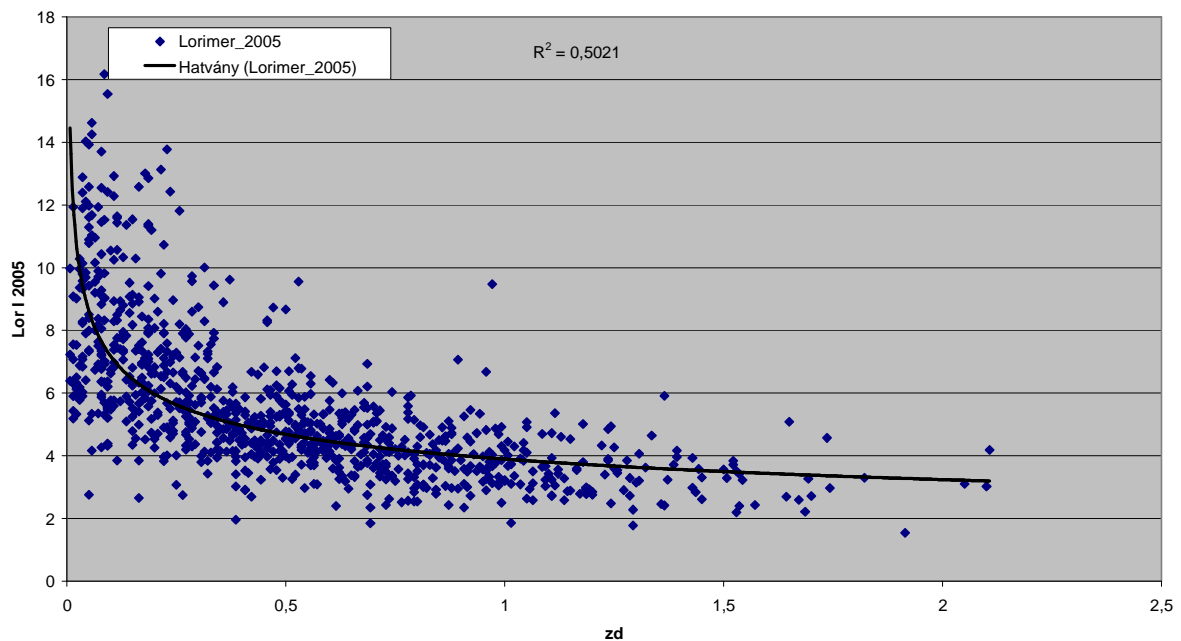
32. ábra: A fatérfogat éves növedéke és az ME index összefüggése



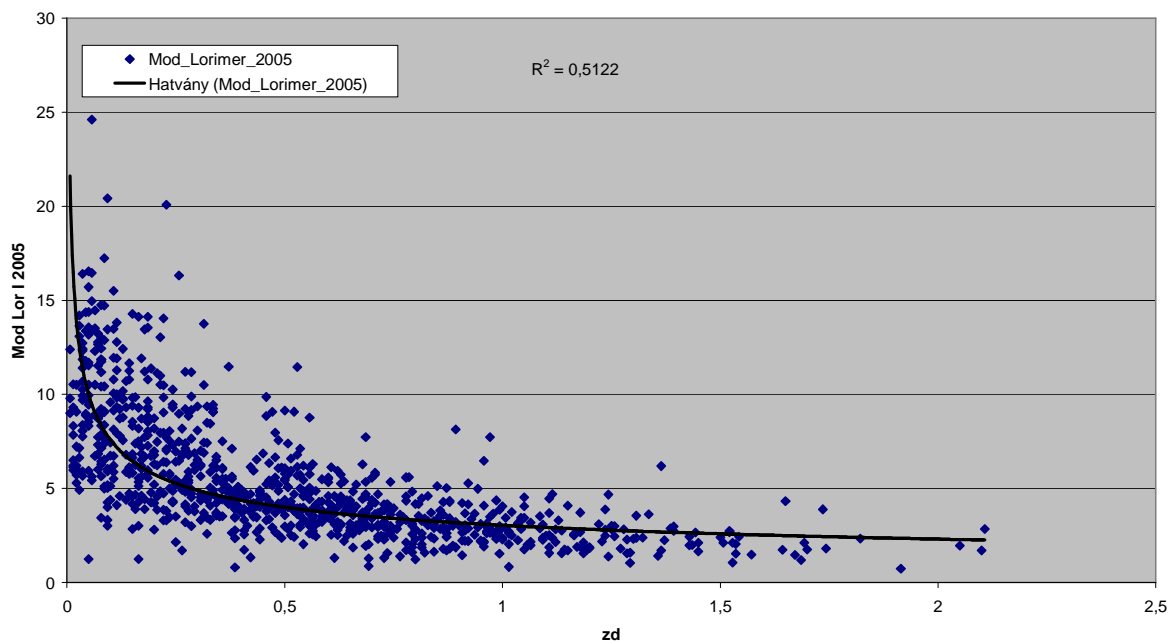
33. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Módosított ME index összefüggése

Látható, hogy az ME index, illetve a Módosított ME index-növekedéssel való összevetésekor a Módosított Indexek szorosabb összefüggést mutatnak, mint az eredeti index az összes fajfaj esetében, az adott állományszerkezeti viszonyok mellett.

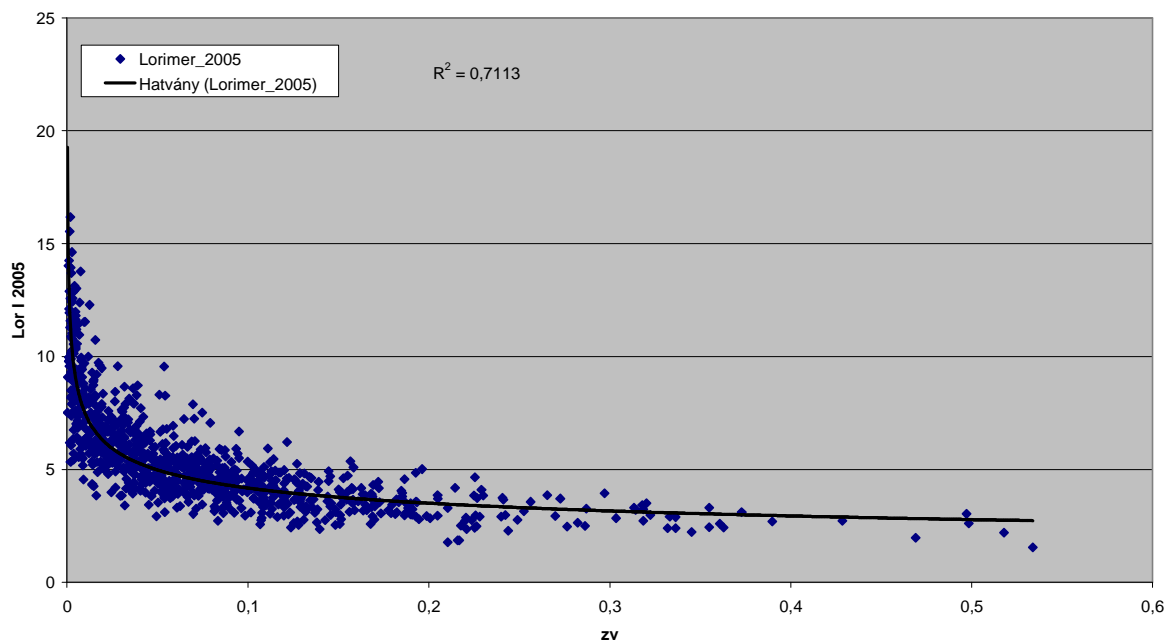
A Lorimer illetve a Módosított Lorimer indexek hasonló összefüggéseit a következő négy ábra mutatja (34-37. ábrák). Az egyes trendvonalak szorosságát tekintve elmondható, hogy a módosított Lorimer index csak a folyónövedék esetében eredményezett kis mérvű javulást az összefüggés vizsgálatkor.



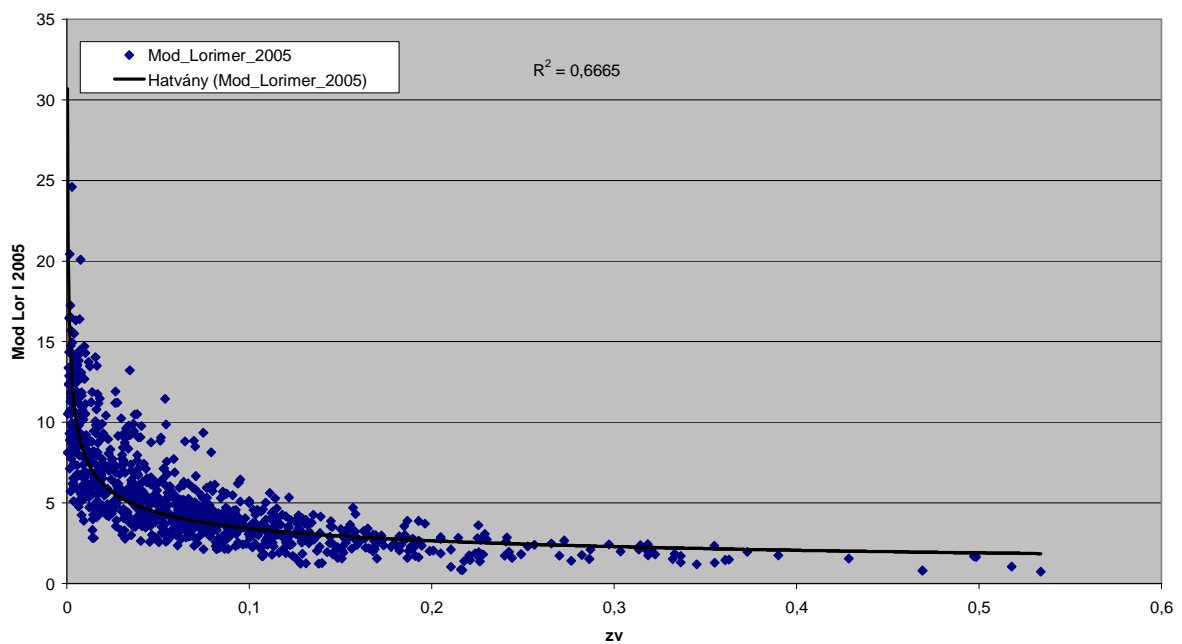
34. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Lorimer index összefüggése



35. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Módosított Lorimer index összefüggése



36. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Lorimer index összefüggése



37. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Módosított Lorimer index összefüggése

Megjegyzendő, hogy a Lorimer-féle index – amely nem számol az egyes törzsek közötti távolsággal – szorosabb összefüggést mutat, mint a Hegyi index mind az átmérő mind pedig a fatérfogat éves növedékét tekintve.

### 5.1.5. Térparaméteres statisztikai vizsgálatok a Bükkös/Hermesz mintaterületen

A mintaterület térparaméteres leíró statisztikái illetve a legközelebbi szomszéd vizsgálatai a 2005-ös évre vonatkozóan a következők:

Leíró statisztikák

The input data file: b2005.dat

The total number of points: 1524

	X	Y	Z
Minimum	5.440	1.310	1.000
Maximum	149.530	199.140	1.000
Mean	75.758	95.112	1.000
Stand. Dev.	40.200	58.053	0.000
Skewness	0.069	0.087	0.000
Kurtosis	1.846	1.727	0.000

Legközelebbi szomszéd statisztika

The input data file: b2005.dat

The total number of points: 1524

The minimum x coordinate: 5.440000

The maximum x coordinate: 149.529999

The minimum y coordinate: 1.310000

The maximum y coordinate: 199.139999

The total area: 28505.3244

Observed mean, Expected mean, Variance, Z-value

2.3107      2.1860      0.0009      4.1424

Az összes törzs a kitűzött 3 ha mintaterületen 2,8 ha-t foglal el. A teljes véletlenszerű elrendezéshez képest a legközelebbi szomszéd vizsgálat várható értékénél nagyobb a mintából számított átlag, így a  $Z=4,1424$  mutató a mintaterületen a faegyedek teljes diszperz eloszlását



mutatja, ami azt jelenti, hogy az egyedek a rendelkezésre álló teret közel egyenletesen, de nem szabályos hálózatban töltik ki.

A fakitermelések tekintetében ugyanezen vizsgálatok más eredményt mutatnak:

#### Leíró statisztika

The input data file: bk.dat

The total number of points: 525

	X	Y	Z
Minimum	5.700	2.810	1.000
Maximum	149.780	207.140	1.000
Mean	69.833	101.965	1.000
Stand. Dev.	40.438	57.566	0.000
Skewness	0.262	0.013	0.000
Kurtosis	1.902	1.727	0.000

#### Legközelebbi szomszéd statisztika

The input data file: bk.dat

The total number of points: 525

The minimum x coordinate: 5.700000

The maximum x coordinate: 149.779999

The minimum y coordinate: 2.810000

The maximum y coordinate: 207.139999

The total area: 29439.8661

Observed mean, Expected mean, Variance, Z-value

3.4695	3.8148	0.0082	-3.8182
--------	--------	--------	---------

Az eredetileg 3 ha nagyságú terület teljes egészét érintette a fakitermelés (esetleges mortalitás is), azonban a fakitermelések legközelebbi szomszéd  $Z = -3,8182$  negatív értéke a fakitermelések klaszterezettségét jelenti – a kitermelések és mortalitás a terület egy részén nagyobb törzsszámmal következett be.

A teljes kompetíciós helyzet értékeléséhez szükséges elemezni az egyes átmérő osztályok elhelyezkedését a területen, illetve megvizsgálni, hogy van-e olyan részterület, ahol a növedék (elsősorban a mellmagassági átmérő növedéke) klaszterezettséget mutat. A következő statisztikai adatok az egyes átmérő osztályok globális térparaméteres statisztikáit mutatják:

#### Global Moran's I

The input data file: b05xyd20m.dat

The total number of points: 942

Distance	Moran's I	Expected I	Variance	Z-value
5.0000	0.0300	-0.0011	0.0198	0.2213
10.0000	0.0334	-0.0011	0.0049	0.4941

#### Global Geary's c

The input data file: b05xyd20m.dat

The total number of points: 942

Distance	Geary's c	Variance	Z-value
5.0000	0.73512	0.048326	-1.20491
10.0000	0.85691	0.011962	-1.30835

#### General Getis-Ord's G

The input data file: b05xyd20m.dat

The total number of points: 942

Distance	G(d)	Expected G(d)	Variance	Z-value
5.0000	0.00351	0.0039	0.00000	-8.6165
10.0000	0.01601	0.0164	0.00000	-3.9297

A globális térparaméteres értékeléseket minden törzs körül 5 m, illetve 10 m sugarú körben vizsgáltam. Bár a Moran's I mindkét (5 m és 10 m) esetben nagyobb, mint a várható érték, azonban  $\alpha=0,05$  szignifikancia szint mellett kijelenthető, hogy az átmérők negatív

autokorrelációt mutatnak, azaz a terület egészét tekintve nincs olyan pont (x-y törzskoordináta szerint), ahol nagy illetve kis átmérők csoportosulnának.

## 5.2. Házoldal mintaterület

A Házoldal mintaterület – a Hermeszbükkös mintaterülethez hasonlóan – két adatsorral rendelkezik (8. táblázat), így ebben az esetben is egy növekedési időt jellemezhetünk.

8. Táblázat: A Házoldal mintaterület faállományszerkezeti adatai

	1.felv.	H <sub>g</sub>	D <sub>g</sub>	N	G	V	2.felv.	H <sub>g</sub>	D <sub>g</sub>	N	G	V
fafaj		(m)	(cm)	(db/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)		(m)	(cm)	(db/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)
LF		27,9	28,5	198	12,6	95,1		32,9	37,3	73	8	133,9
KTT		27,3	38,3	107	12,4	170		32,1	45,5	85	13,8	261,8
EF		29,9	39,4	104	12,8	108,7		33,2	44,3	58	9	137,9
VF		30,3	35,3	88	8,6	92,7		35,2	41,7	57	7,8	136,4
GY		19,3	19	57	1,6	14,4		23	22,5	40	1,6	21,7
KH		24,5	22,8	1	0,1	0,7		26	26,2	1	0,1	0,9
B		28	37,9	1	0,2	0,2		21,7	23,6	1	0	0,5
CS		28,2	48	1	0,2	2,7		32	54	1	0,2	3,8
				558	48,3	484,5				317	40,6	696,9

### 5.2.1. Az 1990. évi felvétel

A mintaterület kitűzése egy lucfenyő-erdeifenyő-kocsánytalan tölgy dominált állományban történt az állomány 107 éves korában. A viszonylag magas törzsszámot a felsorolt fafajok mellett megjelenő vörösfenyő és gyertyán elegy dúsítja, ahol is a gyertyán átlagmagassága jelentősen elmarad a főfajok átlagmagasságától – elfoglalva ezzel a második lombkoronaszintet. A körlap szerinti kiegyenlített elegyarányt a főfajok közül a majd 10 cm-el kisebb átlagos átmérőjű lucfenyő a magasabb hektáronkénti törzsszámmal kompenzálja.

### 5.2.2. A 2005. évi felvétel

A második felvétel az állomány 122 éves korában történt. A főfafajok a kocsánytalan tölgy, valamint alacsonyabb körlap szerinti elegyaránnyal az erdeifenyő, vörösfenyő és lucfenyő. A néhány cm-es átmérőkülönbségek ellenére a fenyők közel azonos hektáronkénti fatérfogattal bírnak, azonban elmaradnak a kocsánytalan tölgy fatérfogatától.

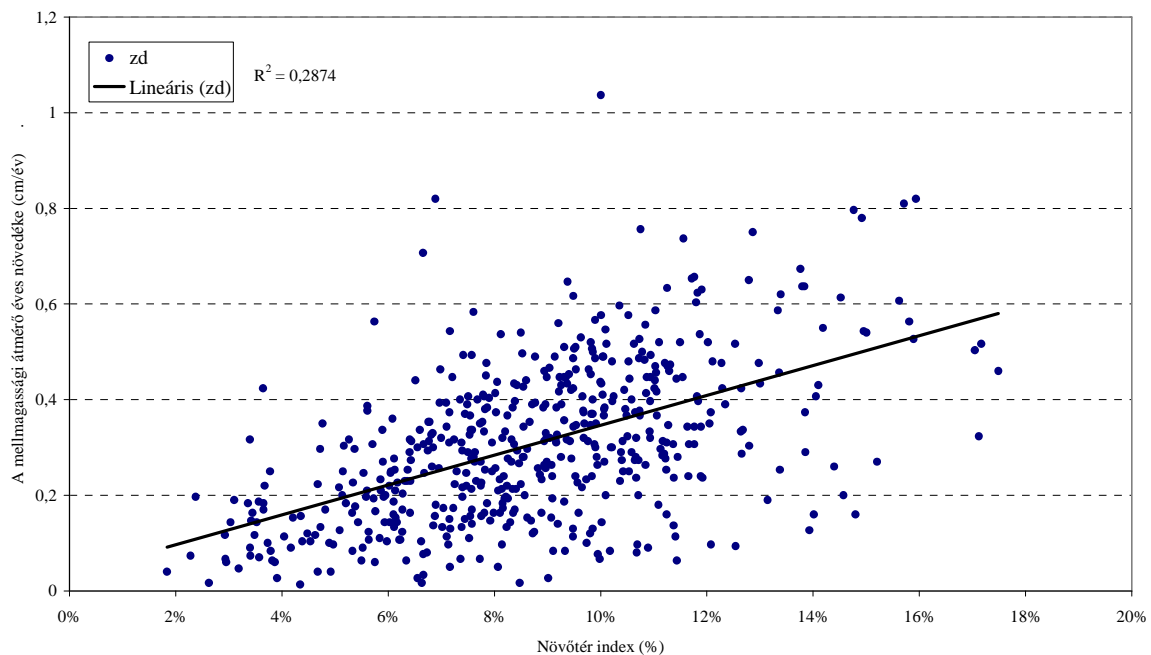
### 5.2.3. Az 1990. és 2005. évi felvétel közötti változások a Házoldal mintaterület esetében

A két felvétel közötti legszembetűnőbb változás az erdőrézlet törzsszámának 60%-t érintő fakitermelés. A kitermeléseknek és a mortalitásnak köszönhetően a visszamaradó állományban az első felvételhez képest a kocsánytalan tölgy lett a főfafaj (körlap szerinti elegyaránya: 34%). A második felvételkor mért alacsonyabb hektáronkénti körlapösszeg szintén lényeges elem, amely nem követi a mintegy 44%-os fatérfogat növekedést. Mivel a mellékállomány kikerülése a kocsánytalan tölgynek kedvezett, a relatíve alacsonyabb törzsszámcsökkenés ennél a fafajnál hozta meg a nagyobb fatérfogat növekményt.

Mindezek tükrében elmondható, hogy a fenyő (lucfenyő, erdei fenyő és kis arányban vörösfenyő) és kocsánytalan tölgy elegyből egy kocsánytalan tölgy jellemezte állomány lett.

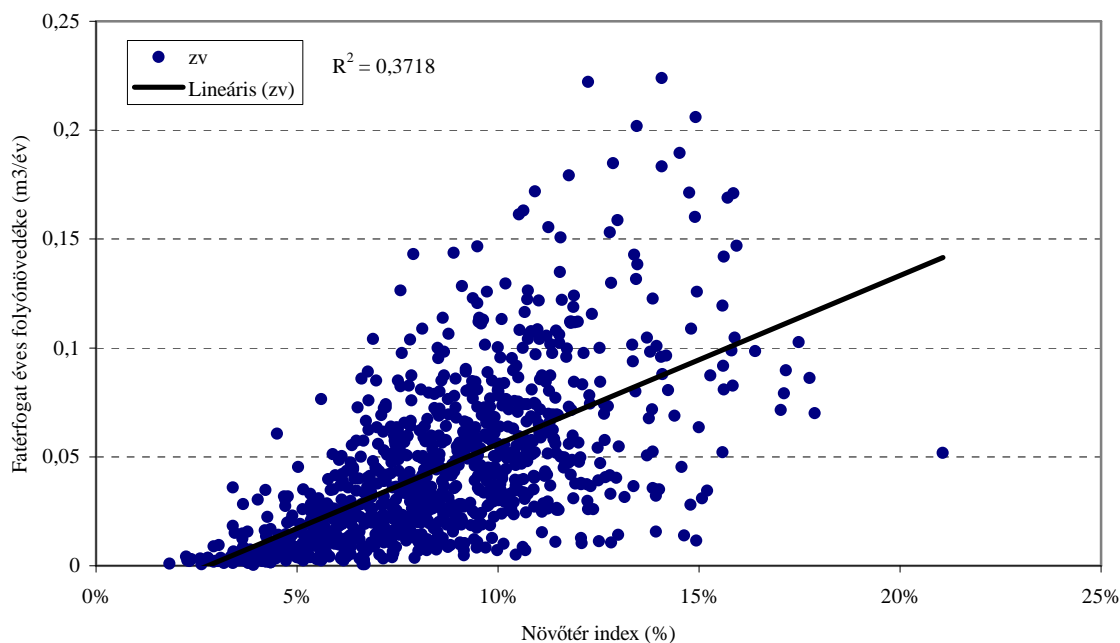
### 5.2.4. A folyónövedék és az éves fatérfogat növedék összefüggései a kompetíciós vizsgálatokban a Házoldal mintaterület esetében

A 38. ábra a mintaterület vizsgált növekedési időszakát jellemző növótér index és a mellmagassági átmérő éves növedéke közötti kapcsolatot mutatja be.



38. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke a növótér index függvényében

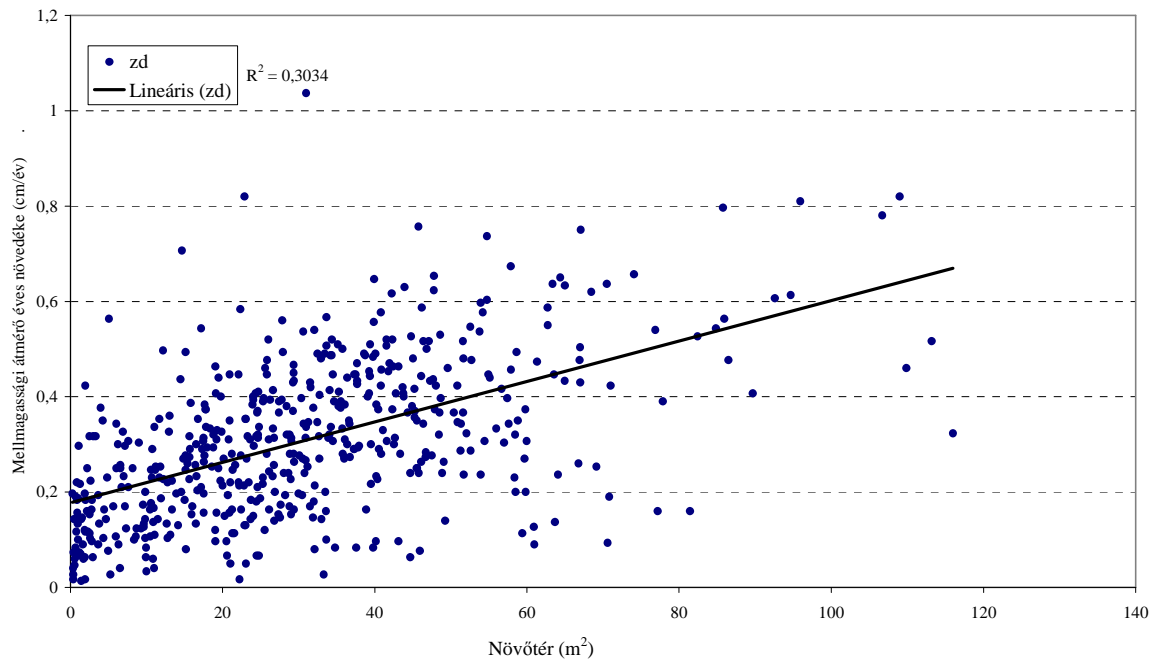
A két paraméter közötti determinációs koefficiens értéke  $R^2=0,28$ . A magasabb növőtér indexek esetében az egyes faegyedek éves mellmagassági átmérője lazább szórásképet mutat, mint alacsonyabb növőtér index mellett.



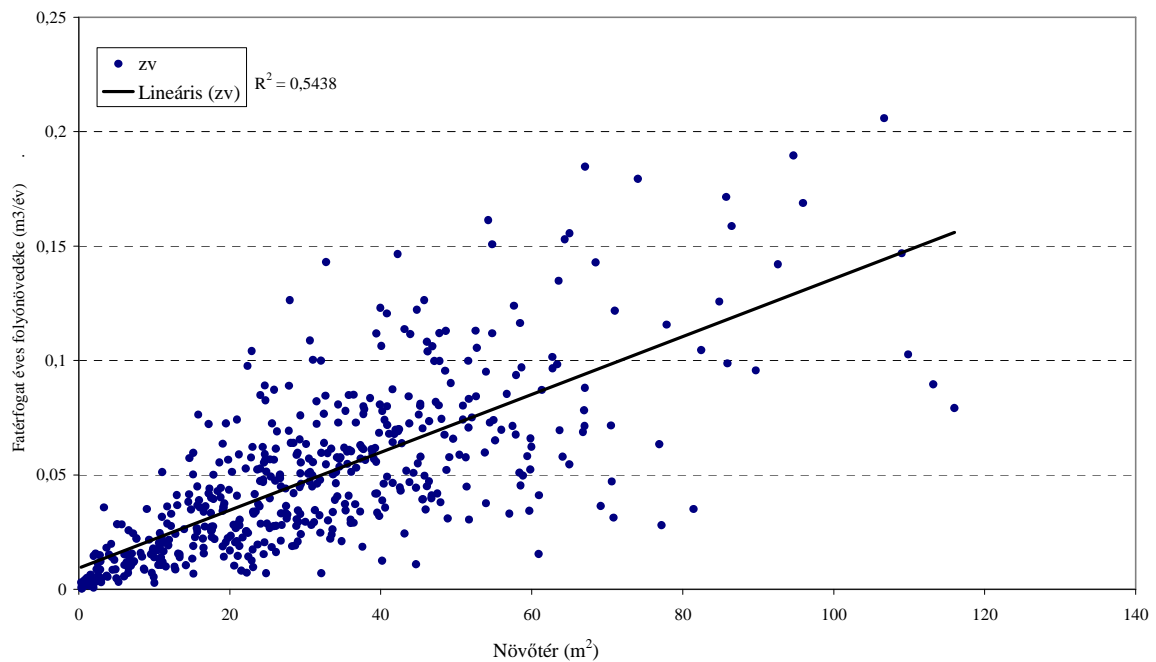
**39. ábra:** A fatérfogat éves növedéke a növőtér index függvényében

Hasonló összefüggést vizsgálva (39. ábra) a fatérfogat éves növedéke esetében azt találjuk, hogy a mintaterület állományszerkezete mellett szorosabb a növőtér index és a fatérfogat változás közötti kapcsolat.

A 40-41. ábrák a növőtér és a mellmagassági átmérő éves változásának, illetve a fatérfogat éves változásának kapcsolatát mutatja be.



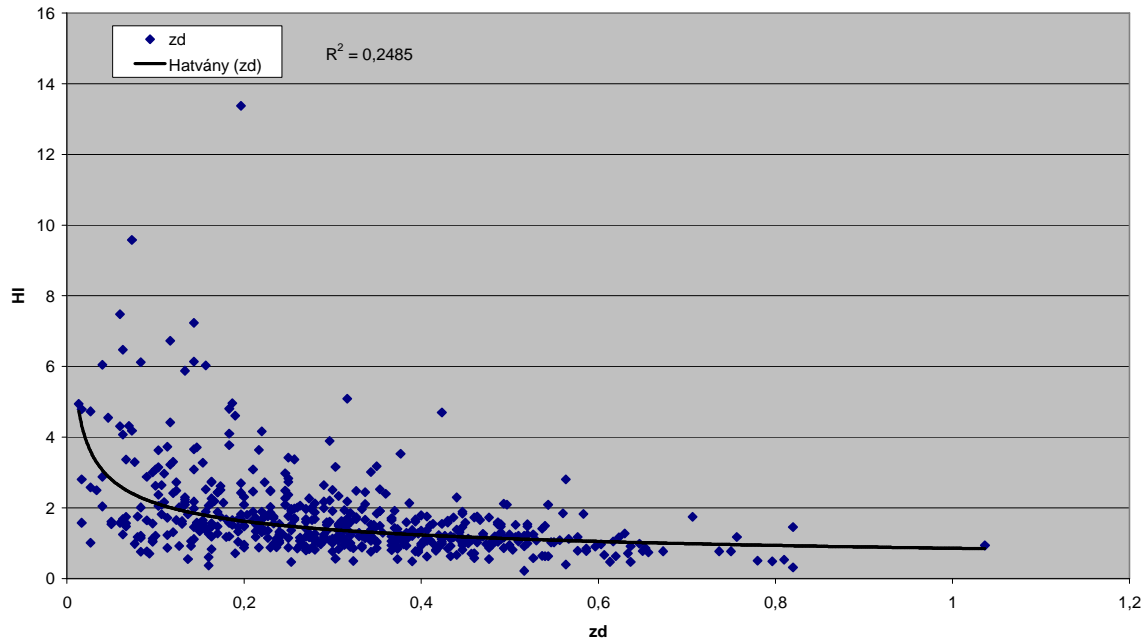
40. ábra: A mellmagassági átmérő és a növőtér összefüggése



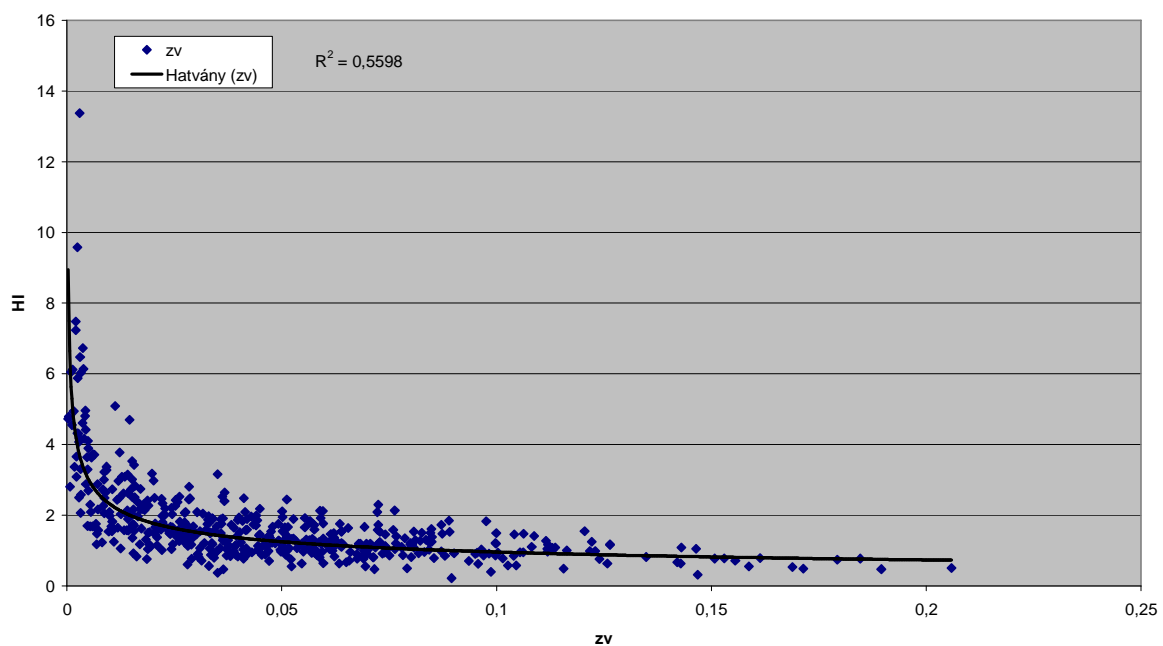
41. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a növőtér összefüggése

A növekedést jellemző paraméterek közül a teljes mintaterületet tekintve az éves fatérfogat változás érzékenyebb a növtér változására.

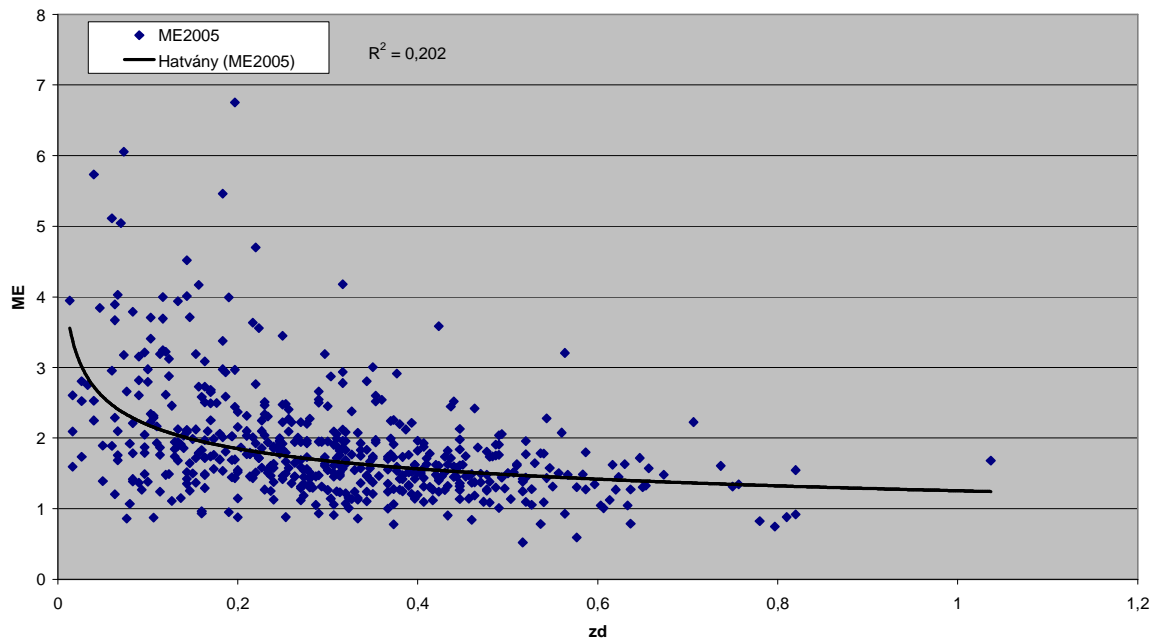
A továbbiakban a Hegyi index, az ME index, a Módosított ME index, a Lorimer index, valamint a Módosított Lorimer index hasonló összefüggéseit mutatom be (42-51. ábrák).



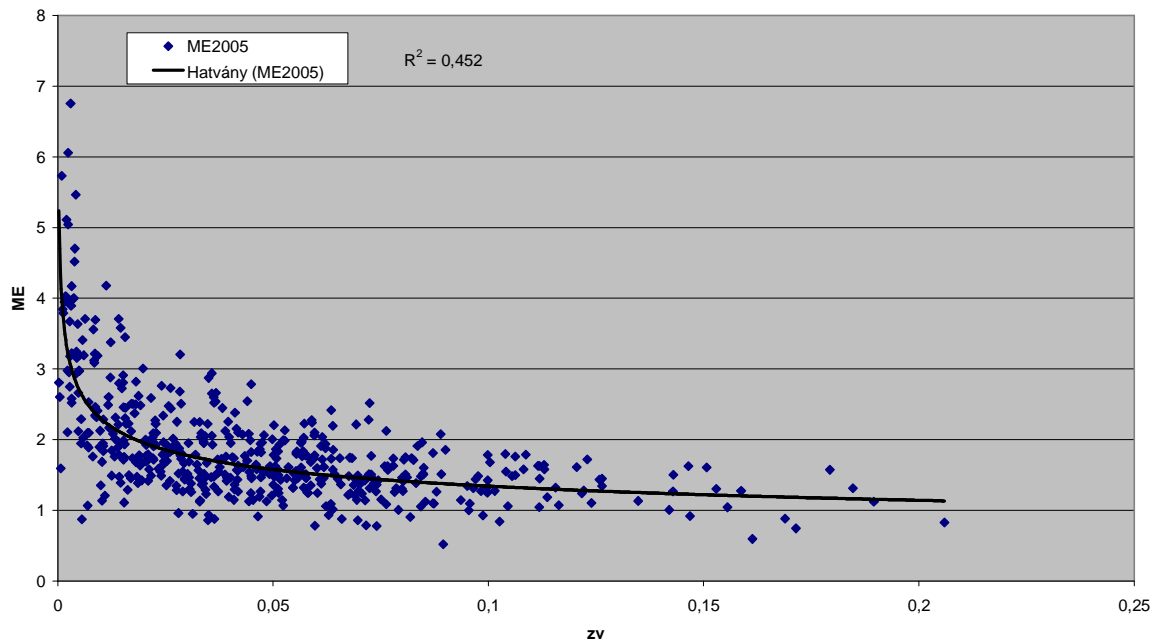
42. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Hegyi index összefüggése



43. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Hegyi index összefüggése

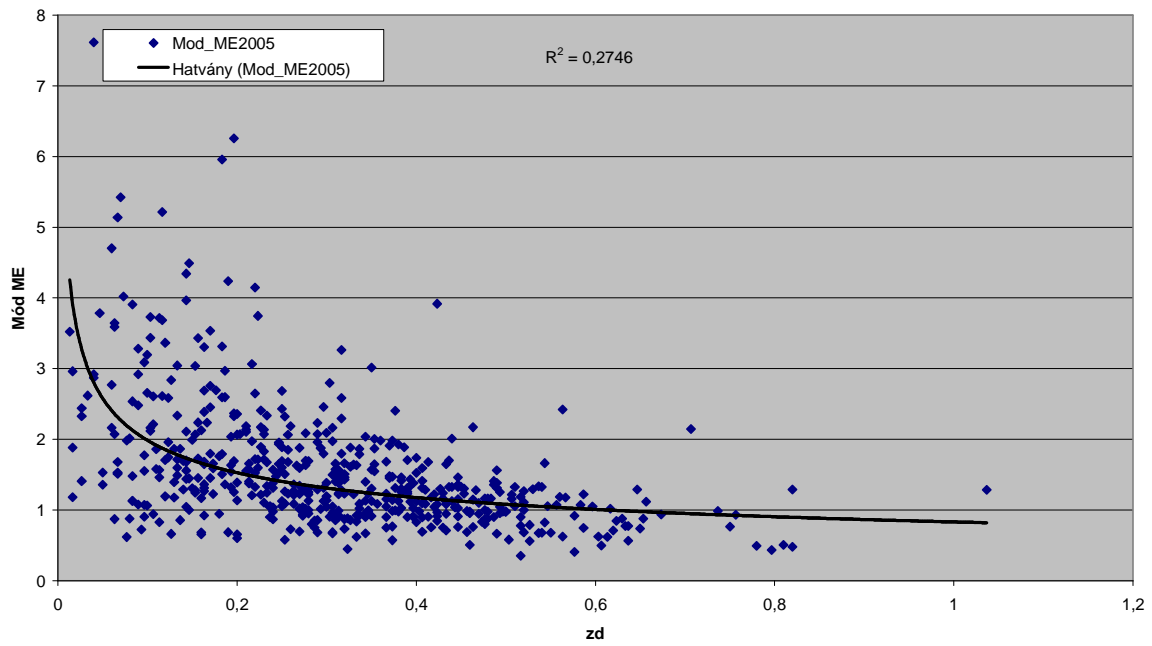


44. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és az ME index összefüggése

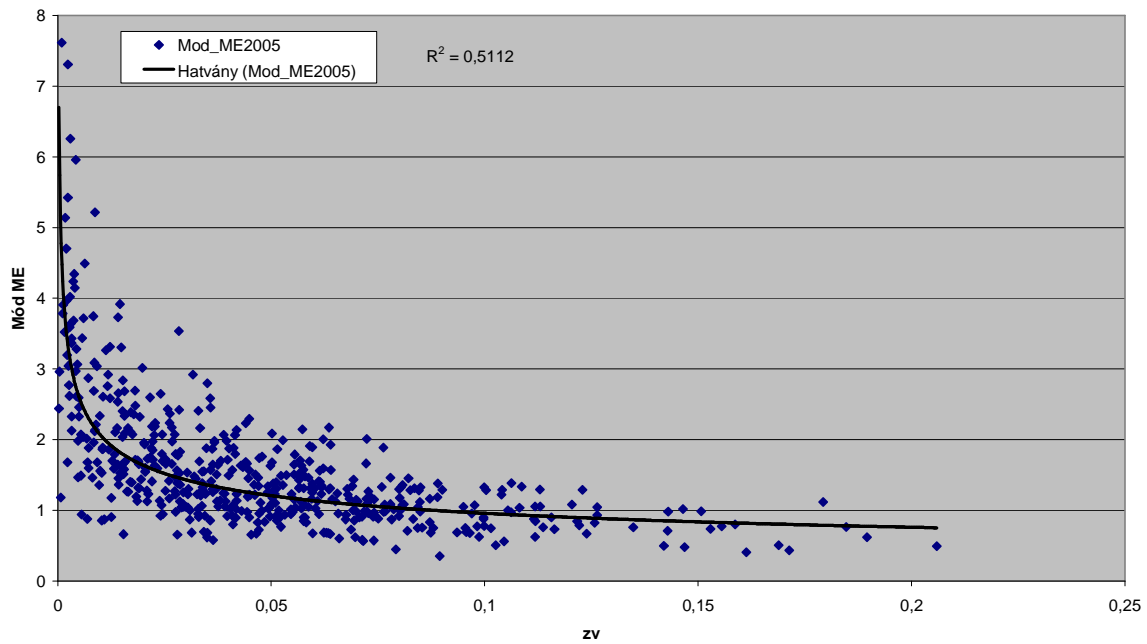


45. ábra: A fatérfogat éves növedéke és az ME index összefüggése

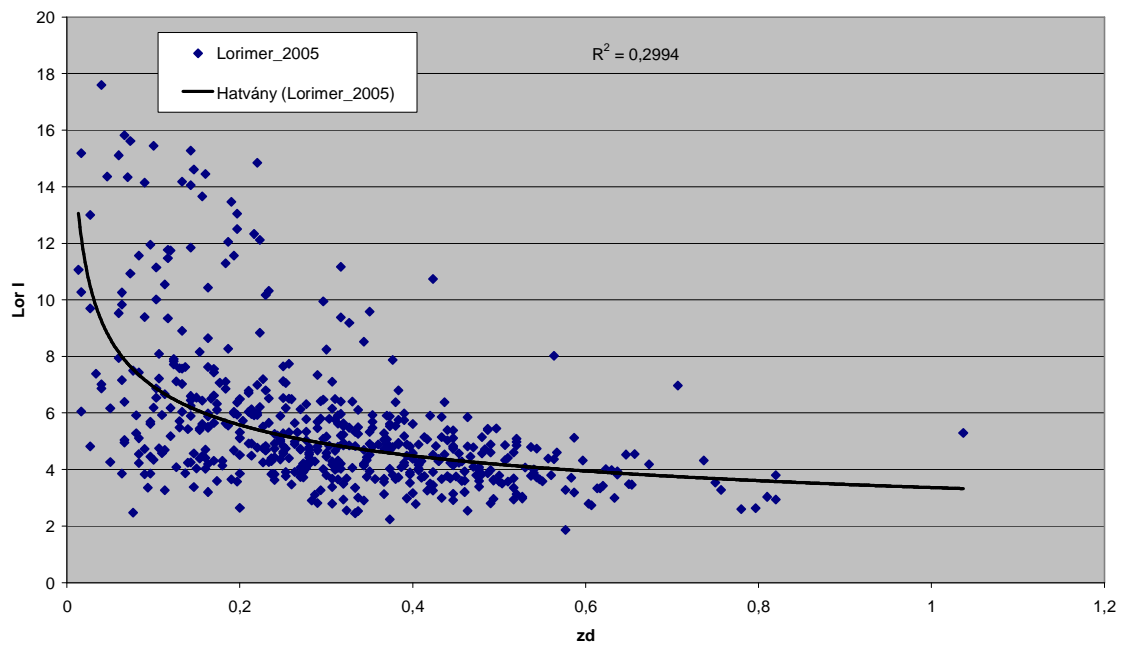




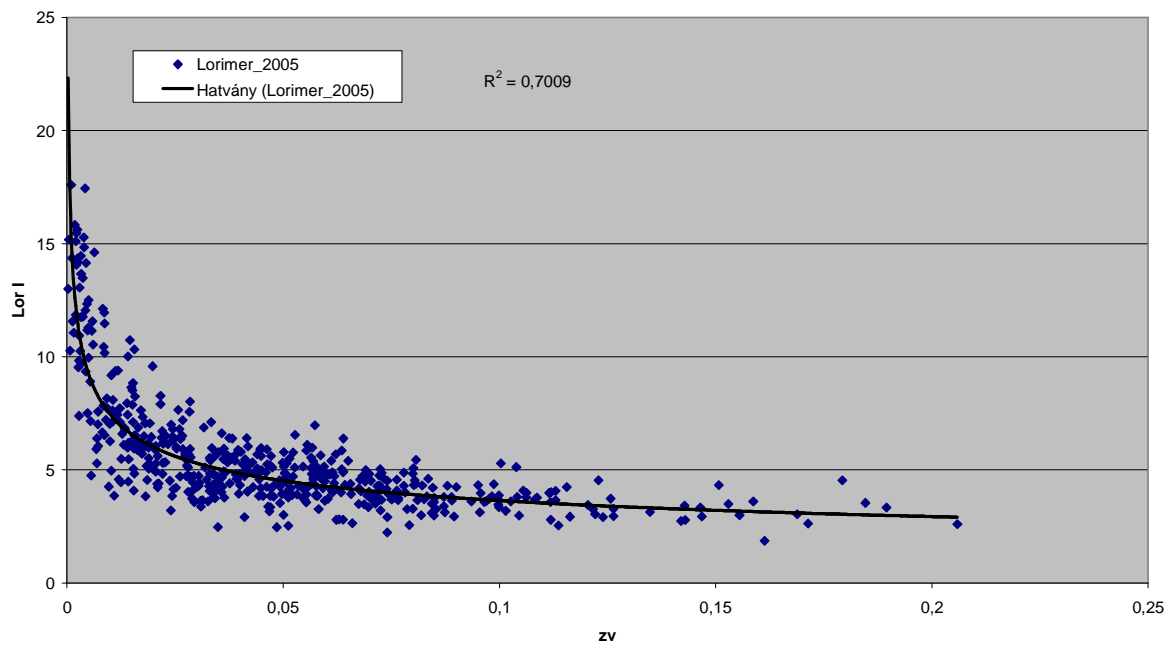
46. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Módosított ME index összefüggése



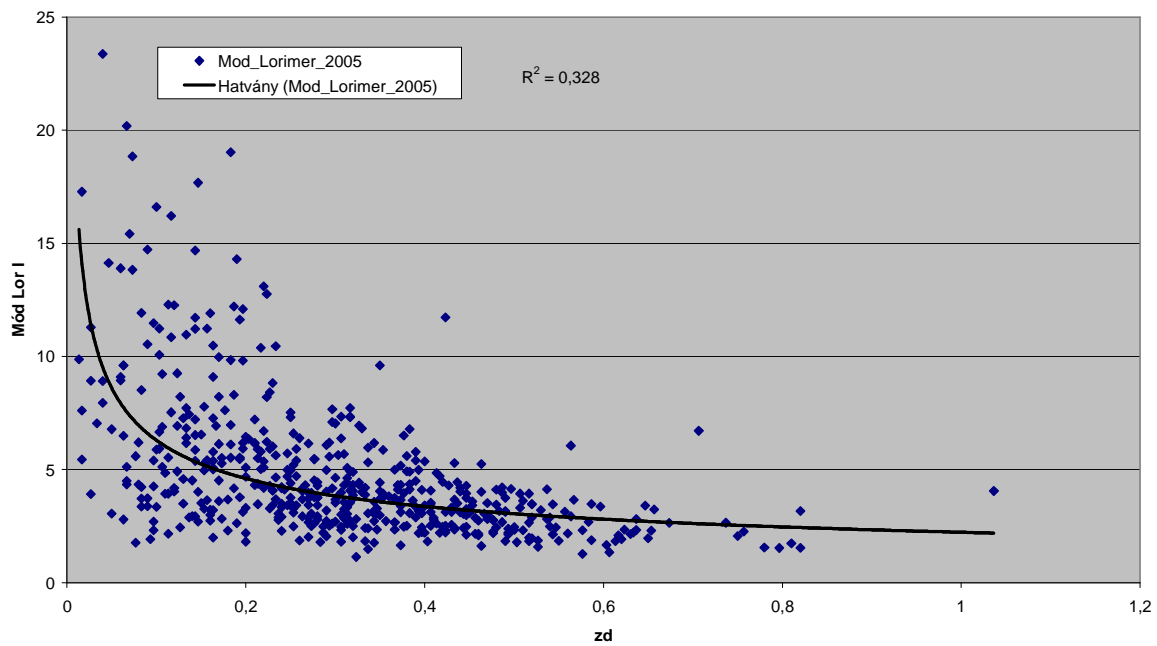
47. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Módosított ME index összefüggése



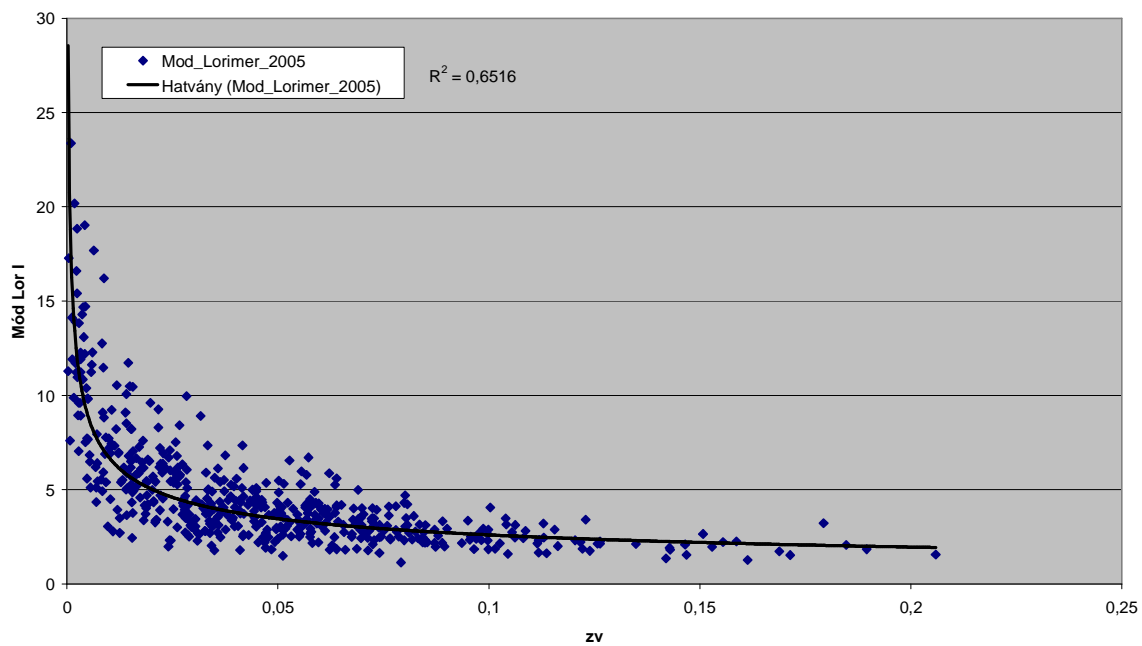
48. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Lorimer index összefüggése



49. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Lorimer index összefüggése



50. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Módosított Lorimer index összefüggése



51. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Módosított Lorimer index összefüggése

Látható, hogy a fatérfogat változás szorosabb korrelációt mutat minden esetben, mint a mellmagassági átmérő éves változása. A módosított indexek esetében pedig egy kivételtől eltekintve szorosabb összefüggéseket tapasztalunk ebben az állományszerkezetben, mint a szakirodalomban publikált eredeti indexformulákkal kiszámított értékek.

### 5.2.5. Térparaméteres statisztikai vizsgálatok a Házoldal mintaterületen

A Házoldal mintaterület faegyedeinek mintaterületen belüli elhelyezkedését valamint a fakitermelések területi érintettségére vonatkozó statisztikai számítások eredményei az alábbiak:

#### Leíró statisztika

The input data file: h2005.dat

The total number of points: 952

	X	Y	Z
Minimum	1.250	0.930	1.000
Maximum	150.310	199.460	1.000
Mean	79.190	96.860	1.000
Stand. Dev.	44.969	58.573	0.000
Skewness	-0.104	0.096	0.000
Kurtosis	1.705	1.762	0.000

#### Legközelebbi szomszéd statisztika

The input data file: h2005.dat

The total number of points: 952

The minimum x coordinate: 1.250000

The maximum x coordinate: 150.309998

The minimum y coordinate: 0.930000

The maximum y coordinate: 199.460007

The total area: 29592.8823

Observed mean,	Expected mean,	Variance,	Z-value
3.4197	2.8262	0.0024	12.0048

Az eredeti 3 ha kijelölt mintaterületen a 2005-ben visszamaradt faegyedek 2,95 ha foglalnak el. Az egyedek a mintaterület egészén teljesen diszperz eloszlásban figyelhetők meg ( $Z=12,0048$ , valamint a megfigyelt átlagos tőtávolság nagyobb, mint az elvárt érték).

A fakitermelések – illetve az elhalt, így kompetícióban már nem számottevő egyedek – térbeli elhelyezkedéséről a következő statisztikai adatok adnak tájékoztatást:

#### Leíró statisztika

The input data file: hk.dat

The total number of points: 712

	X	Y	Z
Minimum	1.300	0.930	1.000
Maximum	150.870	198.180	1.000
Mean	68.912	98.475	1.000
Stand. Dev.	40.761	58.206	0.000
Skewness	0.257	0.014	0.000
Kurtosis	1.932	1.773	0.000

#### Legközelebbi szomszéd statisztika

The input data file: hk.dat

The total number of points: 712

The minimum x coordinate: 1.300000

The maximum x coordinate: 150.869995

The minimum y coordinate: 0.930000

The maximum y coordinate: 198.179993

The total area: 29502.6804

Observed mean, Expected mean, Variance, Z-value

3.6100 3.2701 0.0044 5.1241

Az adatokból látható, hogy a kompetícióból kikerülő egyedek elhelyezkedése szintén diszperz a területen.

A kompetíciós feltételek szempontjából fontos információ, hogy az egyes méretcsoportok milyen területi eloszlásban fordulnak elő.

## Global Moran's I

The input data file: h05xyd20m.dat

The total number of points: 524

Distance	Moran's I	Expected I	Variance	Z-value
5.0000	-0.0314	-0.0019	0.0026	-0.5803
10.0000	-0.0200	-0.0019	0.0006	-0.7222

## Global Geary's c

The input data file: h05xyd20m.dat

The total number of points: 524

Distance	Geary's c	Variance	Z-value
5.0000	1.15156	0.005522	2.03958
10.0000	1.04059	0.001258	1.14443

## General Getis-Ord's G

The input data file: h05xyd20m.dat

The total number of points: 524

Distance	G(d)	Expected G(d)	Variance	Z-value
5.0000	0.00312	0.0035	0.00000	-5.0164
10.0000	0.01523	0.0155	0.00000	-1.9280

A Geary's c érték 5 m és 10 m méter sugarú körön belül is negatív autokorrelációt mutat (bár 10 m-es körön belül ennek szignifikanciája alacsonyabb), amit a Moran's I értékek is alátámasztanak.

### 5.3. Kemping mintaterület

A Kemping mintaterület esetében az 1990-es kijelölést követően kettő felvétel történt, amelyek rendre 1999. illetve 2005. évben voltak. Az egyes felvételek adataiból számolt faállományszerkezeti mutatók a következő, 9. táblázatban láthatók.

9. Táblázat: A Kempint mintaterület faállományszerkezeti adatai

	1.felv.	H <sub>g</sub>	D <sub>g</sub>	N	G	V	2.felv.	H <sub>g</sub>	D <sub>g</sub>	N	G	V	3.felv.	H <sub>g</sub>	D <sub>g</sub>	N	G	V
fajfaj		(m)	(cm)	(db/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)		(m)	(cm)	(db/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)		(m)	(cm)	(db/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)
KTT		18,0	24,0	480	21,8	237,3		20,4	28,8	338	21,9	269,1		22,0	30,4	277	20,1	264,7
EF		20,4	32,9	78	6,6	70,8		21,9	35,5	74	7,4	83,4		23,3	36,0	27	2,8	32,4
LF		20,3	25,8	2	0,1	1,2		17,3	32,5	0	0,0	0,3		18,8	34,3	0	0,0	0,3
GY		16,1	18,9	2	0,0	0,4		17,8	19,9	2	0,1	0,5		18,7	20,6	2	0,1	0,6
SZG		16,3	24,7	1	0,0	0,3		17,7	26,3	1	0,0	0,4		19,3	26,5	1	0,0	0,4
CSNY		17,3	27,1	1	0,0	0,4		18,4	30,6	1	0,0	0,6		21,5	37,8	0	0,0	0,5
FF		20,0	29,0	0	0,0	0,3		0,0	0,0	0	0,0	0,0		0,0	0,0	0	0,0	0,0
BABE		7,0	9,0	0	0,0	0,0		0,0	0,0	0	0,0	0,0		0,0	0,0	0	0,0	0,0
HJ		7,5	9,5	0	0,0	0,0		0,0	0,0	0	0,0	0,0		0,0	0,0	0	0,0	0,0
MJ		9,0	22,5	0	0,0	0,1		0,0	0,0	0	0,0	0,0		0,0	0,0	0	0,0	0,0
				564	28,7	310,9				415	29,5	354,3				307	23,0	299,0

### 5.3.1. Az 1990. évi felvétel

Az állomány egy kocsánytalan tölgyes terület, jelentősebb erdeifenyő eleggyel, és egy-két jelző elegy fafajjal. Bár a törzsszám magas, a hektáronkénti körlapösszeg 30 m<sup>2</sup>/ha alatt marad. A hektáronkénti fatérfogát közepesnek mondható. A állomány főfafajának az átlagmagassága alatta marad a fenyő elegyének.

### 5.3.2. Az 1999. évi felvétel

A törzsszám a kezdetihez képest ötödével csökkent. A hektáronkénti körlapösszeg nem éri el a 30 m<sup>2</sup>/ha-t. A főfafaj még mindig a kocsánytalan tölgy.

### 5.3.3. A 2005. évi felvétel

A törzsszám az előző felvételhez képest negyedével csökken. A kocsánytalan tölgy körlap szerinti elegyaránya magasabb, mint az elmúlt időszakokban. A tölgy átlagmagassága közel azonos a fenyő elegyével.

### 5.3.4. Az 1990. és 1999. évi felvétel közötti változások a Kemping mintaterület esetében

A jelentős törzsszám csökkenés mellett az élőfakészlet megközelítőleg 16%-al nőtt, a hektáronkénti körlapösszeg ellenben jelentősen nem változott. A törzsszám csökkentést a tölgy egyedek kivétele jelentette, mivel az egyéb fafajok hektáronkénti törzsszáma jelentősen

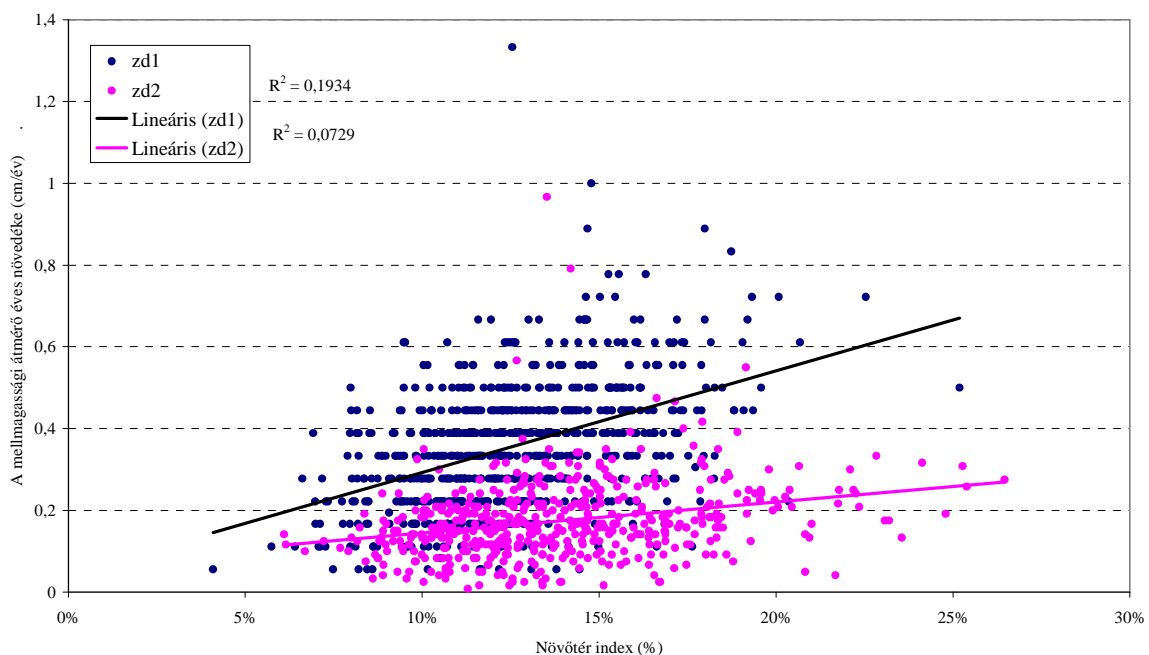
nem változott. A kitermelésnek köszönhető növtér többletet a nagyobb fölényben lévő tölgy hasznosította.

### 5.3.5. Az 1999. és 2005. évi felvétel közötti változások a Kemping mintaterület esetében

A második és harmadik felvétel közötti növekedési időszak hossza 3 vegetációs időszakkal rövidebb, mint az ezt megelőző vizsgált növekedési időszak. Ennek tükrében a jelentős törzsszám csökkentés – a tölgy esetében 18%, az erdefenyő esetében 63%-os törzsszámcsökkentést jelent – következtében a 2005-ben 83 éves állomány nem hasznosíthatta megfelelően a felszabaduló növőteret. Minden bizonnyal ennek tudható be a hektáronkénti fatérfogat illetve körlapösszeg csökkenés is.

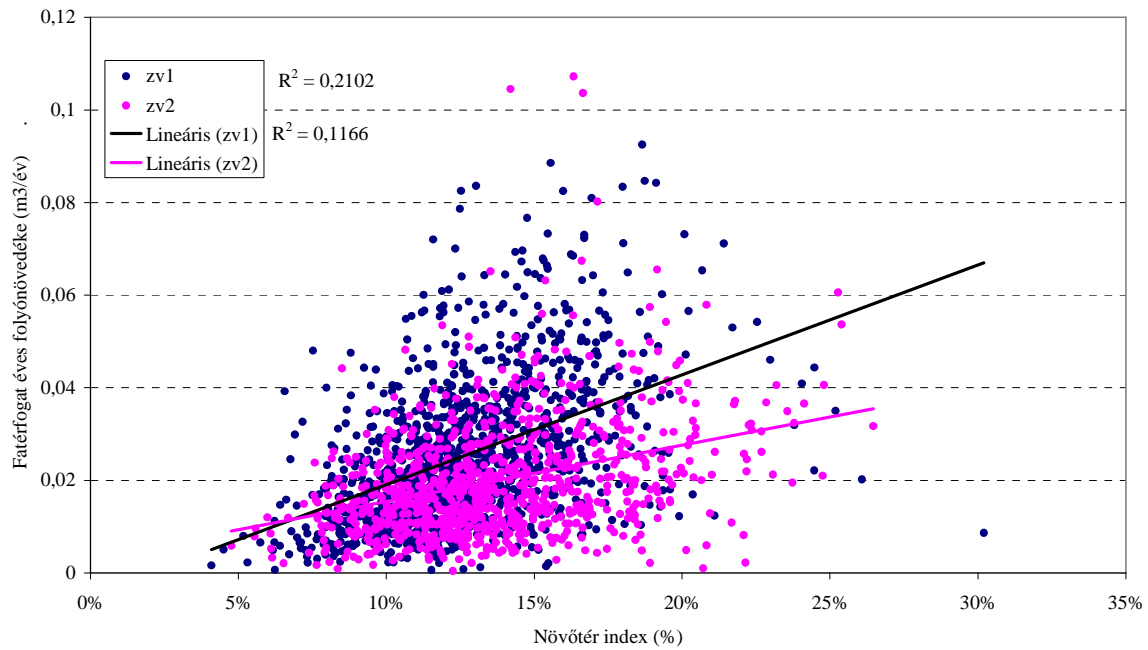
### 5.3.6. A folyónövedék és az éves fatérfogat növedék korrelációja a növőter index és a növőter paraméterekkel a két növekedési időszakban a Kemping mintaterület esetében

A következő ábrákon (52-55. ábrák) kékkkel jelölve az első növekedési időszaki mellmagassági átmérő éves növedékének valamint a fatérfogat éves növedéknek összefüggéseit mutatja be a növőterindex illetve a növőter paraméterekkel (lila színnel jelöltem a második növekedési időszak adatait).

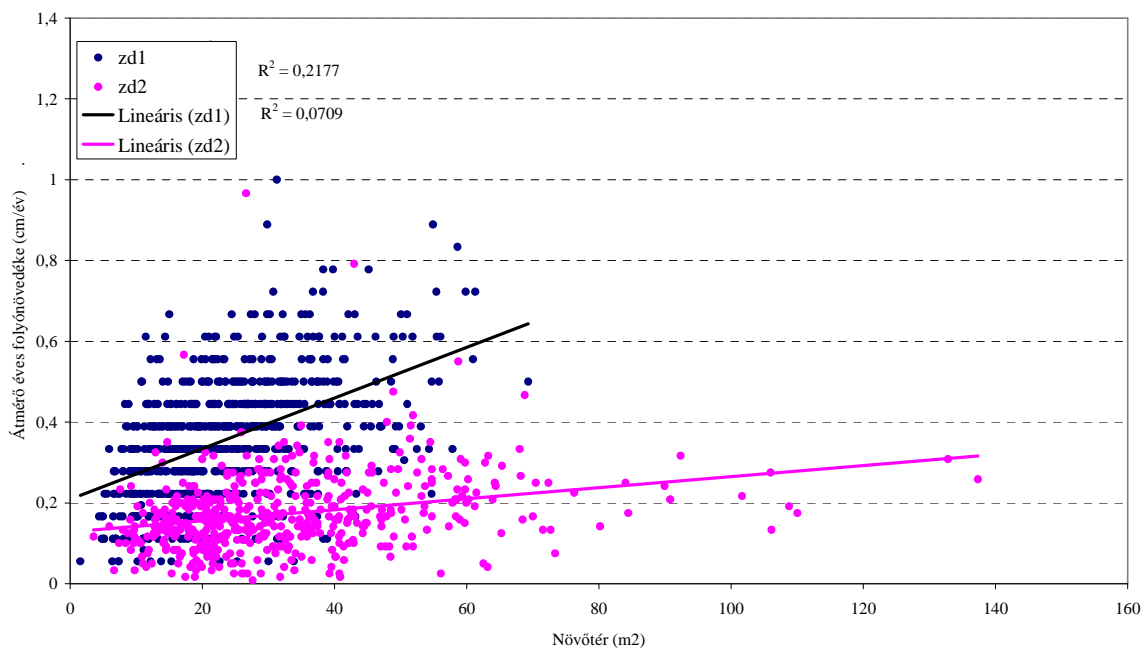


52. ábra: A növőter index és a mellmagassági átmérő éves növekedésének korrelációja

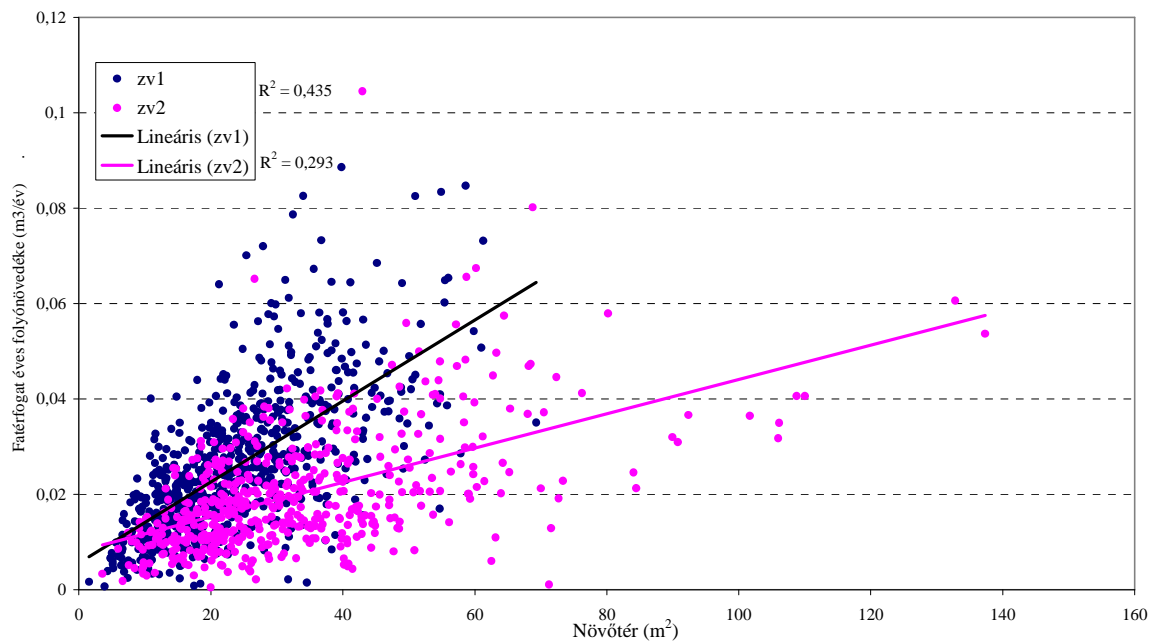




53. ábra: A növötér index és a fatérfogat éves növedékének korrelációja



54. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedék és a növötér korrelációja

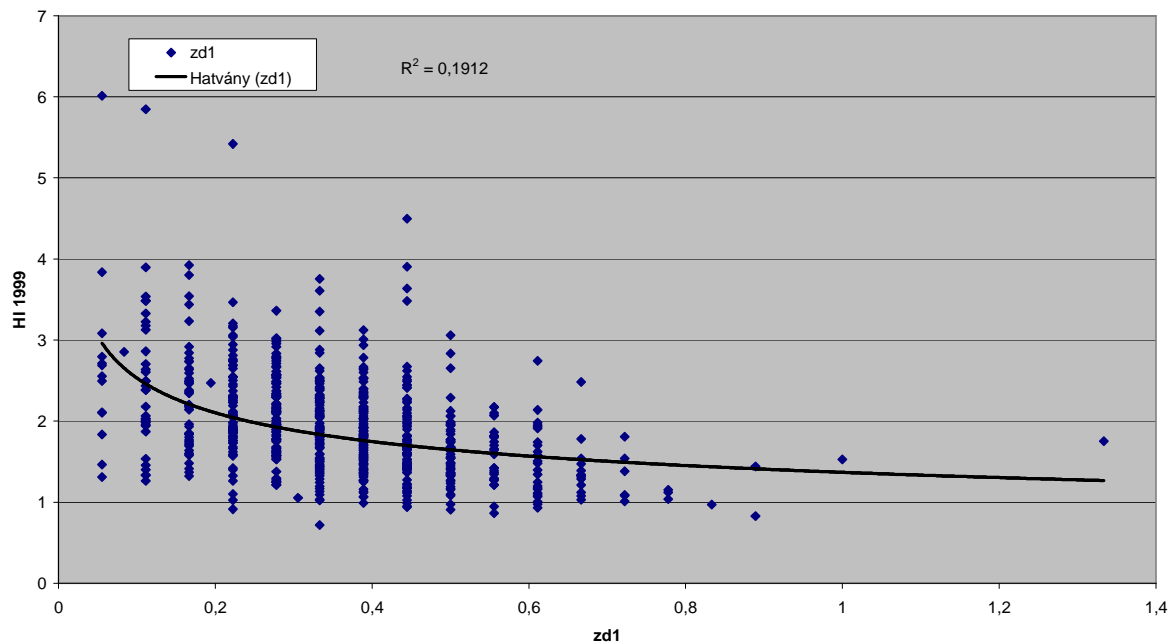


55. ábra: A fatérfgat éves növedéke és a növőtér közötti korreláció

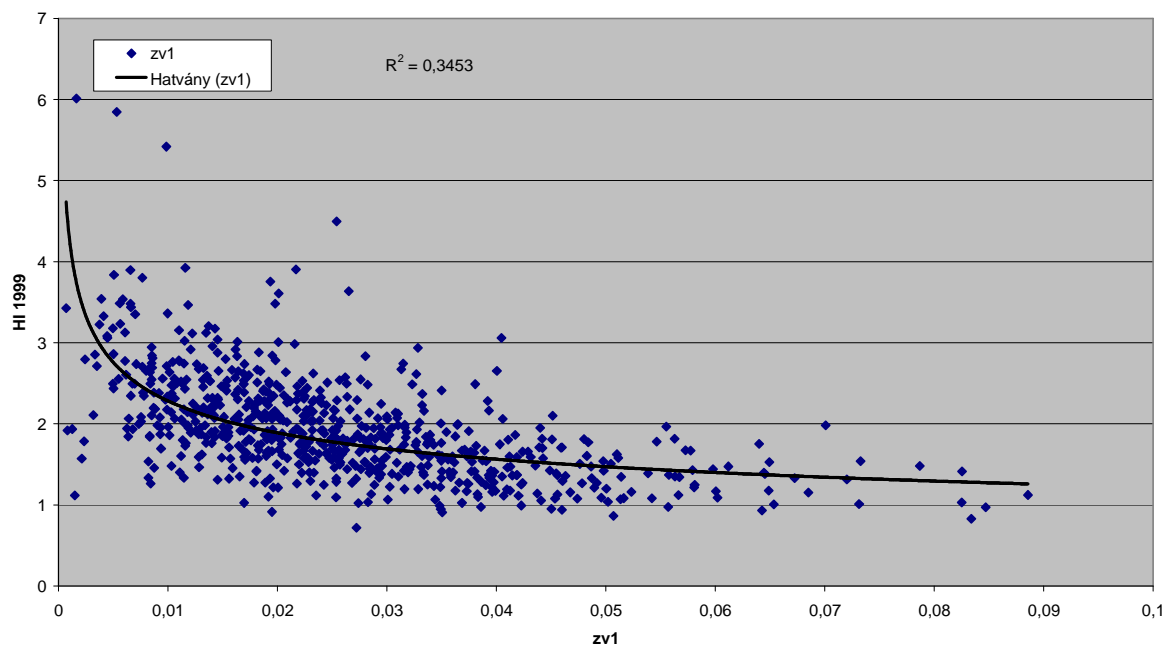
Mind a növőtér index összefüggéseire, mind pedig a növőtér összefüggéseire elmondható, hogy a mellmagassági átmérő éves növedéke és a fatérfgat éves növedéke összehasonlításban ez utóbbi szorosabb korrelációt mutat. Leolvasható az ábrákról az is, hogy ezek a determinációs együtthatók rendre az első növekedési időszakban szorosabb kapcsolatot feltételeznek, mint a másodikban.

A növőtér index-növőtér összehasonlításból látható, hogy a vizsgált növekedési indikátorok a növőtér változással szemben állítva szorosabb korrelációt mutatnak, ahol természetesen igaz a fatérfgat éves növedékével való szorosabb összefüggés is.

### 5.3.7. A folyónövedék és az éves fatérfogat növedék összefüggései az első növekedési időszak kompetíciós vizsgálataiban a Kemping mintaterület esetében



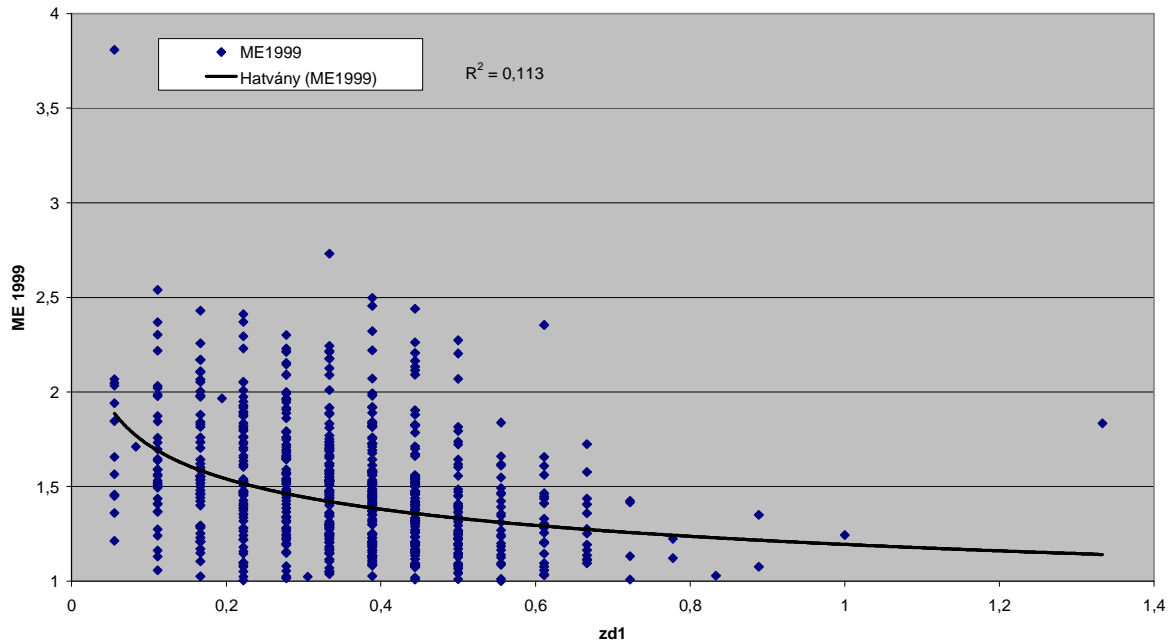
56. ábra: A Hegyi index és a mellmagassági átmérő éves növedékének összefüggése



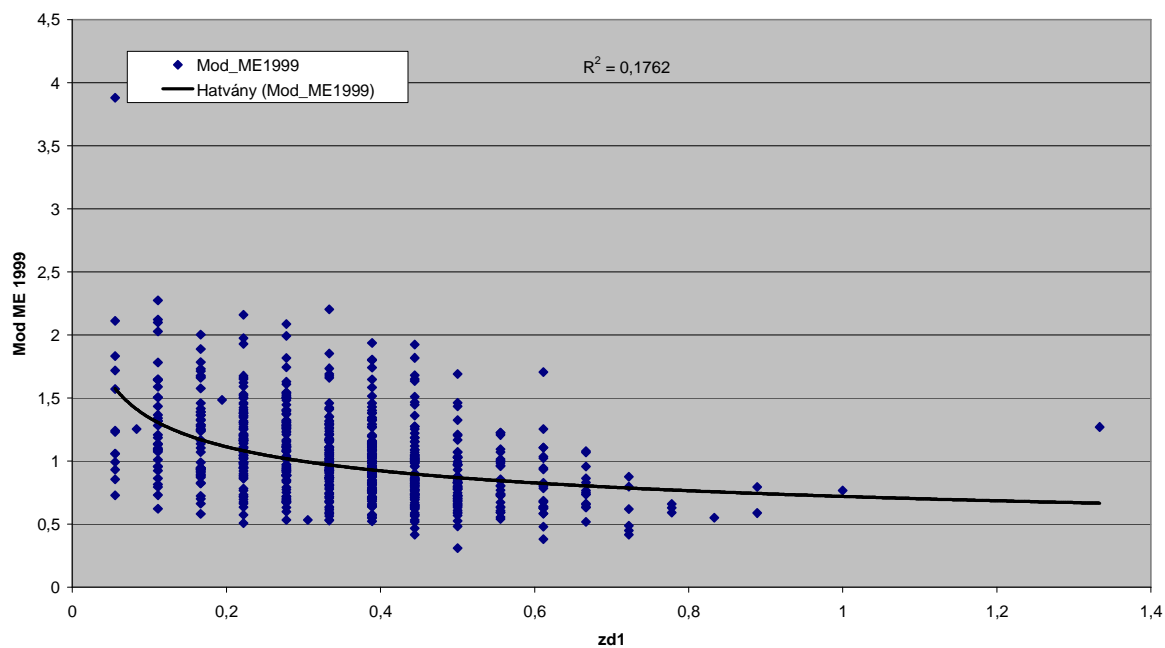
57. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Hegyi index összefüggése

A Kemping mintaterület 1999. évi állományszerkezete esetében az előző időszak növekedési paraméterek és a Hegyi index összefüggéseit vizsgálva elmondható (56-57.

ábrák), hogy a kompetítor és a központi fa mellmagassági átmérőjén alapuló kompetíciós index és a fatérfogat éves növedéke korrelációiban szorosabb kapcsolat áll fenn, mint a mellmagassági átmérő éves növedéke és a kompetíciós index között.



58. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és az ME index közötti összefüggés

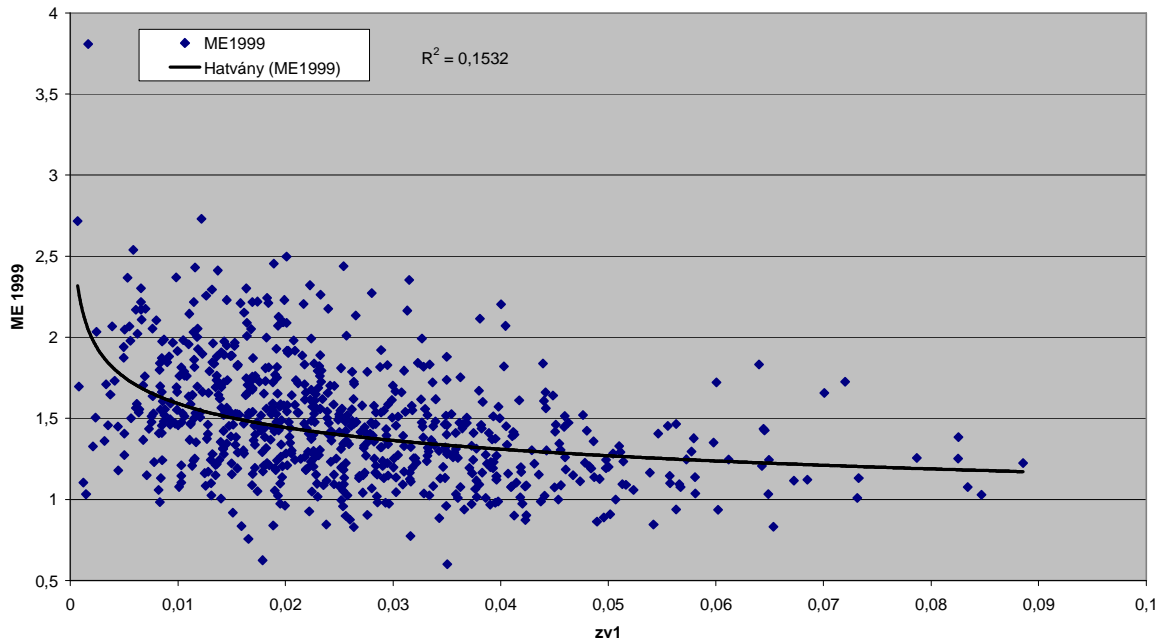


59. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Módosított ME index közötti összefüggés

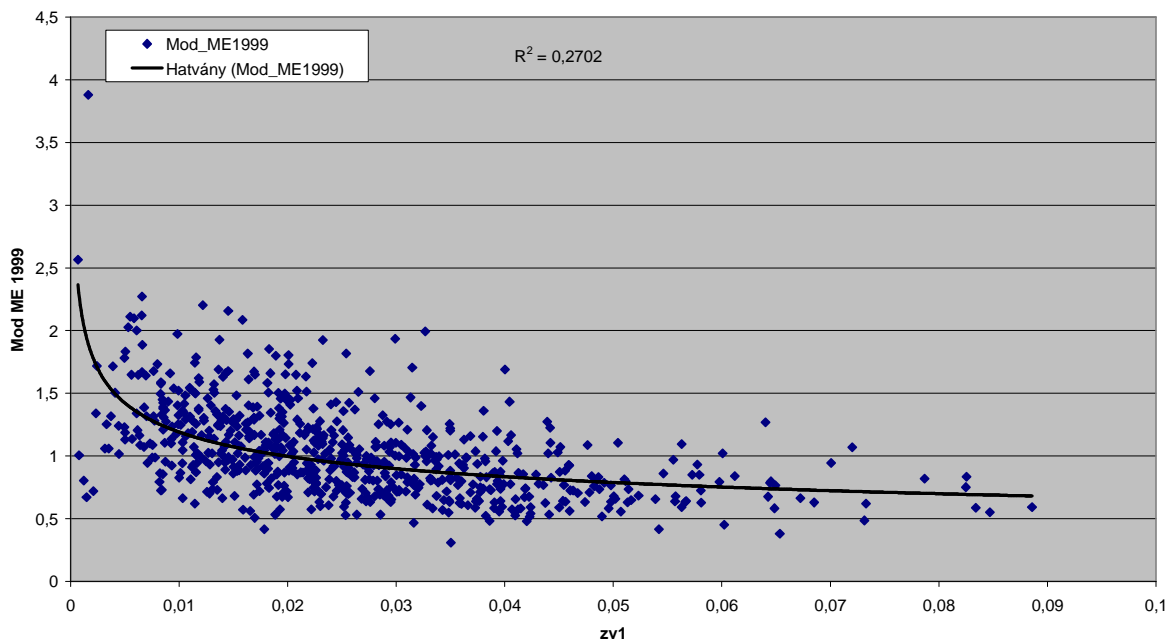
A jellemzően kocsánytalan tölgy fafajú állományban az ME index és a Módosított ME index korrelációi a mellmagassági átmérő éves növedékével az 58-59. ábrákon látható. A

módosító faktor alkalmazása mellett az amúgy gyenge összefüggések között kimutatható a faktor hatása, amellyel számolva a két mennyiség közötti kapcsolatot szorosabbá teszi.

A következő, 60-61. ábrákon ugyanezen két kompetíciós index és a fatérfogat éves növedéke közötti kapcsolat látható.



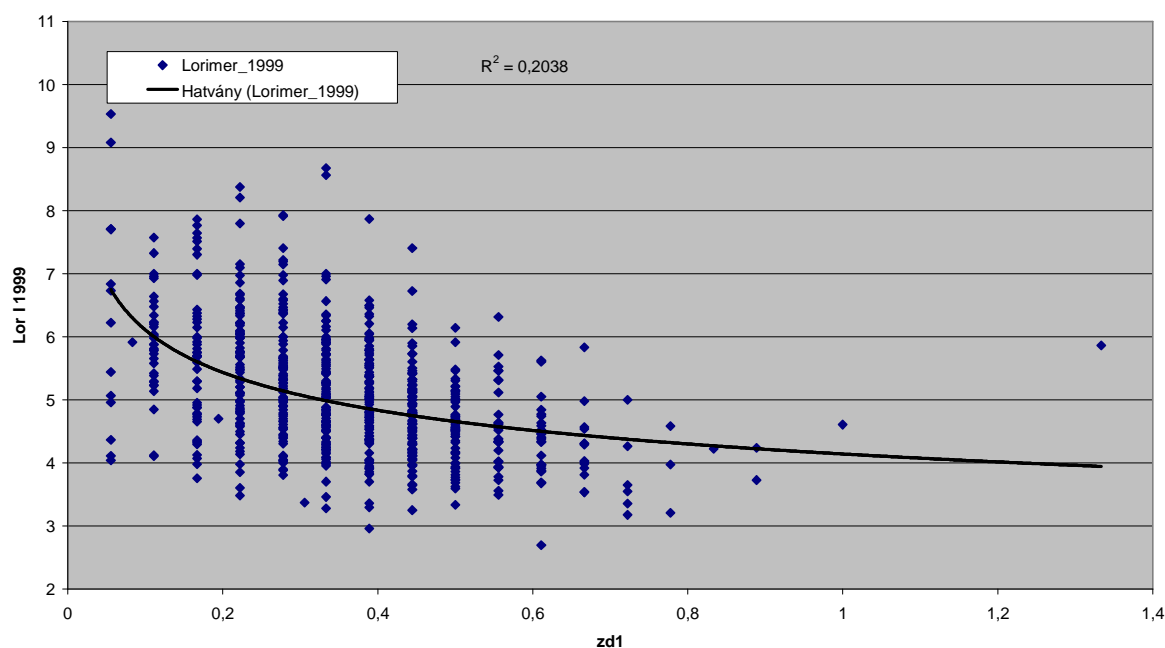
60. ábra: A fatérfogat éves növedéke és az ME index közötti összefüggés



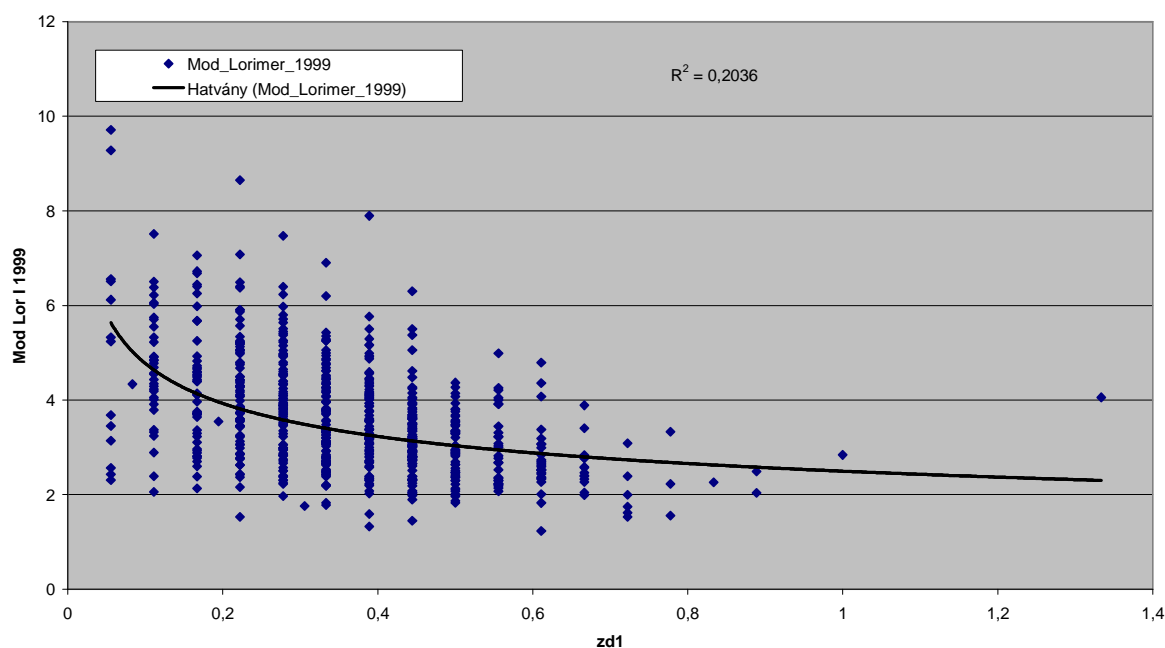
61. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Módosított ME index közötti összefüggés

Az összefüggések szorossága a növőtér index és a növőtér esetében tapasztaltakat tükrözi: a fatérfogat éves növedéke szorosabban korrelál az egyes kompetíciót kifejező indexekkel, mint a mellmagassági átmérő éves növedéke. Amennyiben az ME indexet a fent leírt módosító tényezővel korrigáljuk, úgy a nevezett összefüggés esetében az  $R^2=0,2702$  értékre változik, ami a szorosabb korrelációt jelzi.

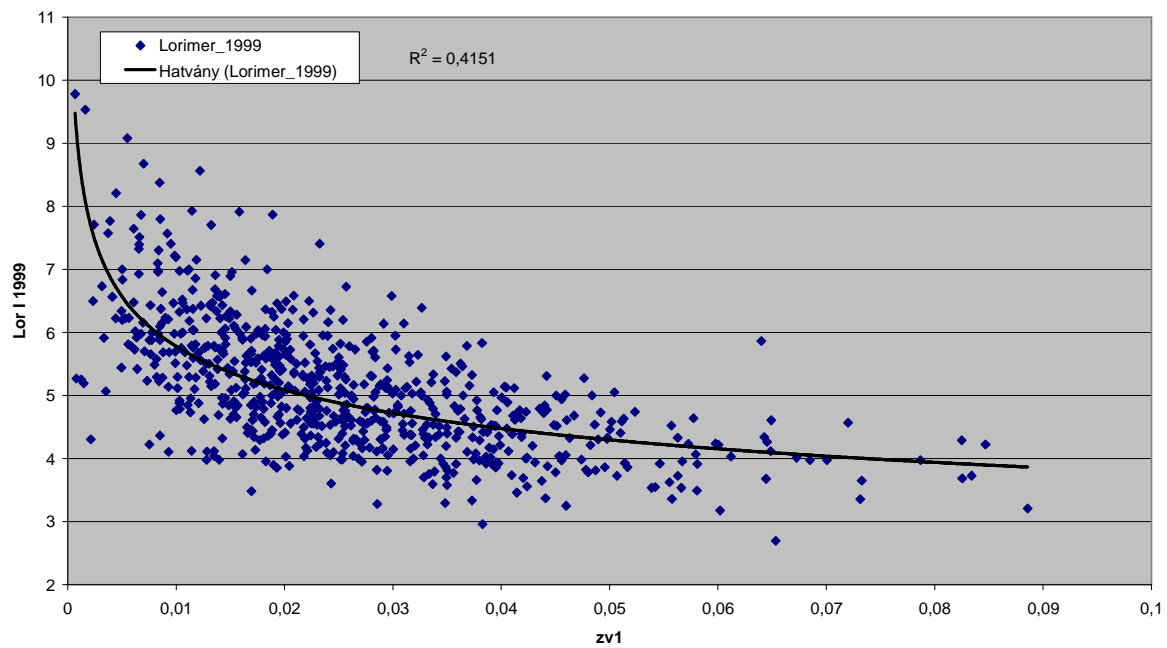
Hasonló összefüggéseket mutatnak a 62-65. ábrák – a Lorimer illetve a Módosított Lorimer index esetében:



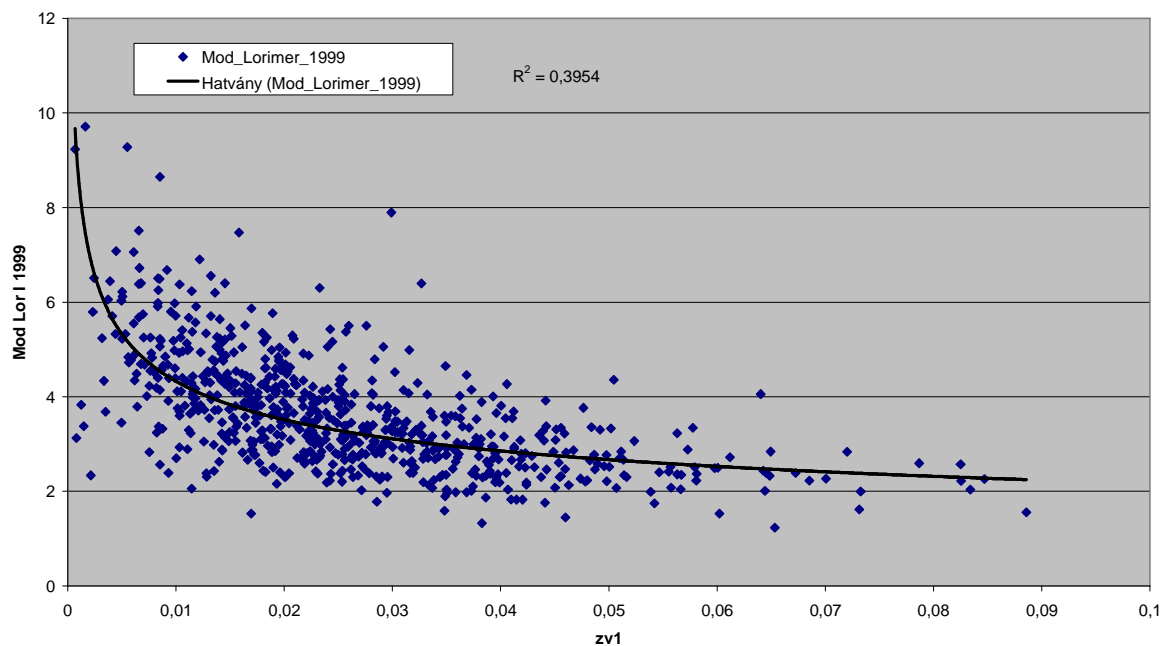
62. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Lorimer index összefüggése



63. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Módosított Lorimer index közötti összefüggés



64. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Lorimer index közötti összefüggés



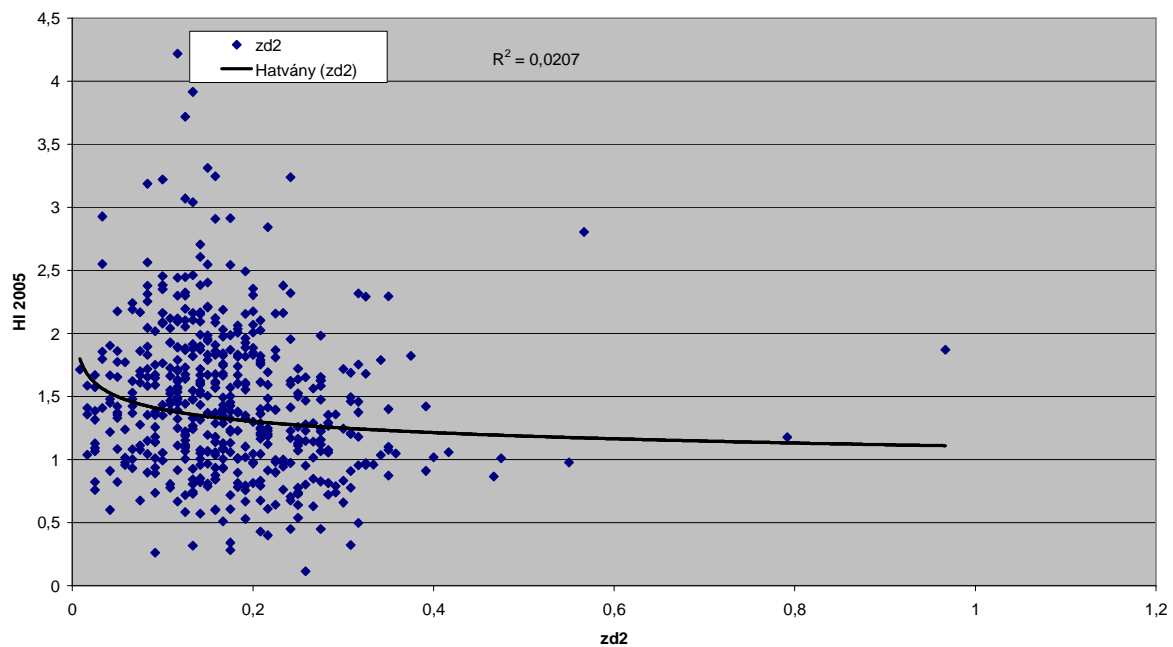
65. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Módosított Lorimer index közötti összefüggés

A Lorimer index esetében a módosító tényező ezen állományszerkezet mellett nem javított a fent ismertett összefüggések kapcsolatának szorosságán, azonban a Lorimer index az ME index korrelációs értékeit felülmúlják. A Lorimer index esetében is igaz, hogy a

fatérfogat éves növedékével korreláltatva erősebb kapcsolatra enged következtetni a magasabb  $R^2$  érték.

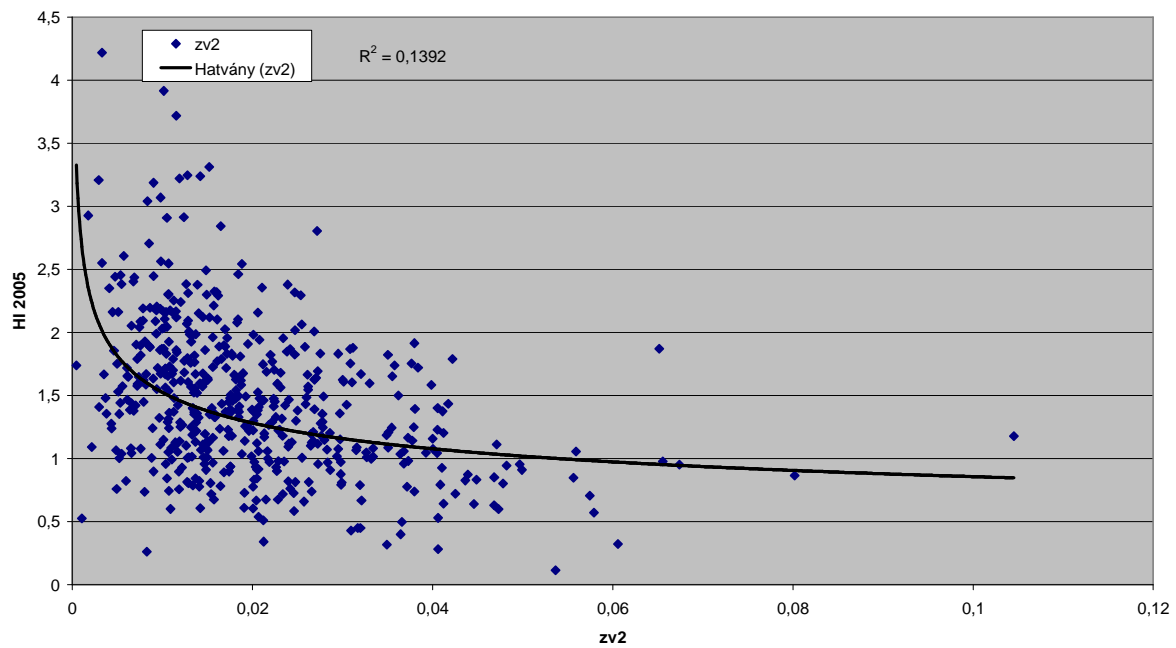
### 5.3.8. A folyónövedék és az éves fatérfogat növedék összefüggései a második növekedési időszak kompetíciós vizsgálataiban a Kemping mintaterület esetében

Az 1999-2005 közötti időszakban az állomány növekedését jelentősen befolyásolta a nagymérvű törzsszámcsökkentés, aminek köszönhető, hogy az összfatermés kisebb, mint az ezt megelőző időszakban. Mindezek mellett a növekedést jelző paraméterek a Hegyi index értékeivel korreláltatva a következő eredményt mutatják (66-67. ábrák):



66. ábra: A Hegyi index és a mellmagassági átmérő közötti összefüggés

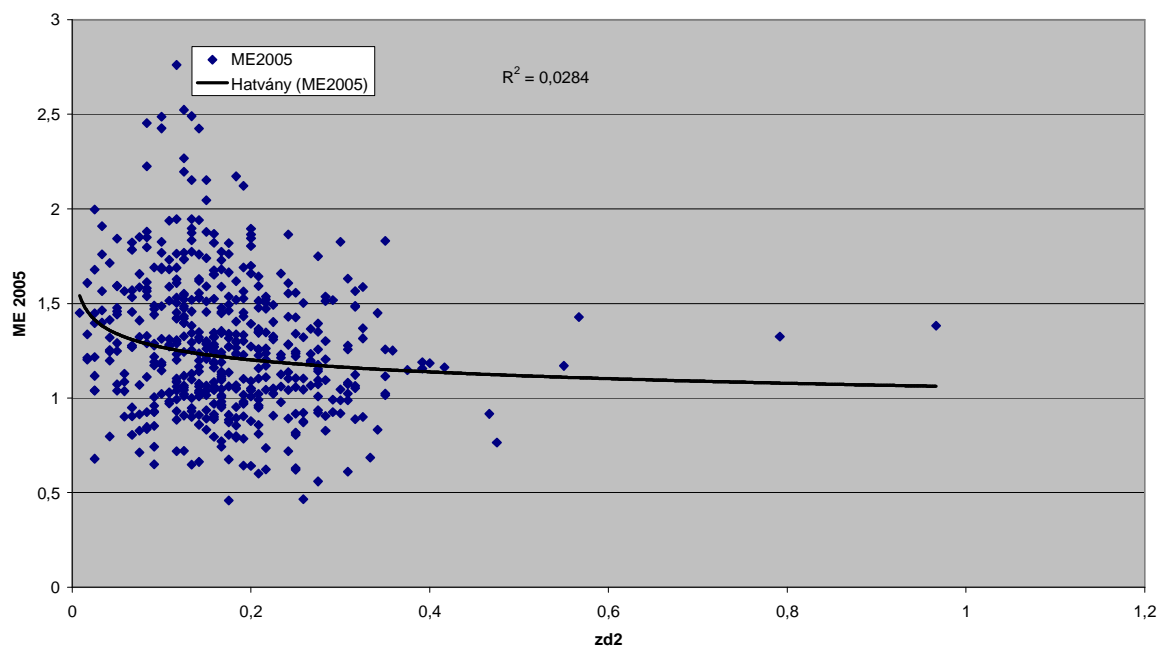




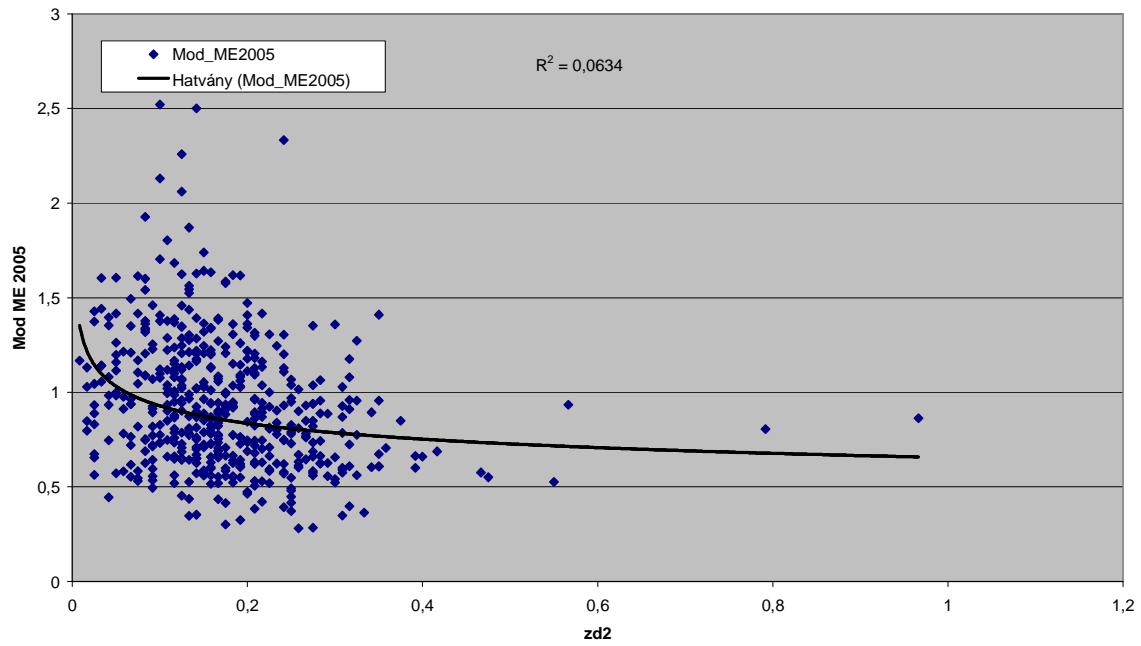
67. ábra: A Hegyi index és a fatérfogat éves növedéke közötti összefüggés

A kompetíciós mutatószám mindkét esetben rossz korreláció mellett vizsgálható, azonban a fatérfogat éves növedéke ezen esetben is kvázi-szorosabb összefüggést mutat.

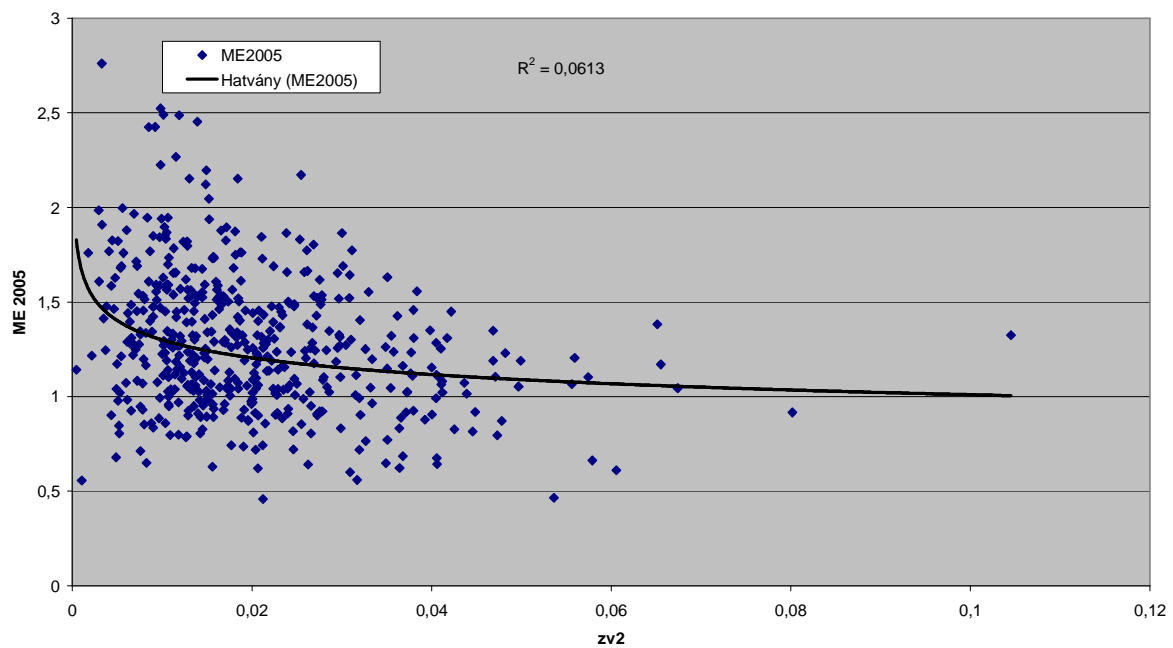
Ugyanezen vizsgálatok az ME illetve a Módosított ME index esetében a következők (68-71. ábrák):



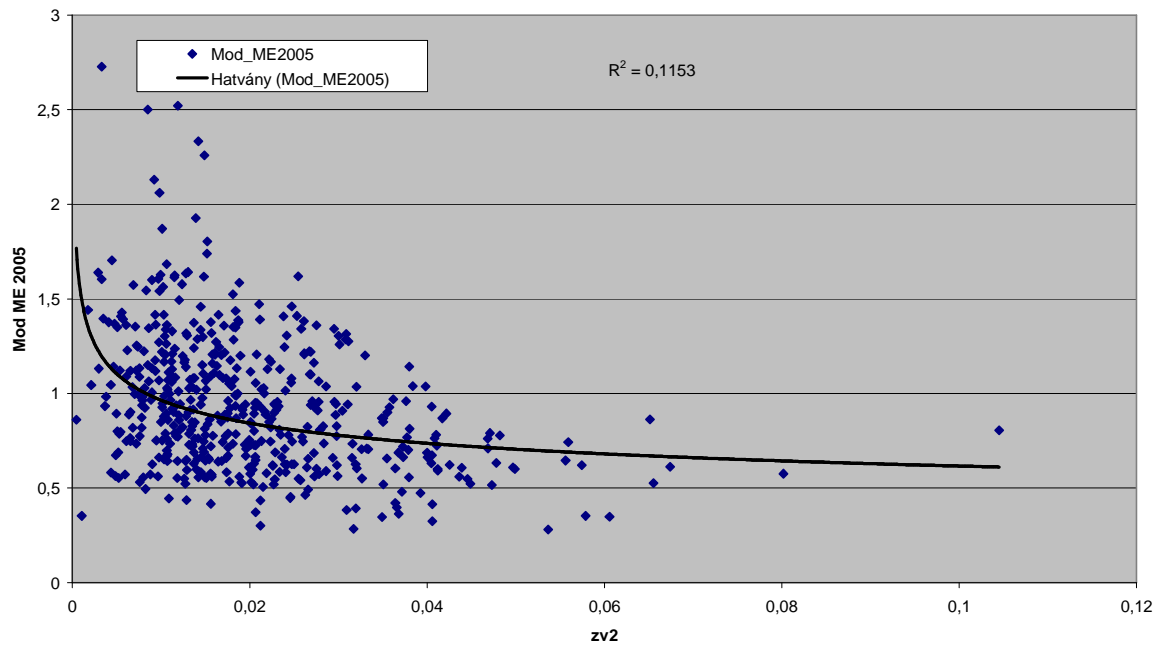
68. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és az ME index összefüggése



69. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Módosított ME index összefüggése

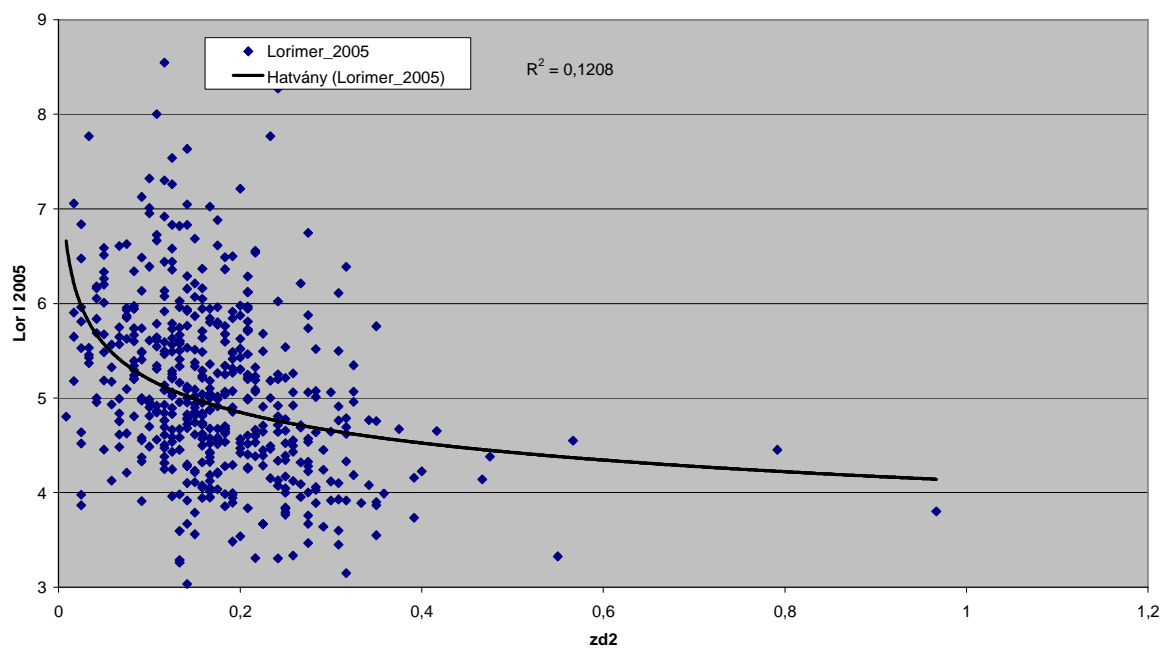


70. ábra: A fatérfogat éves növedéke és az ME index összefüggése

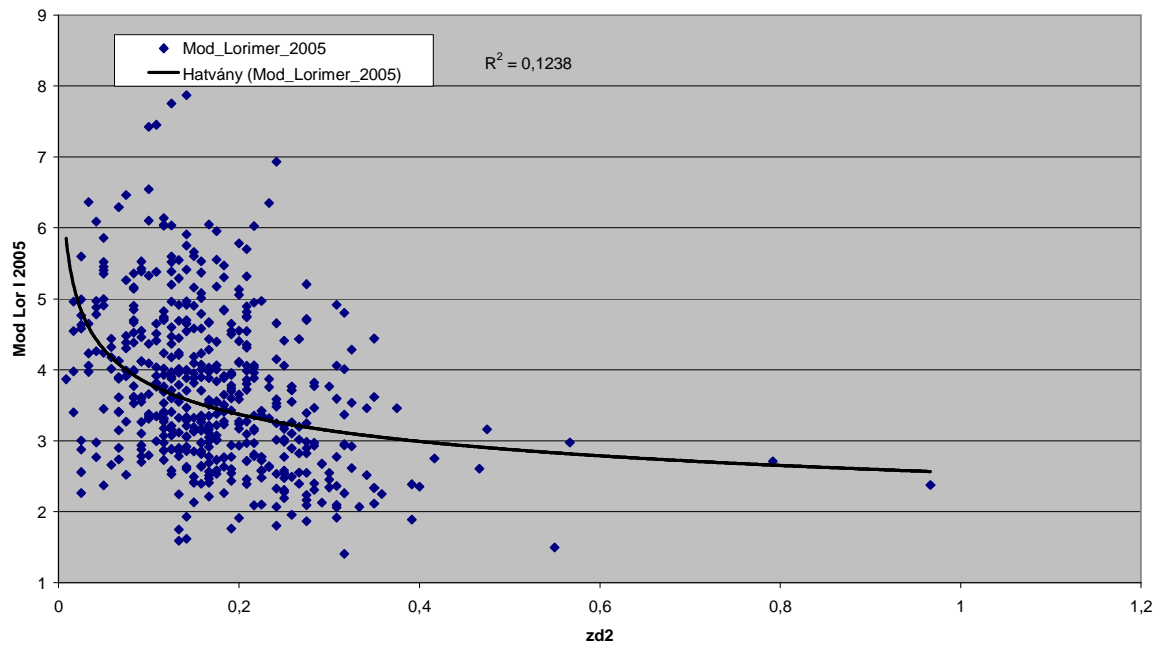


71. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Módosított ME index összefüggése

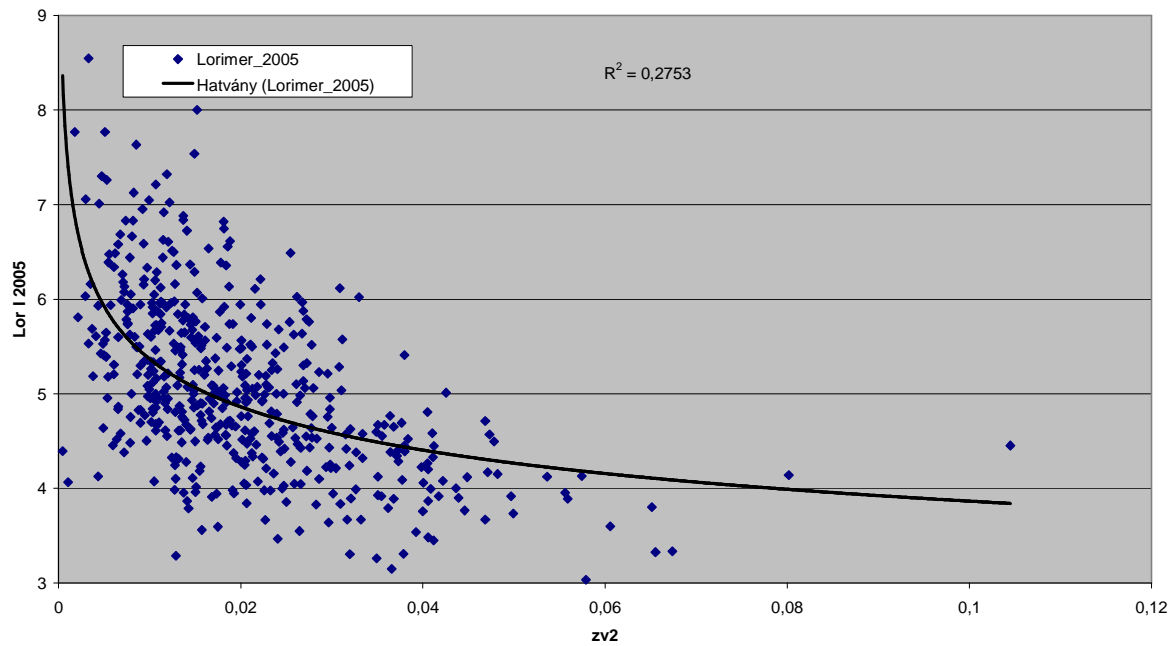
Az összefüggések a Hegyi index vizsgálatának eredményeit tükrözik. Ezeknél a mutatóknál is a korrekciós tényező kismértékben javította a korreláció szorosságát. A Módosított ME index és a fatérfogat éves növedéke közötti összefüggés szorossága a Hegyi indexhez hasonló eredményt mutat.



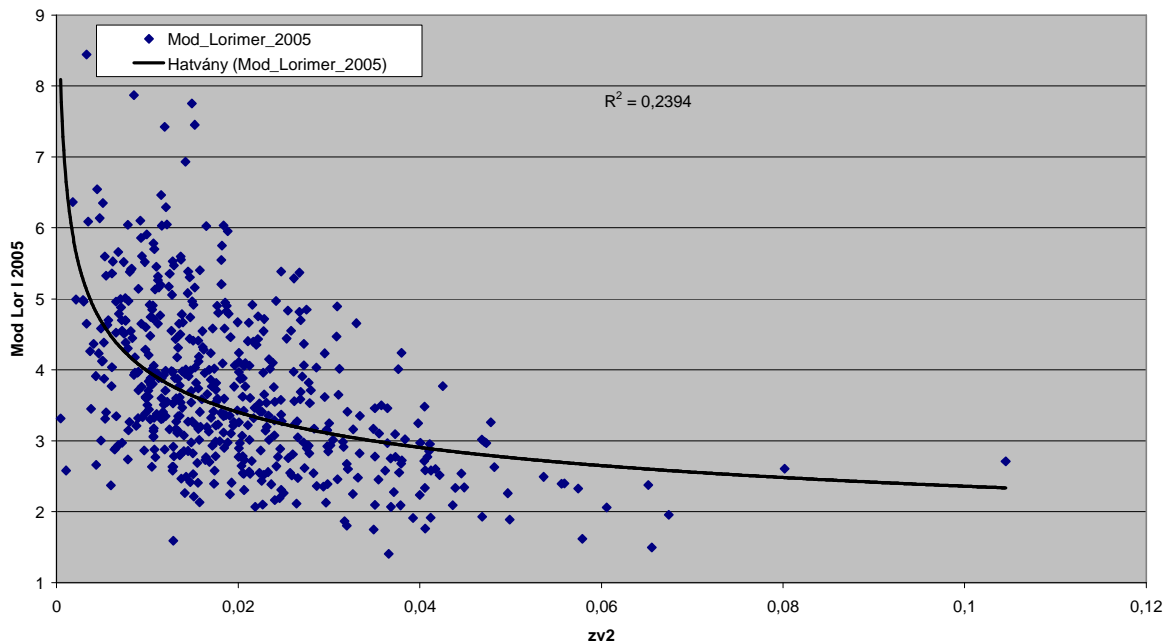
72. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Lorimer index összefüggése



73. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Módosított Lorimer index összefüggése



74. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Lorimer index összefüggése



75. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Módosított Lorimer index összefüggése

A Lorimer és a Módosított Lorimer indexekkel végzett növedék-korrelációban a legjobb eredmény a Lorimer index és a fatérfogat éves növedéke között tapasztalható (72-75. ábrák). A mellmagassági átmérő esetében ellenben a módosító tényező nagyon kis mértékben javított az összefüggések szorosságán.

A rövid időszaki méretváltozások a Kemping mintaterület esetében egyértelműen a Lorimer index ad jobb korrelációt, így a jellemzően tölgy fafajú állományszerkezet modellezésekor a növekedés előrejelzésében – koronaméretek hiányában – ez az index alkalmazandó.

### 5.3.9. Térparaméteres statisztikai vizsgálatok a Kemping mintaterület első növekedési időszakában

Az 1999. évi felvételkor rögzített adatok alapján a mintaterületet jellemző törzseloszlást a következő statisztikai mutatók jellemzik:

## Leíró statisztika

The input data file: kexyz99.dat

The total number of points: 1693

	X	Y	Z
Minimum	0.100	0.000	1.000
Maximum	158.400	200.000	1.000
Mean	79.620	99.839	1.000
Stand. Dev.	43.435	58.318	0.000
Skewness	-0.165	0.022	0.000
Kurtosis	1.846	1.775	0.000

## Legközelebbi szomszéd statisztika

The input data file: kexyz99.dat

The total number of points: 1693

The minimum x coordinate: 0.100000

The maximum x coordinate: 158.399994

The minimum y coordinate: 0.000000

The maximum y coordinate: 200.000000

The total area: 31659.9988

Observed mean,	Expected mean,	Variance,	Z-value
2.5309	2.1844	0.0008	12.1520

Az 1999. évi felvételnél a törzsek elhelyezkedése a mintaterületen diszperz, azaz egyenletes.

A fakitermeléssel, illetve mortalitással kompetíciós tényezők közül kikerült egyedek térbeli elhelyezkedését a következő statisztika mutatja:

## Leíró statisztika

The input data file: kk99.dat

The total number of points: 447

	X	Y	Z
Minimum	0.100	0.000	1.000
Maximum	158.400	199.800	1.000
Mean	83.586	99.346	1.000
Stand. Dev.	42.536	58.260	0.000
Skewness	-0.277	0.064	0.000
Kurtosis	2.007	1.768	0.000

## Legközelebbi szomszéd statisztika

The input data file: kk99.dat

The total number of points: 447

The minimum x coordinate: 0.100000

The maximum x coordinate: 158.399994

The minimum y coordinate: 0.000000

The maximum y coordinate: 199.800003

The total area: 31628.3393

Observed mean,	Expected mean,	Variance,	Z-value
4.5733	4.2913	0.0122	2.5532

A kitermeléssel, illetve mortalitással érintett egyedek elhelyezkedése diszperz ( $Z=2,5532$ ).

A különböző átmérőcsoportba tartozó egyedek globális térparaméteres vizsgálata a következő eredményt mutatja:

## Global Moran's I

The input data file: ke99xyd20m.dat

The total number of points: 714

Distance	Moran's I	Expected I	Variance	Z-value
5.0000	0.2056	-0.0014	0.0014	5.4427
10.0000	0.2218	-0.0014	0.0003	12.2656

## Global Geary's c

The input data file: ke99xyd20m.dat

The total number of points: 714

Distance	Geary's c	Variance	Z-value
5.0000	0.76263	0.002398	-4.84769
10.0000	0.75576	0.000575	-10.18533

## General Getis-Ord's G

The input data file: ke99xyd20m.dat

The total number of points: 714

Distance	G(d)	Expected G(d)	Variance	Z-value
5.0000	0.00319	0.0034	0.00000	-6.5550
10.0000	0.01559	0.0160	0.00000	-6.5780

A Moran's I várható értékénél az 5 m, illetve a 10 m sugarú körön belül is szignifikánsan nagyobb a megfigyelt I érték, ami azt jelzi, hogy a mintaterületen a nagyobb illetve a kisebb átmérőjű egyedek klaszterezettek.

### 5.3.10. Térparaméteres statisztikai vizsgálatok a Kemping mintaterület második növekedési időszakában

Az 2005. évi felvételkor rögzített adatok alapján a mintaterületet jellemző törzseloszlás a következő statisztikai mutatók jellemzik:



## Leíró statisztika

The input data file: k2005.dat

The total number of points: 775

	X	Y	Z
Minimum	0.200	0.100	1.000
Maximum	199.900	149.800	1.000
Mean	78.107	73.858	1.000
Stand. Dev.	52.009	45.105	0.000
Skewness	0.418	0.023	0.000
Kurtosis	2.204	1.764	0.000

## Legközelebbi szomszéd statisztika

The input data file: k2005.dat

The total number of points: 775

The minimum x coordinate: 0.200000

The maximum x coordinate: 199.899994

The minimum y coordinate: 0.100000

The maximum y coordinate: 149.800003

The total area: 29895.0897

Observed mean,	Expected mean,	Variance,	Z-value
3.3823	3.1531	0.0038	3.7417

A 2005. év egészállománya diszperz törzselosztást mutat ( $Z=3,74$ ).

A második növekedési idő alatt a versenyhelyzetből kikerülő egyedek térbeli mintázata a következő adatokkal jellemezhető:

## Leíró statisztika

The input data file: kk05.dat

The total number of points: 320

	X	Y	Z
Minimum	0.100	3.200	1.000
Maximum	149.800	199.500	1.000
Mean	83.529	118.540	1.000
Stand. Dev.	43.414	53.097	0.000
Skewness	-0.211	-0.351	0.000
Kurtosis	1.844	2.074	0.000

## Legközelebbi szomszéd statisztika

The input data file: kk05.dat

The total number of points: 320

The minimum x coordinate: 0.100000

The maximum x coordinate: 149.800003

The minimum y coordinate: 3.200000

The maximum y coordinate: 199.500000

The total area: 29386.1106

Observed mean,	Expected mean,	Variance,	Z-value
5.0885	4.9075	0.0225	1.2069

A 2,9 ha-t érintő fakitermelés a térben egyenletes módon történt.

## 5.4. Károly mintaterület

A Károly mintaterületet - a Kemping mintaterülethez hasonlóan – három egymást követő időpontban felvett adatokkal lehet kiértékelni. Ennek megfelelően a vizsgálat tárgya két növekedési időszak lesz.

Az egyes időszakokra jellemző faállomány szerkezeti adatokat a következő táblázat tartalmazza (10. táblázat):

10. Táblázat: A Károly mintaterület faállományszerkezeti adatai

	1.felv.	H <sub>j</sub>	D <sub>g</sub>	N	G	V	2.felv.	H <sub>j</sub>	D <sub>g</sub>	N	G	V	3.felv.	H <sub>j</sub>	D <sub>g</sub>	N	G	V
faj		(m)	(cm)	(db/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	(m <sup>2</sup> /ha)		(m)	(cm)	(db/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	(m <sup>2</sup> /ha)		(m)	(cm)	(db/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	(m <sup>2</sup> /ha)
VF		21,6	29,8	182	12,7	129,5		27,3	33,6	169	15,0	196,2		29,2	34,2	166	15,2	216,8
GY		16,8	20,5	144	4,8	47,0		20,2	23,2	132	5,6	66,2		21,6	23,7	132	5,8	74,2
KIT		20,3	35,8	73	7,4	93,4		26,0	40,9	70	9,2	145,0		27,9	42,0	69	9,6	160,6
LF		23,3	37,0	60	6,5	83,2		29,1	41,6	46	6,2	93,6		31,0	42,4	41	5,8	91,9
HJ		17,7	25,9	7	0,4	3,8		21,8	30,1	7	0,5	6,1		23,4	30,8	7	0,5	6,9
B		20,2	28,2	4	0,3	3,2		26,0	35,5	4	0,4	6,5		28,5	36,9	4	0,4	7,1
EF		22,8	40,2	4	0,5	6,0		28,1	42,3	4	0,5	7,0		29,6	42,9	4	0,5	7,5
FF		22,4	40,0	3	0,4	5,4		27,6	45,5	3	0,5	7,2		29,7	46,7	3	0,5	8,0
CS		23,0	39,3	2	0,2	2,5		28,4	44,7	2	0,3	3,9		30,3	45,4	2	0,3	4,2
CSNY		15,0	19,0	0	0,0	0,1		16,6	22,5	0	0,0	0,1		17,5	22,9	0	0,0	0,1
MK		17,0	19,0	0	0,0	0,1												
SZG		21,0	37,5	0	0,0	0,5		28,0	43,5	0	0,0	0,8		28,7	44,0	0	0,1	0,9
				481	33,1	374,6				437	38,2	532,6				428	38,8	578,3

#### 5.4.1. Az 1990. évi felvétel

A mintaterület kijelölésekor az állomány egy jellemzően kocsánytalan tölgyes – vörösfenyves volt, amelyben a lucfenyő több egyede megjelent számos más kisebb egyedszámú elegyfaj mellett (cser, feketefenyő, erdeifenyő). A második lombkoronaszintet a gyertyán alkotta. Az élőkészlet jelentős részét is a főfajok adták. A 481 db/ha törzsszám a 118 éves állomány esetében nagynak mondható, a 33, 1 m<sup>2</sup>/ha körlapösszeg érték azonban átlagos. A főfajok nagyjából egyöntetűen alkotják a 21 m-en lévő lombkoronaszintet, amiből az alacsonyabb egyedszámú lucfenyő magasodik csak ki.

#### 5.4.2. A 2000. évi felvétel

A 2000. évi felvétel alapján az állomány főfaja a vörösfenyő, amelynek körlap szerinti elegyaránya 39%. Az élőkészlet jelentős részét a vörösfenyő, lucfenyő valamint a kocsánytalan tölgy alkotja. A 128 éves állomány ebben a korban igen nagy törzsszámmal jellemezhető, ami mellé a 38,2 m<sup>2</sup>/ha-os körlapösszeg párosul. A főfajok lombkoronaszintje a fajokra jellemző átlagmagasság szerint kevésbé differenciálódott. A kocsánytalan tölgy és a lucfenyő átlagos mellmagassági átmérője meghaladja a főfajra jellemző átlagos mellmagassági átmérőt.

#### **5.4.3. A 2005. évi felvétel**

Az állomány 133 éves kocsánytalan tölgy elegyes vörösfenyves, amelyhez jelentős lucfenyő elegy társult. Az élőfakészlet jelentős részét a vörösfenyő és a tölgy alkotja. A lucfenyő és a vörösfenyő magassági növekedésben lehaladta a kocsánytalan tölgyet.

#### **5.4.4. Az 1990. és 2000. évi felvétel közötti változások a Károly mintaterület esetében**

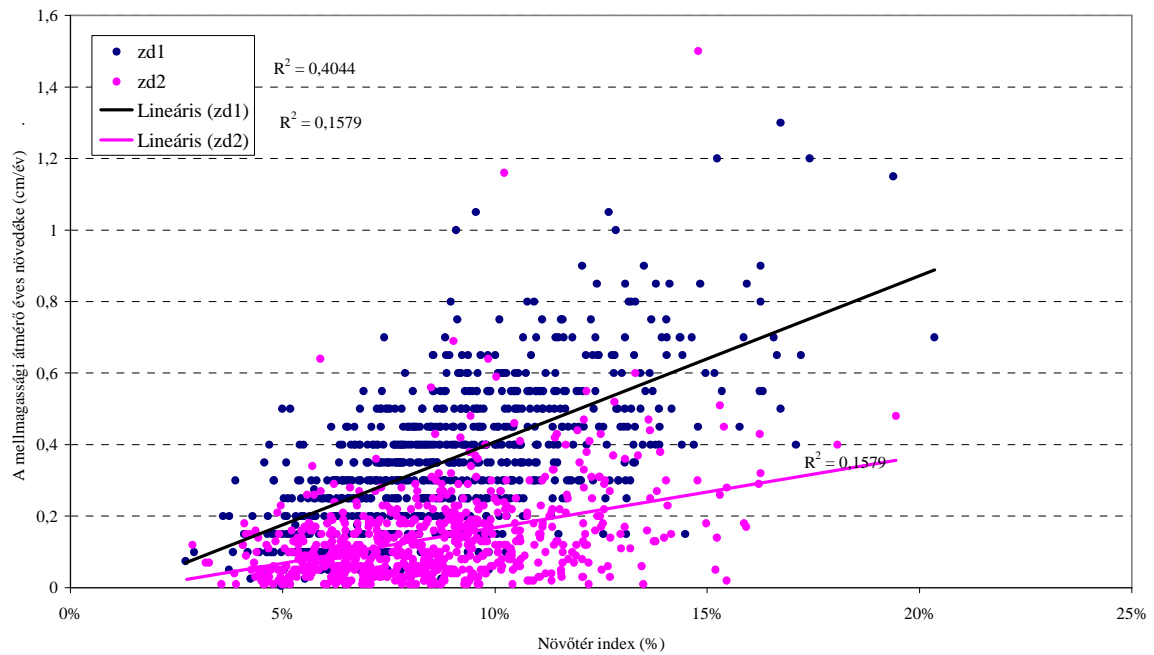
Az 1999-es évhez viszonyítva a majd 10%-os hektáronkénti törzsszámcsökkenés 15%-os hektáronkénti körlapösszeg növekedést illetve 42%-os hektáronkénti élőfakészlet többletet eredményezett, annak ellenére, hogy a 2000. évi egészállomány így is magas törzsszámmal rendelkezik. A törzsszámcsökkenés %-os arányban értékelve a lucfenyő esetében volt a legnagyobb arányú, míg a tölgy és vörösfenyő esetében ez az érték közel azonos, 7-8%. Az élőfakészletet legnagyobb mértékben a vörösfenyő gyarapította. Az átlagos magassági növekedés e főfafajok esetében 6 m.

#### **5.4.5. A 2000. és 2005. évi felvétel közötti változások a Károly mintaterület esetében**

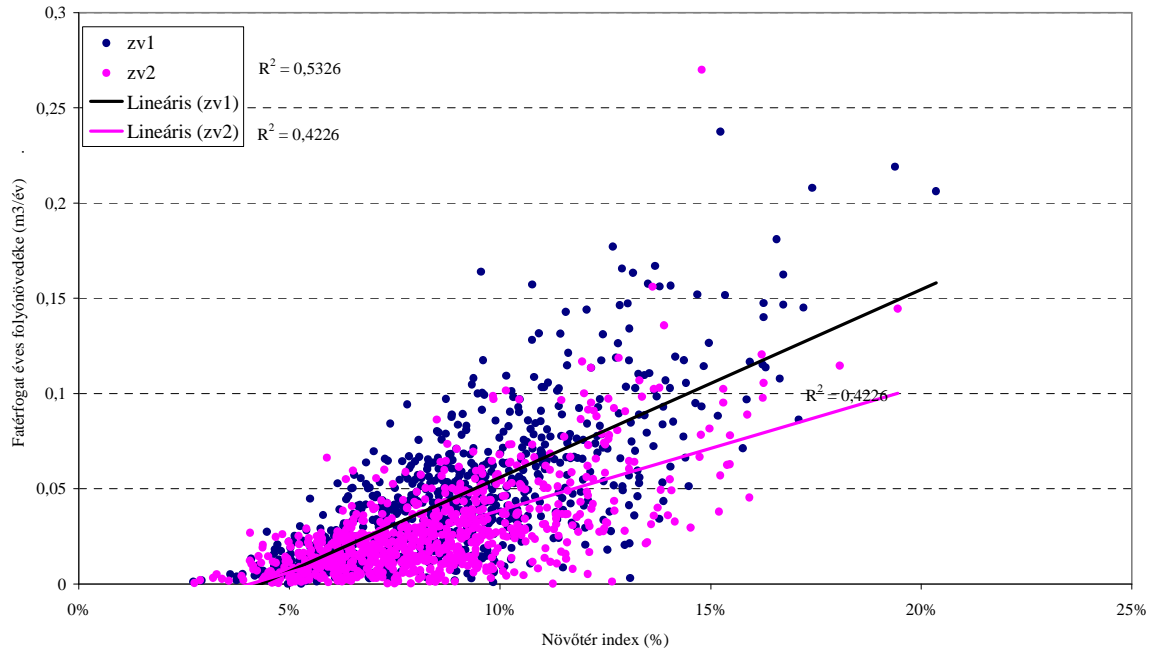
Ebben az időszakban sem a törzsszám nem csökkent, sem az élőfakészlet és a hektáronkénti körlapsösszeg nem gyarapodott számottevő mértékben, bár a növekedést a vörösfenyő 20 m<sup>3</sup> hektáronkénti élőfakészlet növekedése jelzi, amihez a tölgy 15 m<sup>3</sup> további növedéssel párosul. További jelentős szerkezetváltozás ebben az időszakban nem volt tapasztalható.

#### **5.4.6. A folyónövedék és az éves fatérfogat növedék korrelációja a növtér index és a növtér paraméterekkel a két növekedési időszakban a Károly mintaterület esetében**

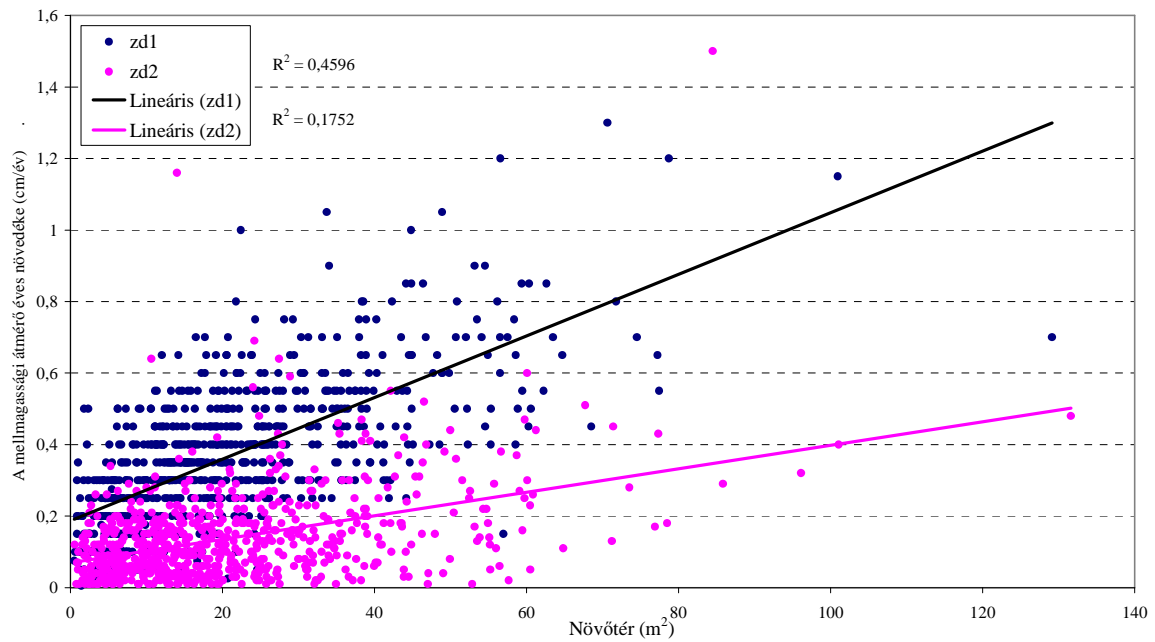
A korábban értékelt mintaterületekhez hasonlóan a Károly mintaterület esetében is elvégeztem a növtér illetve a növtér index összefüggés vizsgálatát az éves mellmagassági átmérő változással, valamint az éves fatérfogat változással szemben. Ezen eredményeket rendre a 76-79. ábrák mutatják be.



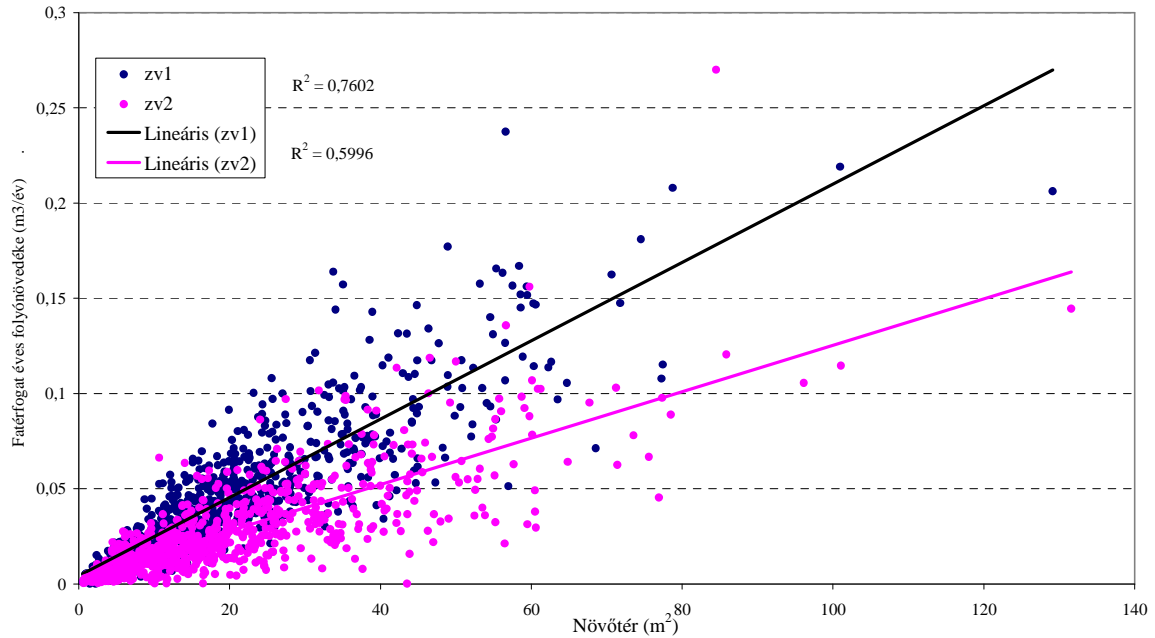
76. ábra: A mellmagassági átmérőéves növedéke a növőtér index függvényében



77. ábra: A fatérfogat éves növedéke a növőtér index függvényében



78. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke a növőtér függvényében



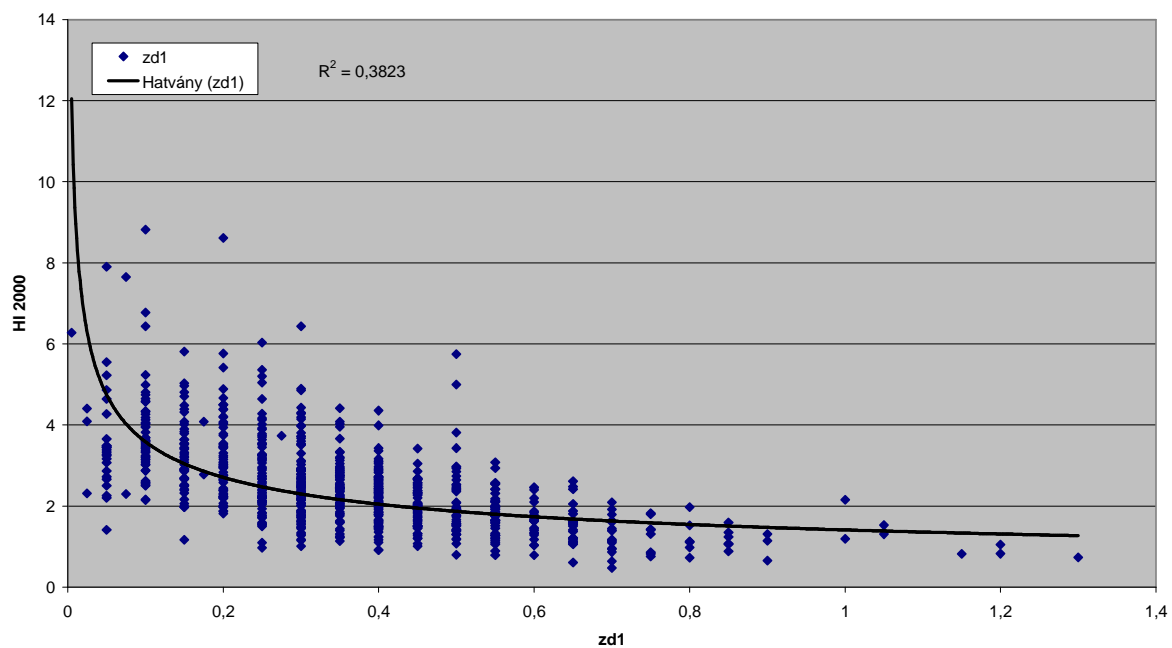
79. ábra: A fatérfogat éves növedéke a növőtér függvényében

A diagramokról leolvasható  $R^2$  értékek alapján láthatjuk, hogy a hosszabb növekedési időszak átlagos változásai minden esetben szorosabb korrelációt mutatnak a vizsgált paraméterrel – természetesen azt is hozzá kell tenni, hogy a második növekedési időszakban jelentős állományszerkezeti változás nem történt, így a természetes állománydinamikát csak rövid időtávon volt lehetséges szembeállítani a vizsgált paraméterekkel.

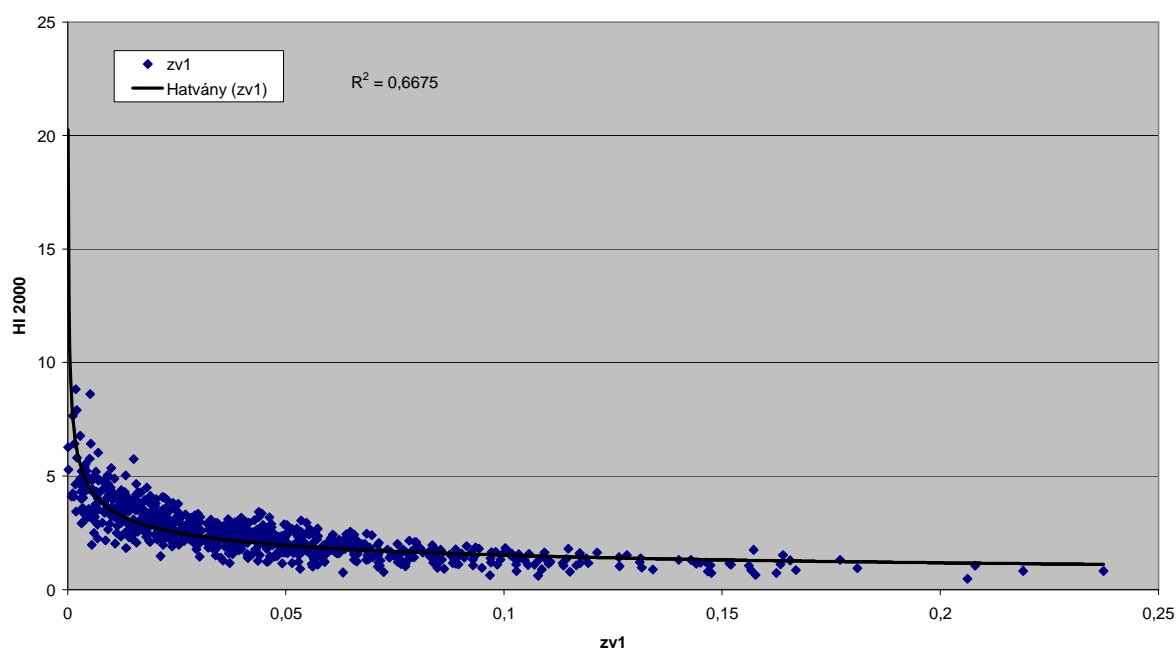
Szintén megfigyelhető, hogy a fatérfogat változás mindkét mutató esetében szorosabb összefüggésbe hozható, mint a mellmagassági átmérő átlagos éves változása.

#### 5.4.7. A folyónövedék és az éves fatérfogat növedék összefüggései az első növekedési időszak kompetíciós vizsgálataiban a Károly mintaterület esetében

A tíz éves ciklus éves mellmagassági átmérő növekedését valamint a fatérfogat éves növekedését a Hegyi indexel korreláltatva a 80-81. ábrák szerinti eredményt kapjuk.



80. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Hegyi index összefüggése

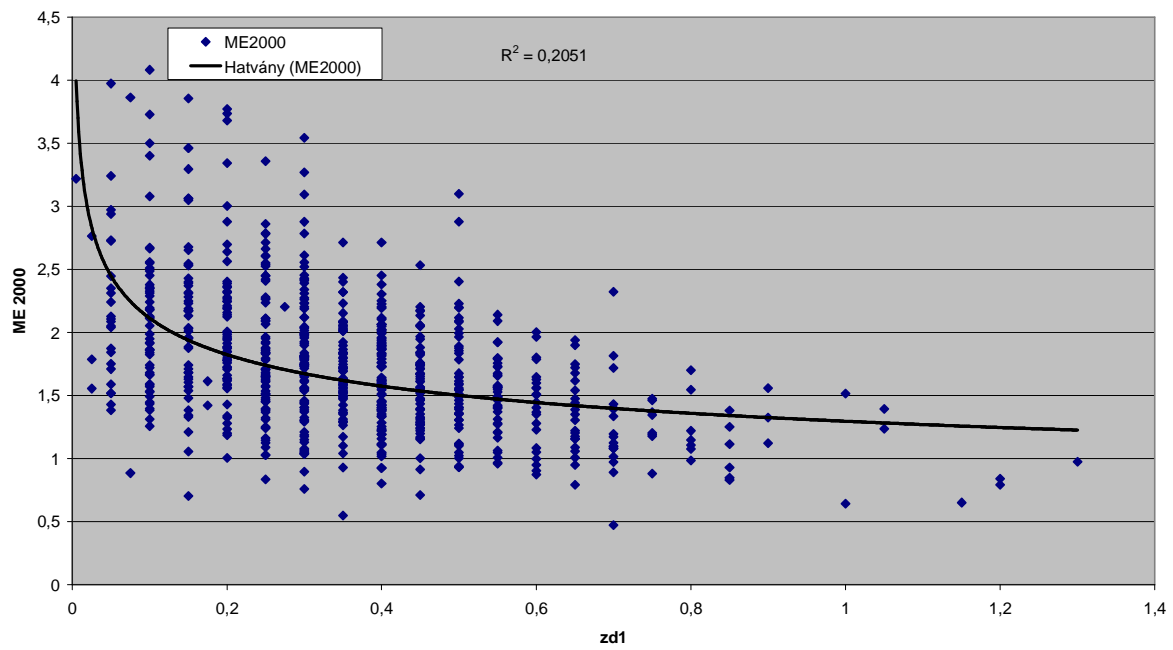


81. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Hegyi index összefüggése

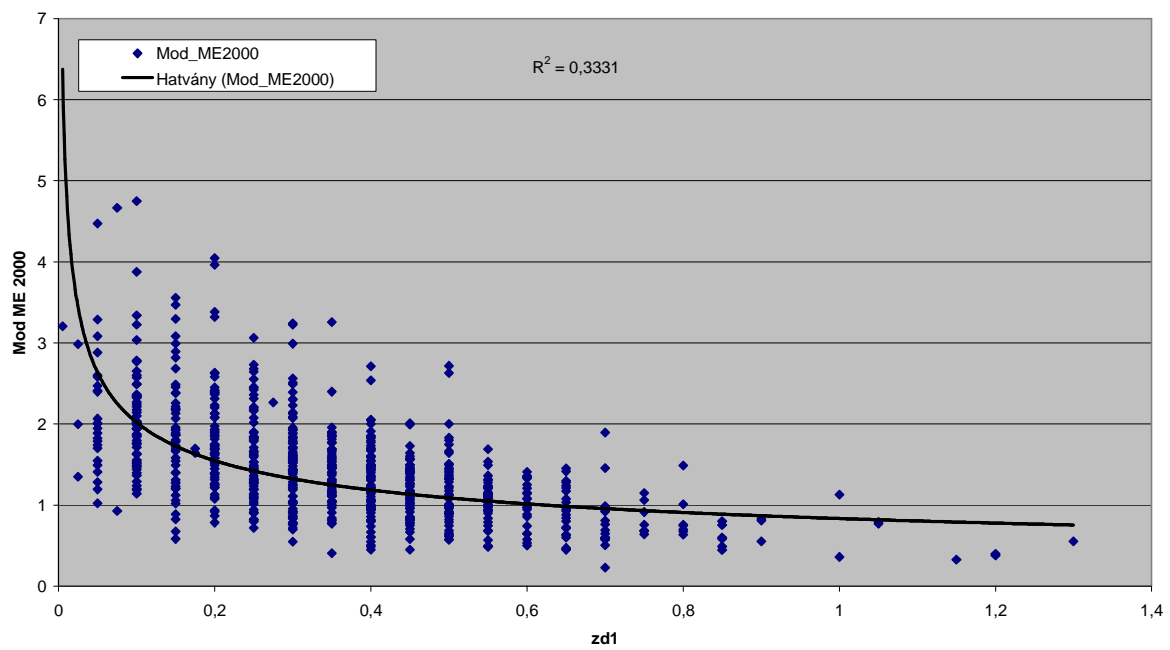
A fatérfogat éves növedéke és a Hegyi index igen szoros korrelációt mutat a nem lineáris modellben. A mellmagassági átmérő éves növedéke hasonló vizsgálatban már csak  $R^2=0,3823$  értéket eredményez. A Hegyi index - távolsággal súlyozott mellmagassági átmérők szerint értékelt kompetíciós mutatószám - a javarészt fenyő állományban jobban követi a fatérfogat változást, mint a mellmagassági átmérő változását.

A továbbiakban a két növekedési időszak változásait az ME, illetve a Módosított ME index összefüggéseiben mutatom be (82-85. ábrák).

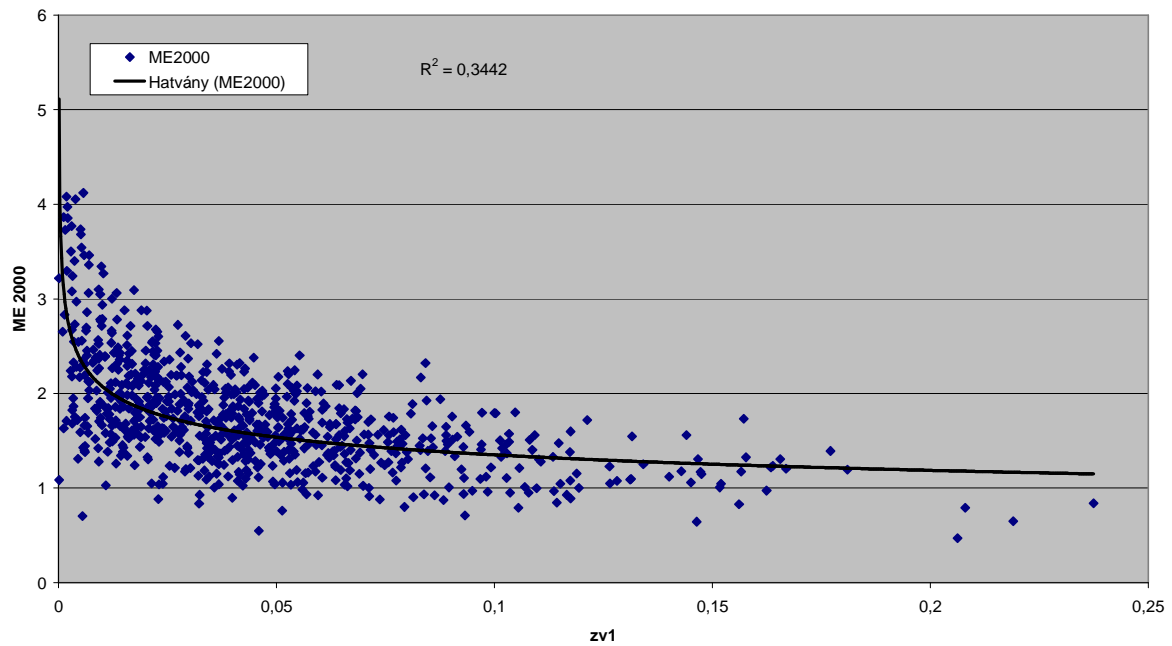




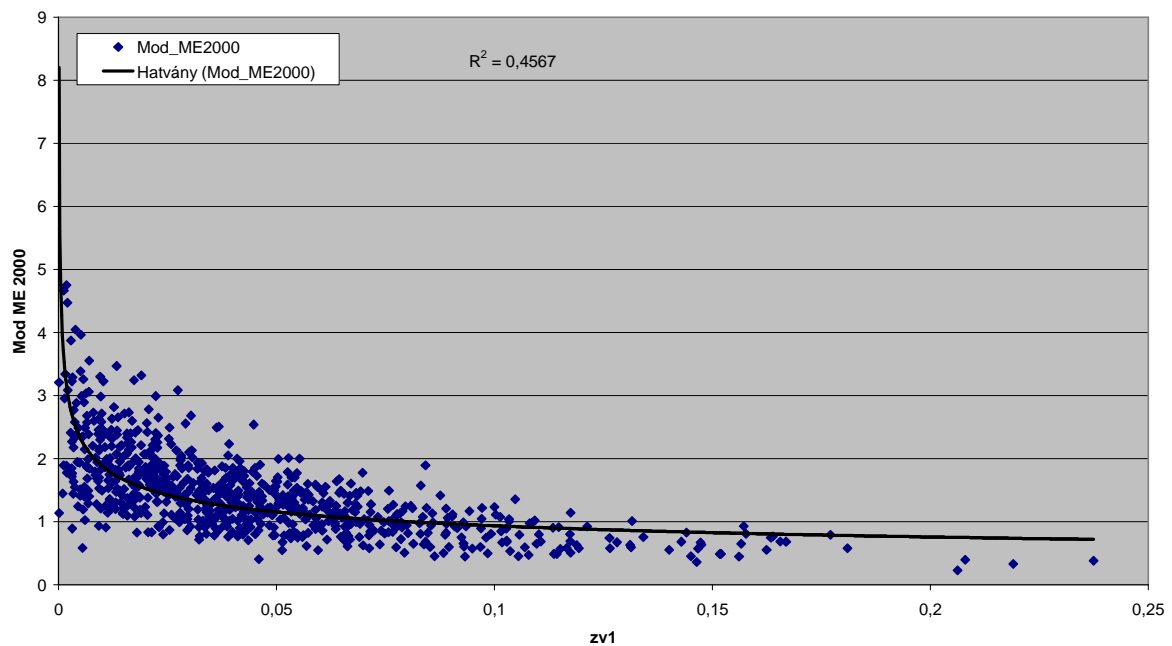
82. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és az ME index összefüggése



83. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Módosított ME index összefüggése



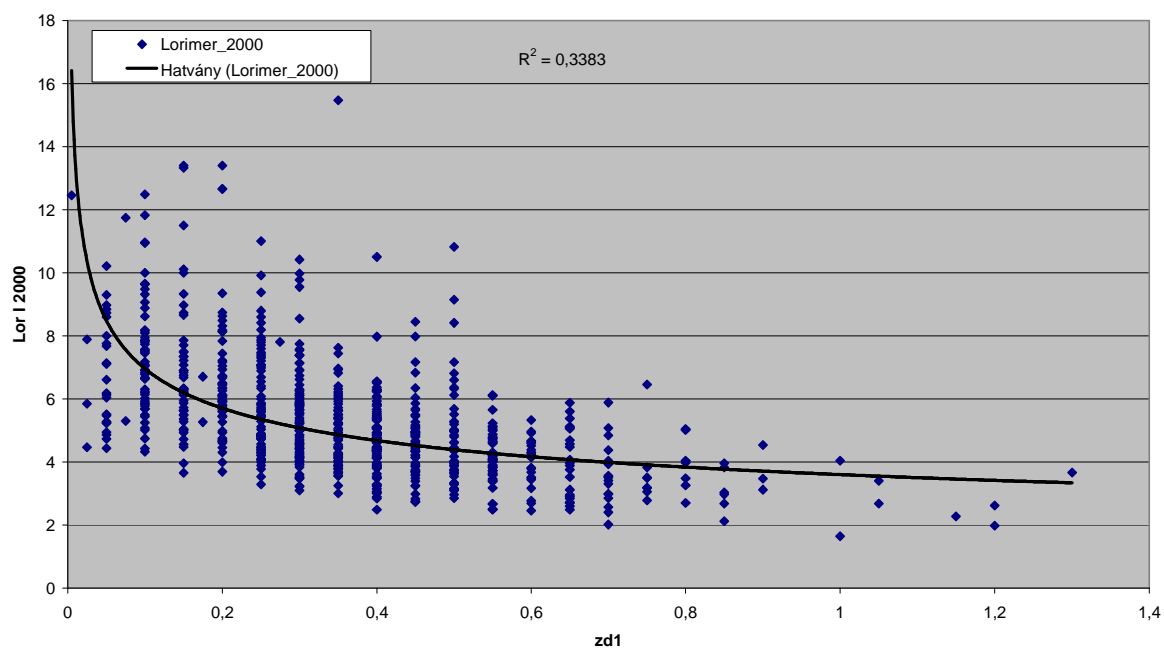
84. ábra: A fatérfogat éves növedéke és az ME index összefüggése



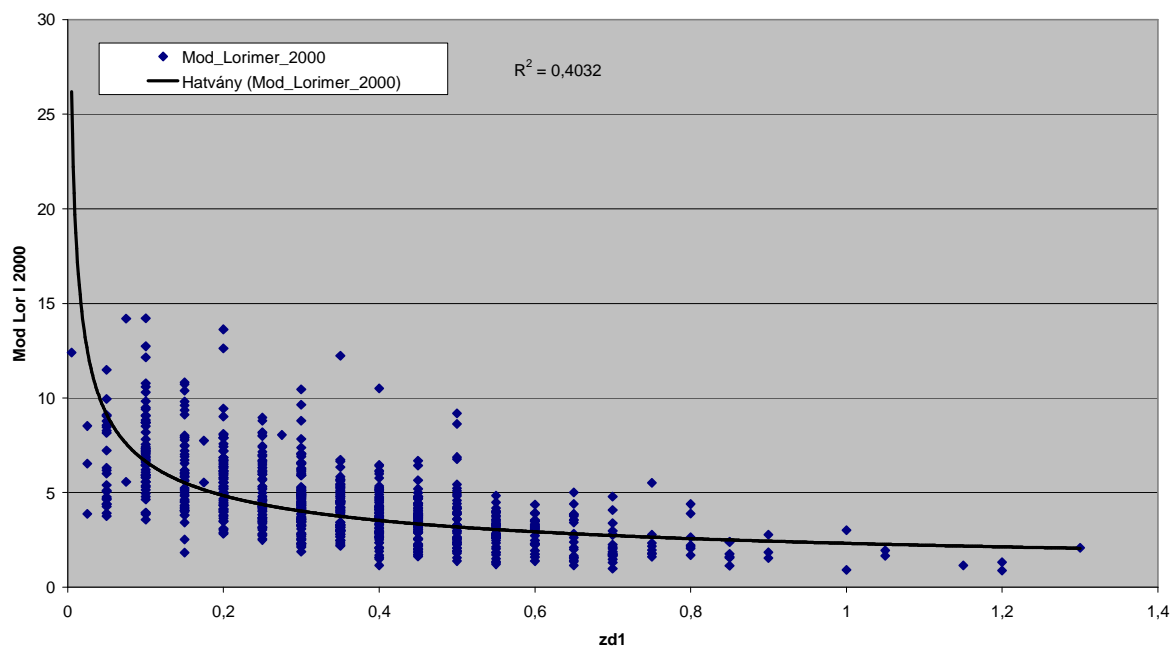
85. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Módosított ME index összefüggése

Az ME index értéke a Hegyi index értékeinek megfelelő arányban korrelál a fatérfogat változással, illetve az átmérő változással. A Módosított ME érték minden esetben jobb korrelációt mutat a növekedés mutatókkal, mint az ME index.

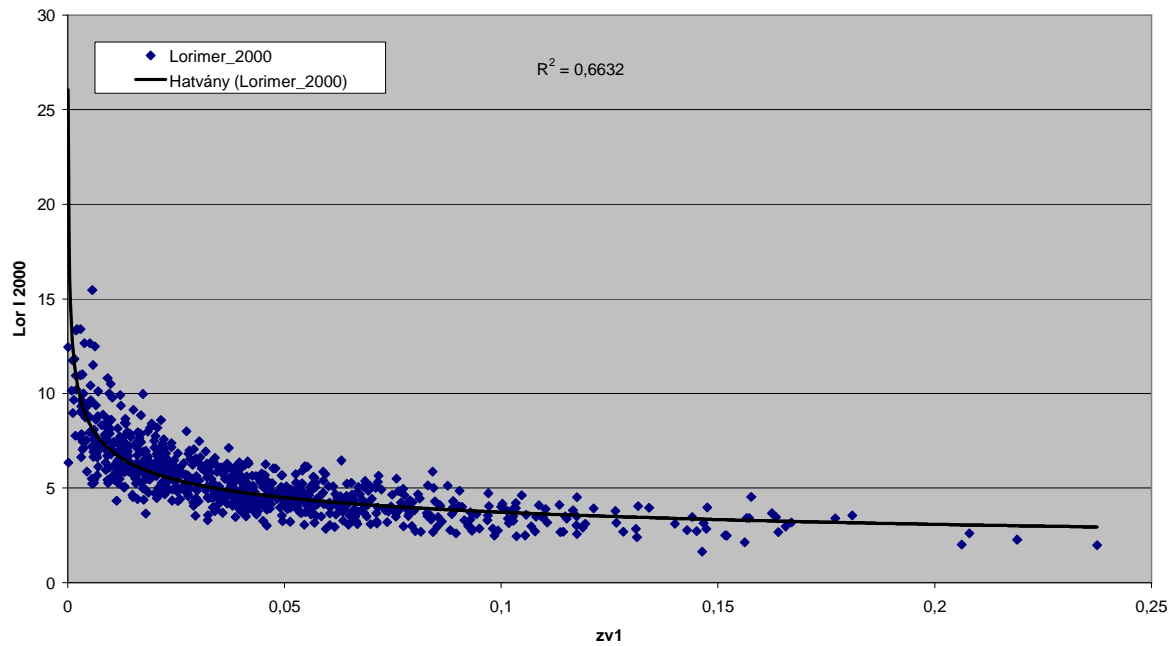
A Lorimer-féle formula alapján kalkulált mutatószámok a növekedési paraméterekkel korreláltatva a 86-89. ábrák szerint alakulnak:



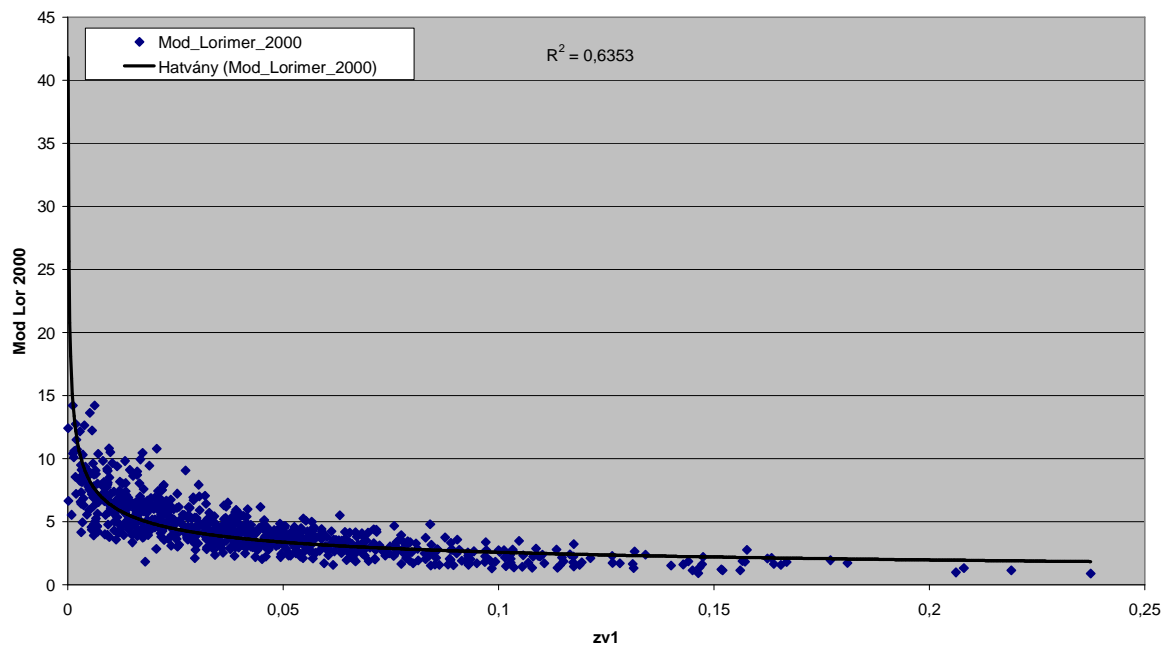
86. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Lorimer index összefüggése



87. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Módosított Lorimer index összefüggése



88. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Lorimer index összefüggése

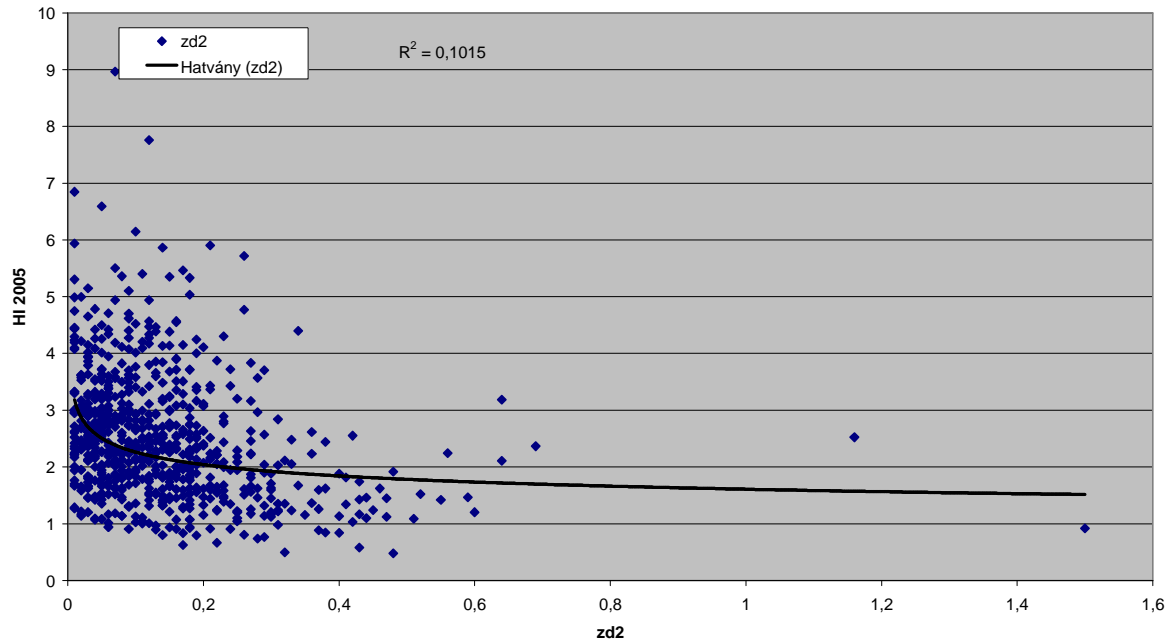


89. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Módosított Lorimer index összefüggése

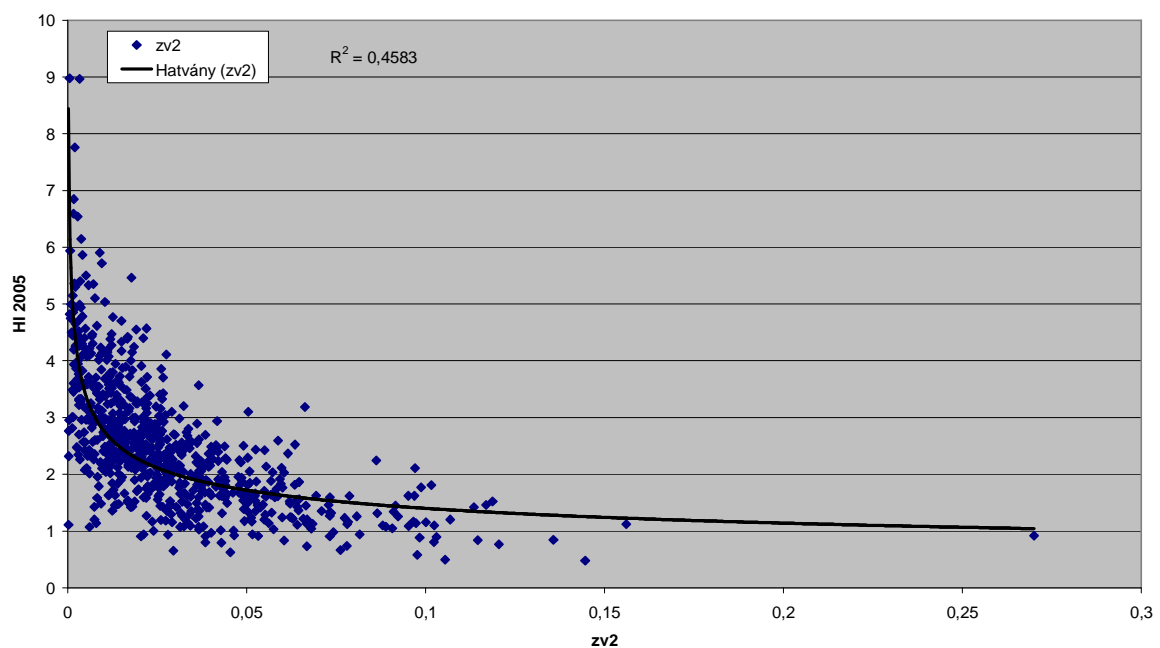
Abban az esetben, ha a központi fához képest kompetitív helyzetben lévő faegyedek versengési nyomását nem tesszük függővé azok központi fához viszonyított távolságával, akkor a Lorimer képlet szerinti eredményt kapjuk: a korrigált index a mellmagassági átmérő változásával szorosabb összefüggést mutat, azonban a fatérfogat változása és a módosított

index mutató közötti összefüggés szorossága igen kis mértékben alatta marad a mutatószám eredeti formulája szerint kalkulált értékek és a fatérfgat változás közötti korrelációnál.

Az első időszak vizsgálatainak megfelelően a Hegyi index növekedési mutatókkal számolt korrelációit mutatom be a 90-91. ábrákon.

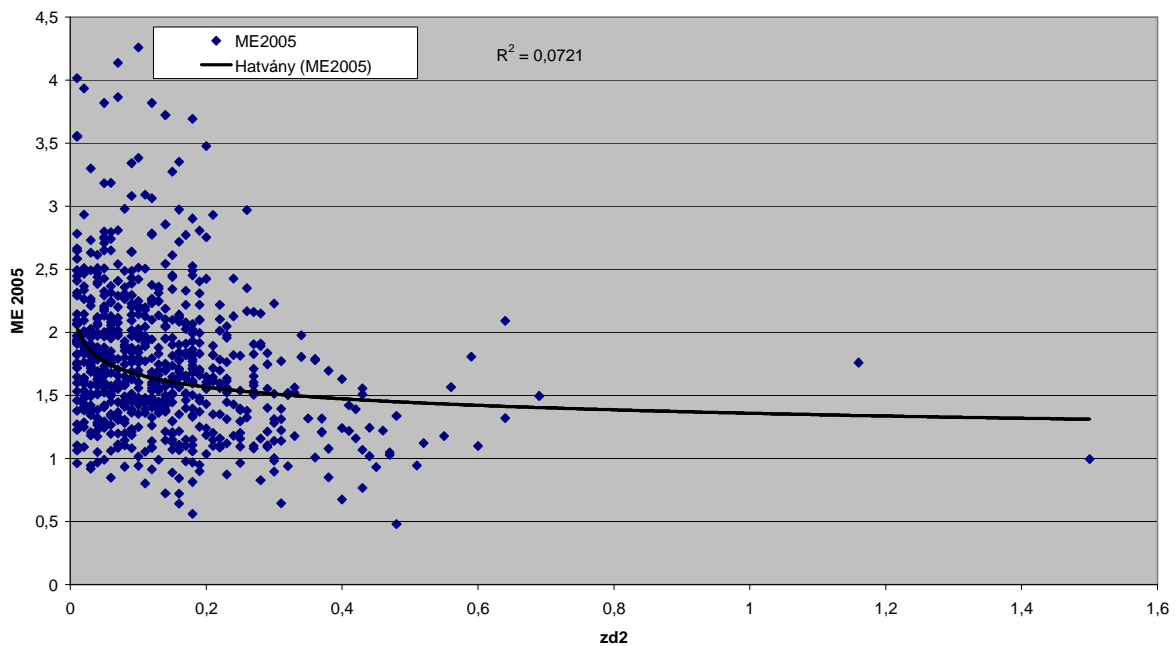


90. ábra: A mellmagassági átmérő éves változása és a Hegyi index közötti összefüggés

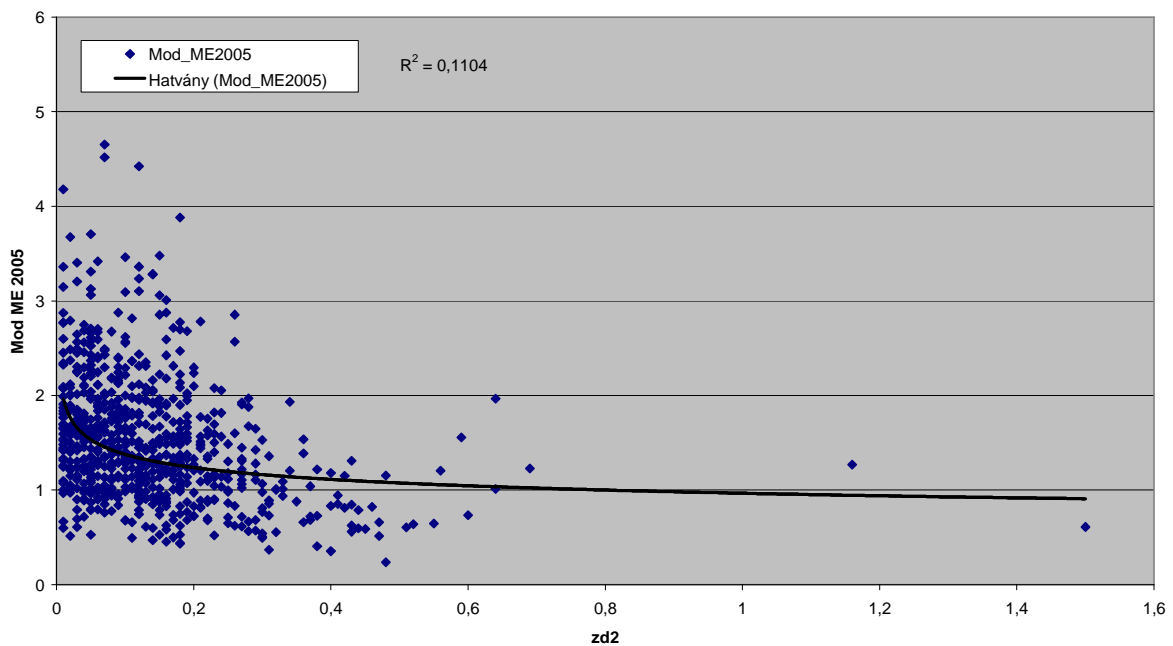


91. ábra: A fatérfgat éves növedéke és a Hegyi index közötti összefüggés

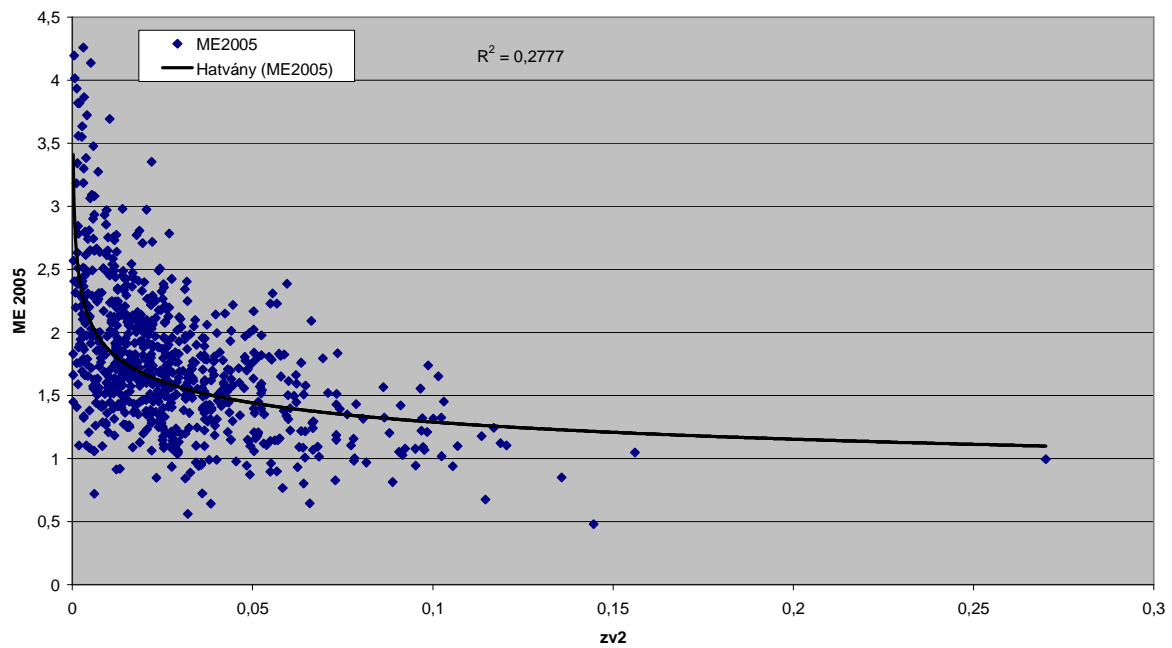
A második növekedési időszak rövidebb volt, mint az első. Az állományszerkezet jelentősen nem változott. A jelzett paraméterek és a Hegyi index közötti összefüggések szorossága azonban alatta marad az első növekedési időszak változásainak, míg a fatérfo-gat-kompetíciós mutató kapcsolat ebben az esetben is szorosabb korrelációra utal, mint a mellmagassági átmérő esetében.



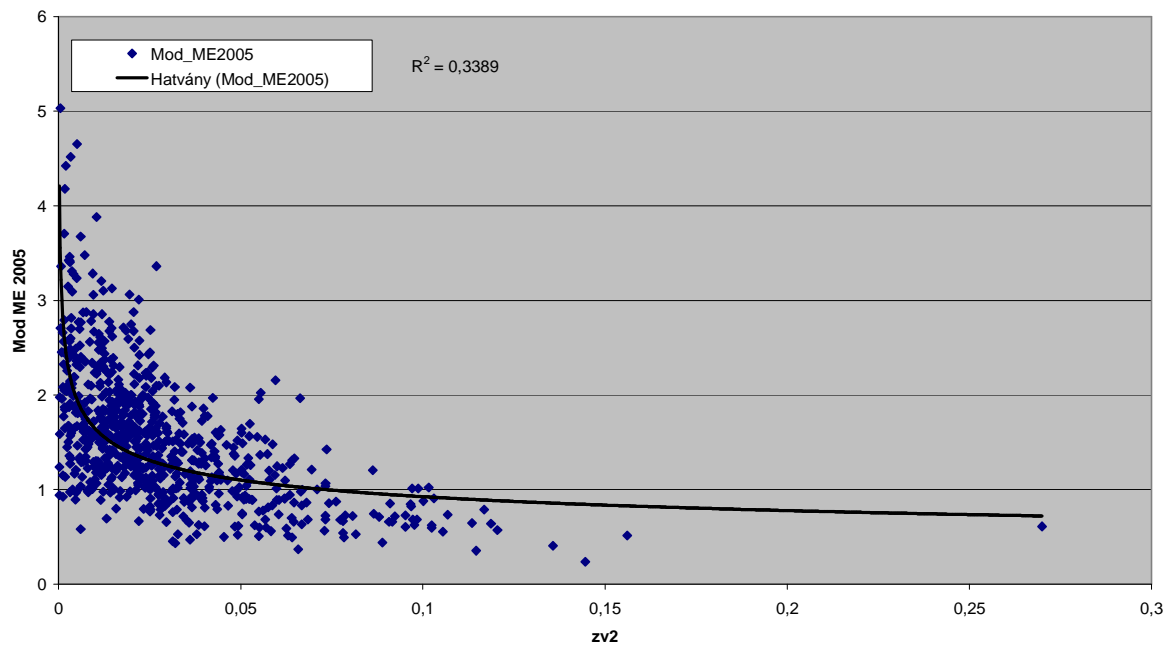
92. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és az ME index közötti összefüggés



93. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Módosított ME index közötti összefüggés

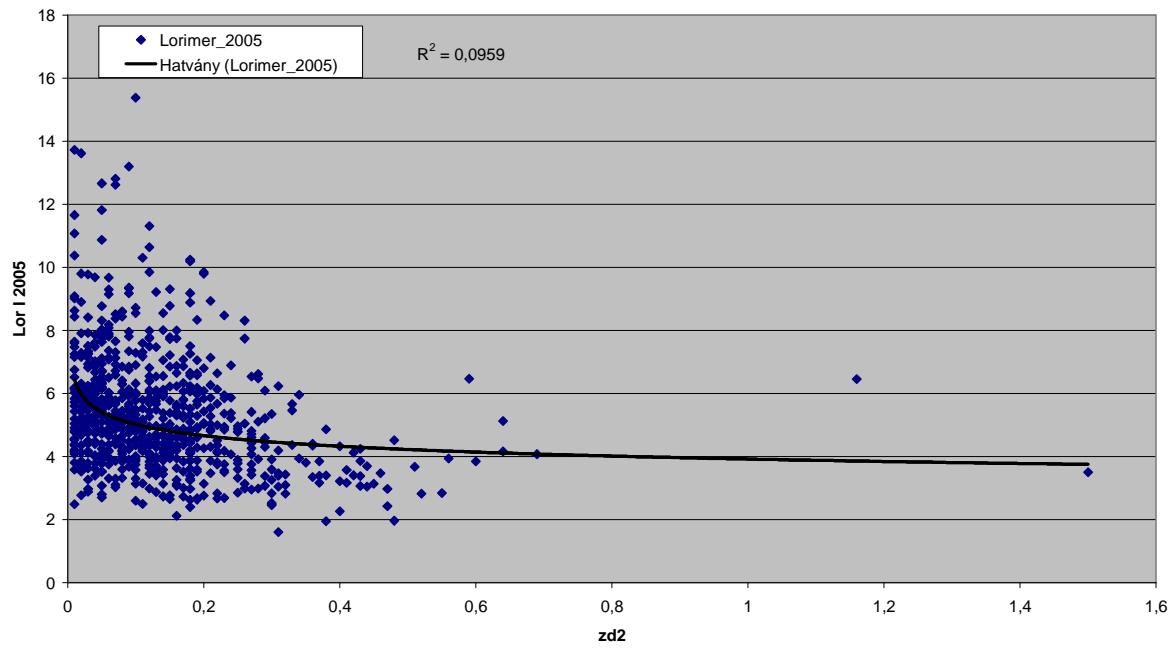


94. ábra: A fatérfogat éves növedéke és az ME index közötti összefüggés

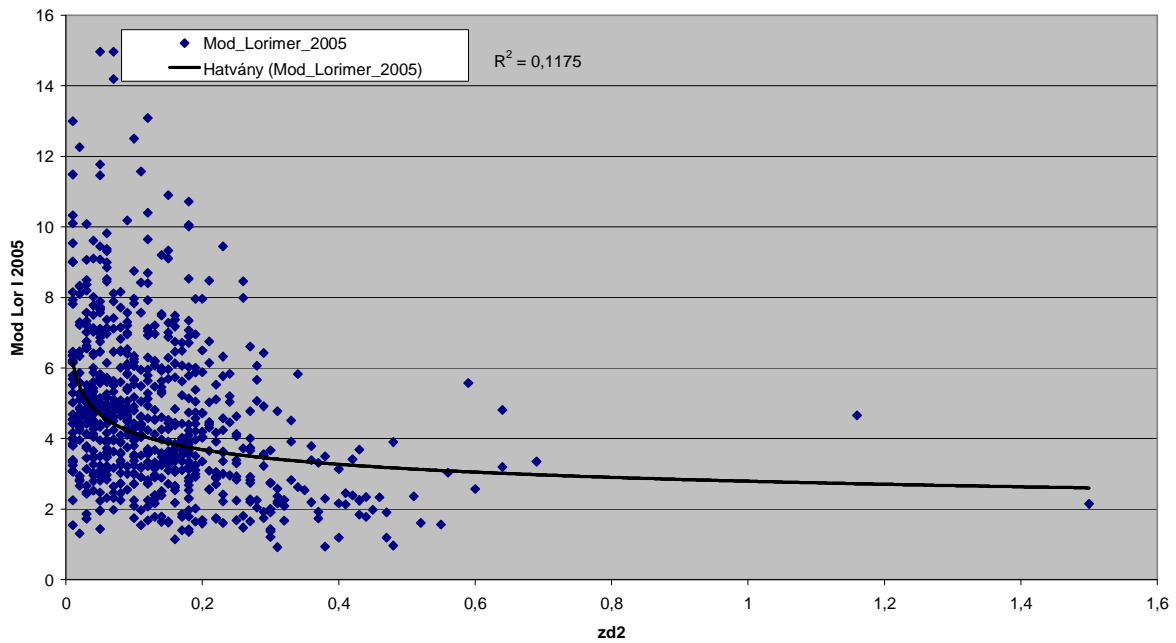


95. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Módosított ME index közötti összefüggés

A módosított kompetíciós mutató számok mindkét esetben szorosabb korrelációt eredményeztek (92-95. ábrák), amelyek közül a fatérfogat változás esetében az összefüggés a legszorosabb. Az általában jobb korrelációt mutató Hegyi index-átmérő növedék azonban a Módosított ME-átmérő növedék összefüggés szorossága alatt maradt.

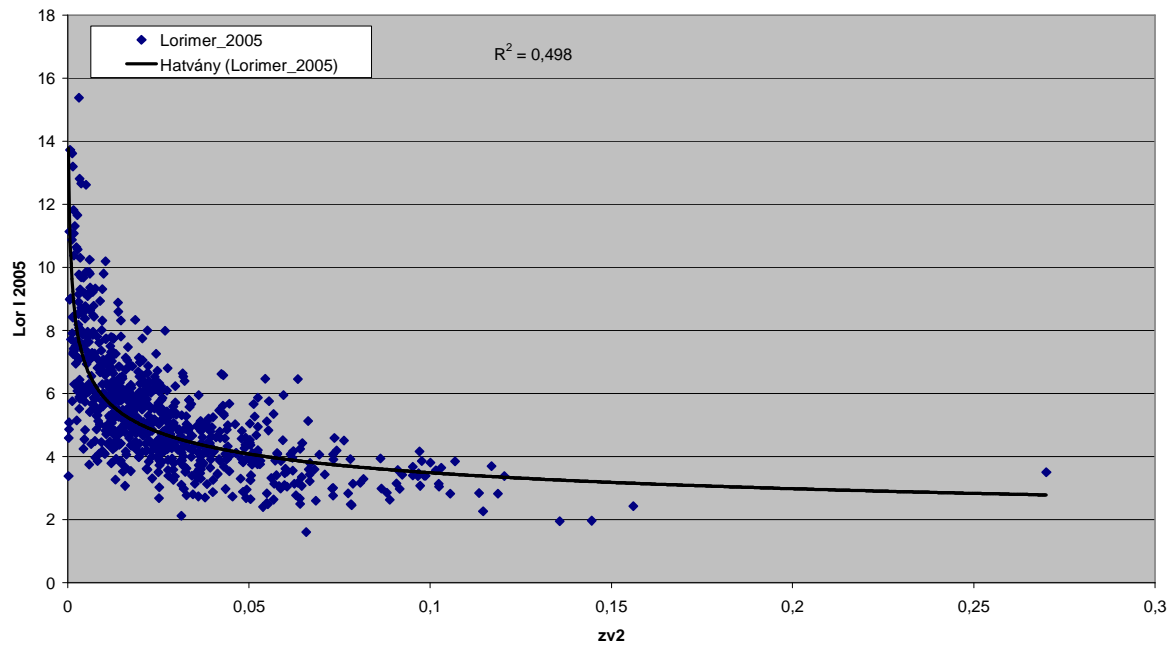


96. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Lorimer index összefüggése

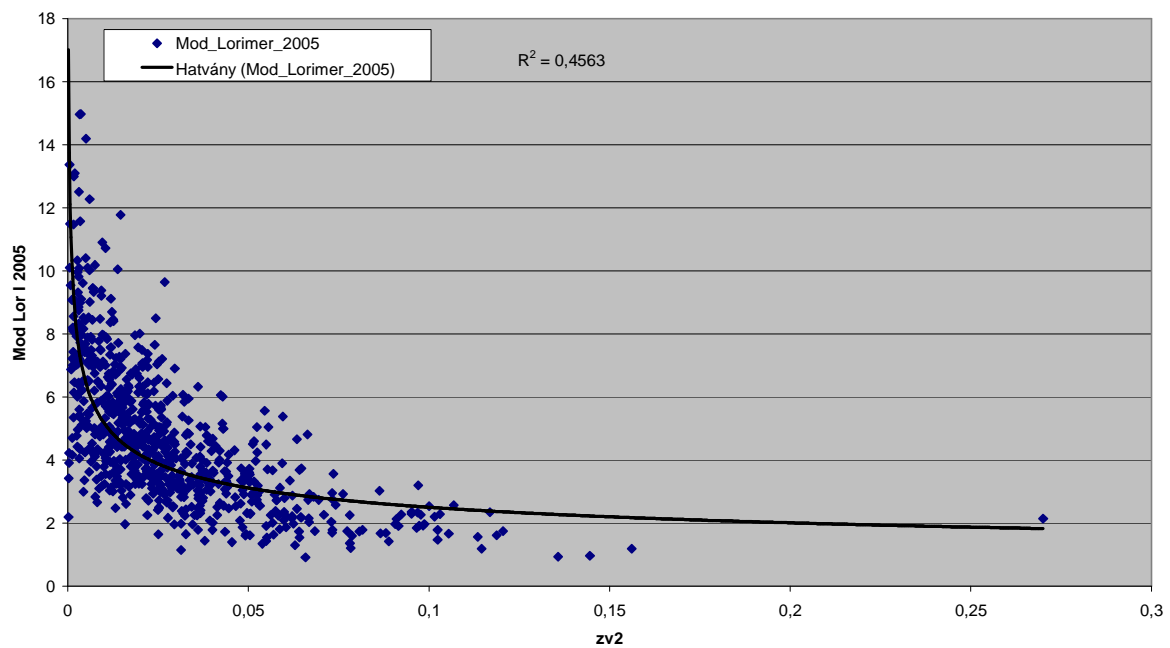


97. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a Módosított Lorimer index összefüggése





98. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Lorimer index összefüggése



99. ábra: A fatérfogat éves növedéke és a Módosított Lorimer index összefüggése

A Lorimer index esetében a korrekciós tényező csak az amúgy nem túl szoros korrelációt mutató mellmagassági átmérő növedék-Lorimer index összefüggésen javított. A fatérfogat változás mindkét index esetében szorosabb összefüggést mutat (96-99. ábrák).

#### 5.4.8. Térparaméteres statisztikai vizsgálatok a Károly mintaterület második növekedési időszakában

Elvégeztem az alap leíró statisztikai elemzést a Károly mintaterület esetében a törzsek elhelyezkedésére, amelyek eredményei a következők:

Leíró statisztika

The input data file: ka00xyz.dat

The total number of points: 1309

	X	Y	Z
Minimum	0.490	1.010	1.000
Maximum	152.190	200.400	1.000
Mean	74.941	109.132	1.000
Stand. Dev.	43.554	55.112	0.000
Skewness	0.009	-0.133	0.000
Kurtosis	1.791	1.909	0.000

Legközelebbi szomszéd statisztika

The input data file: ka00xyz.dat

The total number of points: 1309

The minimum x coordinate: 0.490000

The maximum x coordinate: 152.190002

The minimum y coordinate: 1.010000

The maximum y coordinate: 200.399994

The total area: 30247.4626

Observed mean, Expected mean, Variance, Z-value

2.9773 2.4317 0.0013 15.0818

A legközelebbi szomszéd statisztikai elemzés a Károly mintaterületen a törzsek teljesen diszperz elhelyezkedését mutatják. A fakitermeléssel érintett törzsekre is elvégeztem ezeket a számításokat, amelyek a következő eredményt hozták:

## Leíró statisztika

The input data file: kak05xyz.dat

The total number of points: 26

	X	Y	Z
Minimum	40.620	8.940	1.000
Maximum	141.110	127.490	1.000
Mean	78.696	52.387	1.000
Stand. Dev.	34.395	30.816	0.000
Skewness	0.721	0.851	0.000
Kurtosis	1.863	2.724	0.000

## Legközelebbi szomszéd statisztika

The input data file: kak05xyz.dat

The total number of points: 26

The minimum x coordinate: 40.619999

The maximum x coordinate: 141.110001

The minimum y coordinate: 8.940000

The maximum y coordinate: 127.489998

The total area: 11913.0895

Observed mean,	Expected mean,	Variance,	Z-value
10.7046	11.7043	1.7469	-0.7564

A területen ebben az időszakban igen kismérvű volt a törzsszámcsökkenés, amelynek területi érintettsége klaszterezettséget mutat.

A következőkben a magterület ezen időszakára vonatkozó térbeli autokorrelációs számítások eredményei láthatók:

## Global Moran's I

The input data file: ka05xyd20m.dat

The total number of points: 769

Distance	Moran's I	Expected I	Variance	Z-value
5.0000	0.1110	-0.0013	0.0011	3.3180
10.0000	0.0526	-0.0013	0.0003	3.2417

## Global Geary's c

The input data file: ka05xyd20m.dat

The total number of points: 769

Distance	Geary's c	Variance	Z-value
5.0000	0.78843	0.001970	-4.76675
10.0000	0.87983	0.000526	-5.23920

## General Getis-Ord's G

The input data file: ka05xyd20m.dat

The total number of points: 769

Distance	G(d)	Expected G(d)	Variance	Z-value
5.0000	0.00330	0.0036	0.00000	-7.6451
10.0000	0.01593	0.0164	0.00000	-4.4337

A globális mutatók szerint 5 m és 10 m sugarú körben vizsgálva is a nagy illetve kis átmérők szignifikáns térbeli autokorrelációt mutatnak, amely ebben az esetben azt jelenti, hogy a területen a nagyobb és kisebb átmérőjű egyedek klaszterezetten vannak jelen. Ilyen formában az esetek egy részében a versengésben csak nagyobb átmérőjű egyedek vesznek részt, illetve bizonyos területeken csak a kisebb átmérők hatnak egymásra.

## 5.5. Az átlagtól jelentősen eltérő növekedést mutató egyedek vizsgálata az egyes mintaterületeken

Az eddigiekből látható, hogy az egyes mintaterületeken a különböző kompetíciós mutatószámok milyen szorosságot mutatnak az egyes fák növekedésével. A különböző szerkezetű állományokban a kompetíciós hatás kisebb-nagyobb formában megjelenik a növedékekben. Ehhez hozzájárul a fakitermelések (mortalitás) hatása is. Ha egy egyed jó növekedésű, annak több oka lehet:

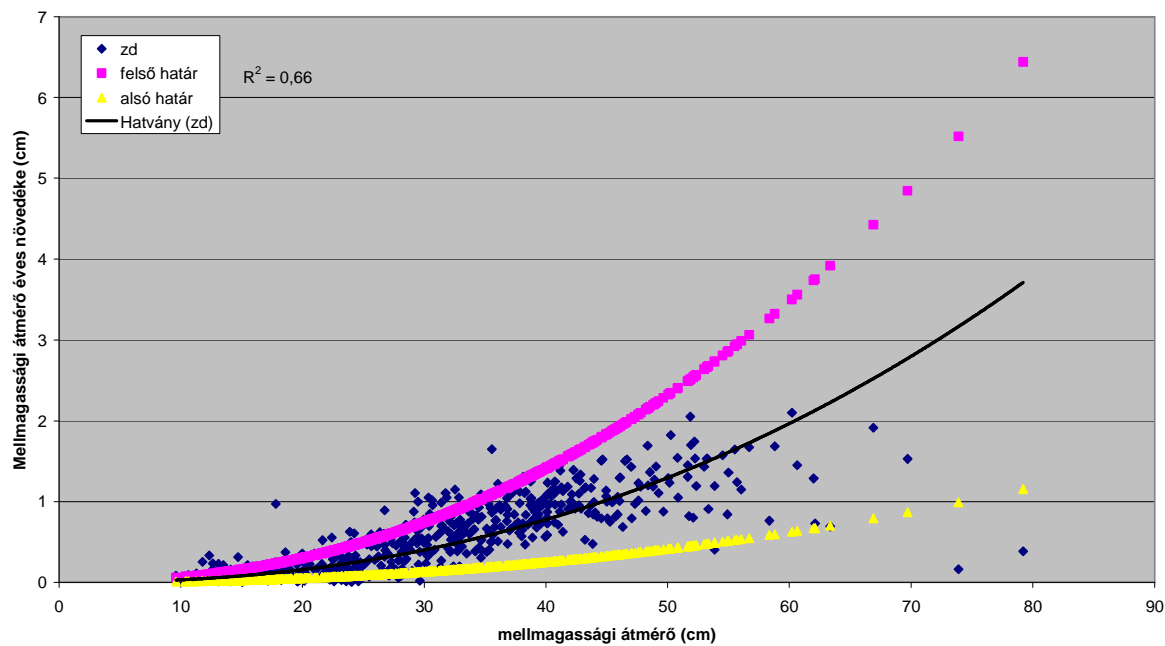
- a vizsgált időszakban nagyobb növéteret kapott (koronája jobban fejlődött, ami az „edény” elméletnek megfelelően nagyobb vastagsági növekedést eredményezett) – fakitermelések és/vagy a környező fák mortalitásának hatása,
- jobb termőhely,
- genetikailag jobb növekedésű egyedről van szó.

A genetikai adottságokat a rendelkezésemre álló adatok segítségével a jobb növekedésű egyedek esetében megállapítani nem lehetséges, pusztán következtethetünk akkor, ha az adott egyed esetében a jobb növekedést nem indokolja növőtér növekedés.

Az átlagos növekedéstől jelentősen eltérő rosszabb növekedéseknél ellenben arra következtethetünk – közel azonos termőhelyi feltételek mellett – hogy, ha a rosszabb növekedésű egyedek esetében nem a kompetíció a növekedés elmaradást okozó tényező, akkor genetikailag rosszabb növekedésű egyedekről lehet szó.

A termőhelyi tényezőkre következtethetünk a részletes talajvizsgálati jegyzőkönyvek segítségével, illetve a növekedési időszakban végzett mellmagassági átmérő növedékének térbeli autokorrelációjával.

Mindezek értelmében megvizsgáltam mindegyik mintaterületen (magterület) és minden növekedési időszakban a kimagasló és elmaradó növekedésű egyedeket. A 100. ábra a Bükkös mintaterület esetében a bükk fafajra jellemző mellmagassági átmérő éves növedéke és a mellmagassági átmérő közötti összefüggés átlaggörbéjét valamint határgörbéit mutatja.



**100. ábra: A mellmagassági átmérő éves növedéke és a mellmagassági átmérő összefüggése a bükk fafaj esetében a Bükkös mintaterületen**

Ezen görbék segítségével (amely megmutatja a mintaterületen a fafajra vonatkozó átlagos növedéket a mellmagassági átmérő függvényében) további két görbe ívét vázoltuk, amelyek – esetenként a minta pontfelhőjének szórása szerint változó, de közel azonos arányban – felosztják a pontfelhőt 3 részre. A törzsek legnagyobb része belekerül a középső, átlagostól kevésbé eltérő növekedésű területre, a pontok másik része a felső határ fölé kerülve kiugró növekedést mutat, a harmadik részük pedig az alsó határ alatt az átlagtól jelentősen elmaradó növekedést ad.

Minden mintaterület esetében megvizsgáltam, hogy a kiugró értékek a felső határ fölötti tartományban indokolhatók-e fakitermeléssel. Az esetek döntő többségében (a Károly mintaterület második növekedési szakaszát kivéve) változó mértékben minden törzs körül található 10 m-es körzetben fakitermelés. Ezeknél az eseteknél nem különválasztható a genetikailag jobb növekedés illetve a növőtér hatása.

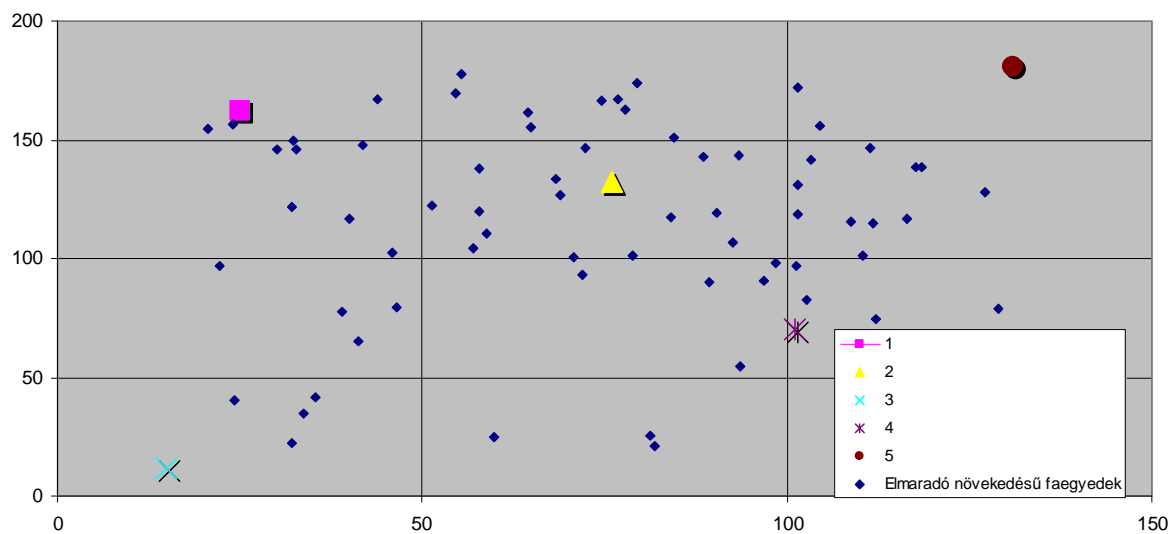
Az elmaradó törzsek esetében azonban a fakitermelések azt eredményezhetik optimális esetben, hogy „bekerülnek” az átlagos növekedésű területre. Ezzel a módszerrel csak alulról becsülhetjük, hogy a területen mekkora minimálisan az átlagtól genetikailag rosszabb növekedésű egyedek aránya.

### 5.5.1. A Bükkös mintaterület elmaradó növekedésű egyedei

A bükkös mintaterület esetében 69 db törzs (a magterület 7%-a) került a határgörbe alá, amelyek közül 42 db bükk és 18 db kocsánytalan tölgy volt, a többi lucfenyő, vörösfenyő és feketefenyő fajokból tevődött össze (101. ábra).

Lokális térparaméteres autokorrelációs vizsgálattal összehasonlítottam az egyes törzsek körül 10m-es körben belül található egyedek jellemző átmérőjét, majd ezek közül kiválasztottam azokat, amelyek a jellemzően kisebb növekedésű egyedek helyén a kisebb átmérőosztály csoportosulását mutatják. Ez a vizsgálat azt mutatta, hogy a 69 törzs közül 30 db olyan található, amelyek körül a kisebb átmérőosztály elemei csoportosulnak. Ezek közül 1 db feketefenyő, 2 db vörösfenyő, 6 db kocsánytalan tölgy és 21 db bükk egyed volt.

A magterület bükk egyedeinek 3%-nál nem ismert okok miatt elmaradó növekedést tapasztalunk, míg ugyanaz a szám a kocsánytalan tölgy esetében 2,7%.

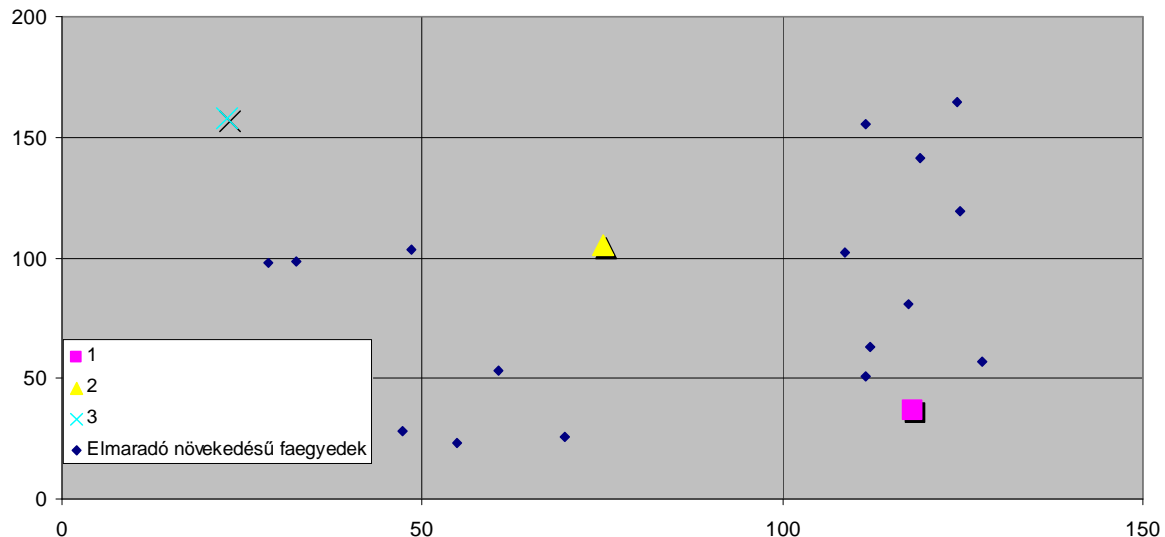


101. ábra: A Bükkös mintaterület (150mx200m) öt talajszelvényének és az elmaradó növekedésű egyedeinek elhelyezkedése

### 5.5.2. A Házoldal mintaterület elmaradó növekedésű egyedei

A házoldal mintaterület 19 db rossz növekedésű egyeddel rendelkezik (102. ábra) a magterületen belül (3,6%) – 8 db lucfenyő, 4 db vörösfenyő, 3 db kocsánytalan tölgy, 2 db gyertyán és 2 db erdeifenyő. Ezek közül a lokális  $G_1(d)$  statisztika eredményei szerint 9 db olyan egyed van, amelyek rosszabb növekedését nem indokolja a körülötte csoportosuló

egyedek méreteiből adódó kompetíció (2%) – 3 db lucfenyő, 2 db vörösfenyő, 2 db erdeifenyő és 2 db gyertyán egyed. Ez a főfafajok esetében a következőt jelenti: a minta szerint a lucfenyő 2,4%-a esetében nem az állományon belüli kompetíciós helyzet a rosszabb növekedés oka; ugyanez a vörösfenyő esetében 2%.



102. ábra: A Házoldal mintaterület (150mx200m) három talajszelvényének és elmaradó egyedeinek elhelyezkedése

### 5.5.3. A Keping mintaterület elmaradó növekedésű egyedei a második növekedési ciklusban

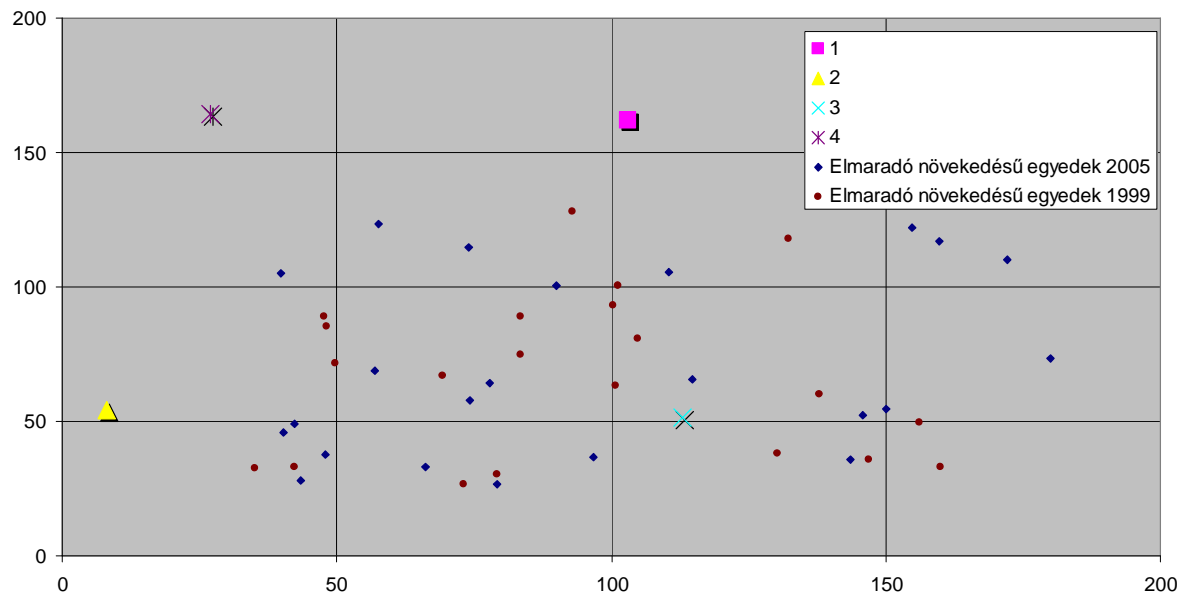
A Keping mintaterületen ebben az időszakban a magterület 23 egyede (2 db erdeifenyő és 21 db kocsánytalan tölgy) került az átlagosnál rosszabb növekedési kategóriába (103. ábra). A lokális  $G_1(d)$  statisztika eredményei szerint ebből 9 db (8 tölgy és 1 fenyő) egyed esetében nem mutatható ki pozitív autokorreláció a törzsek helye körüli 10 m-en belül a nagyobb átmérőtartományra vonatkozóan, azaz a teljes magterületi törzsszám majdnem 2%-ának növekedése nem indokolható a rosszabb versenyhelyzeti pozícióval.

### 5.5.4. A Keping mintaterület elmaradó növekedésű egyedei az első növekedési ciklusban

Az első két felvétel közötti időszakban a magterület 3%-a mutat rosszabb növekedést (8 db erdeifenyő és 16 db kocsánytalan tölgy). Ezek közül 10 olyan egyed van (3 fenyő és 7



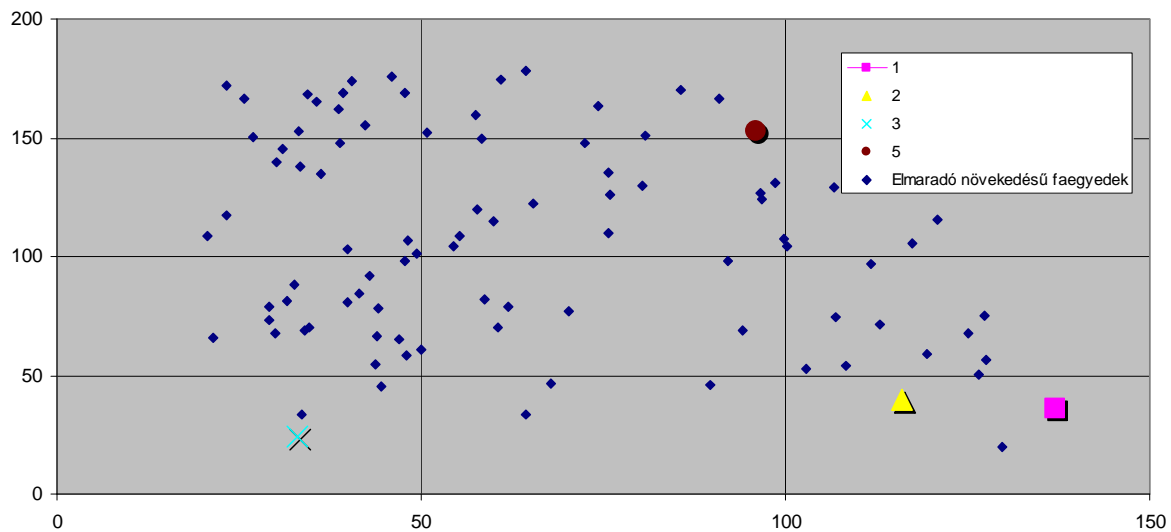
tölgy), amelyek esetében a környező fák méretei nem indokolják a rosszabb növekedést (1,4%-a a teljes magterületi állománynak).



103. ábra: A Kemping mintaterület (150mx200m) négy talajszelvényének és az elmaradó növekedésű egyedeinek elhelyezkedése

#### 5.5.5. A Károly mintaterület elmaradó növekedésű egyedei a második növekedési ciklusban

A magterület 13%-a az átlagosan elvárt növekedés alatt van (104. ábra), ezek közül az egyedek 63%-nak növekedését nem indokolja a rosszabb kompetíciós pozíció (27 db vörösfenyő, 5 db lucfenyő, 4 db kocsánytalan tölgy, a többi jelentős részében a gyertyán egyedei).

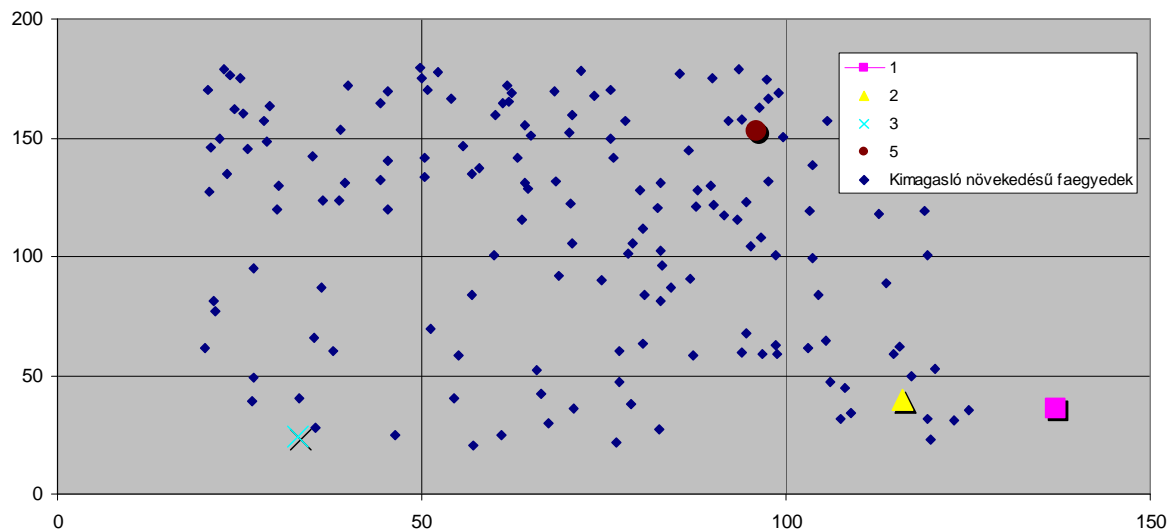


104. ábra: A Károly mintaterület (150mx200m) talajszelvényeinek és elmaradó növekedésű egyedeinek elhelyezkedése

#### 5.5.6. A Károly mintaterület kimagasló növekedésű egyedei az első növekedési ciklusban

Mivel a Károly mintaterület esetében a második növekedési időszakban alig volt tapasztalható törzsszámcsökkenés, így ebben az esetben azt is vizsgálhatjuk, hogy mi az oka az átlagot jelentősen meghaladó növekedést mutató egyedek esetében a növedéktöbbletnek. A vizsgálathoz szintén a különböző átmérőcsoportok területi autokorrelációját vizsgáljuk ezen esetek közvetlen 10 m-es környezetében.

A mintaterület magterületén 149 db olyan törzs volt, amelynek 10 m-es körzetében nem történt fakitermelés a vizsgált időszakban (105. ábra). Ezek közül 55 esetben (37%) az egyedet körülvevő törzsek jellemzően a kisebb átmérőtartományból kerültek ki. A megmaradt törzsek esetében a jobb növekedés ezért nem indokolható sem a fakitermelések sem a mortalitás hatására bekövetkezett növtér változással. Ezen törzsek növekedése más okokból kifolyólag haladja meg jelentősen az átlagos növekedést.



105. ábra: A Károly mintaterület (150mx200m) talajszelvényeinek és kimagasló növekedésű egyedeinek elhelyezkedése

### 5.5.7. A növekedéskorlatok térparaméteres vizsgálata az egyes területek esetében

Minden mintaterület magterülete esetében elvégeztem a folyónövedék térbeli autokorrelációs vizsgálatát, amelyeknek részletes adatai a 3. mellékletben láthatók, itt csak a statisztikai adatok rövid szöveges értékelését ismertetem. Az eredmények a globális mutatószámok közül a Moran's I, Geary's c értékeket mutatják.

Az egyes vizsgálatokat ebben az esetben is  $\alpha=0,05$  szignifikancia szint mellett végeztem. Minden esetben a mintavétel 5 m, illetve 10 m sugarú kör volt. A 11. táblázat az autokorreláció eredményeit mutatja az egyes vizsgált időszakokra és a vizsgált területekre.

11. Táblázat: Az egyes mintaterületek folyónövedékére vonatkoztatott autokorrelációs vizsgálatának eredményei

zd <sub>i</sub>	Moran's I	Geary's c
Bükkös	nem szignifikáns sem 5 sem 10m-en	nem szignifikáns sem 5 sem 10m-en
Házoldal	csak 10m-en szignifikáns	
Kemping 2005	nem szignifikáns sem 5 sem 10m-en	nem szignifikáns sem 5 sem 10m-en
Kemping 1999	szignifikáns 5 és 10m-en	szignifikáns 5 és 10m-en
Károly 2005	szignifikáns 5 és 10m-en	szignifikáns 5 és 10m-en

## 5.6. Az egyes mintaterületek talajszelvények szerinti jellemzése

Az egyes területek üzemterv szerinti termőhely típus változatát az Anyag és módszertani fejezetben röviden ismertettem. Jelen fejezetben az egyes mintaterületeken nyitott talajszelvények adatai alapján jellemzem azok termőhelyi változatosságát, jelezve az esetleges kiugró értékeket. A mintaterületek részletes termőhely feltárási jegyzőkönyveit az *1. számú mellékletben* közlöm.

### 5.6.1. Bükkös mintaterület

A mintaterületet 5 talajszelvény adataival jellemezhető. A 90-190 cm mélységig nyitott szelvények jó közelítéssel adnak információt a mintaterület egészéről. Az 5 szelvény közül 4 alsó rétegeiben mutatható ki mész, amely minden esetben 90 cm-nél mélyebben helyezkedik el.

Kiemelendő az egyes szelvények váz%-a, amely nem mutat egységes képet a mintaterület egészét tekintve. Az 1-4 szelvények esetében a váz% a talajfelszín közelében is 20%, vagy magasabb, míg a 3. szelvény esetében és az 5. szelvény esetében ez a mutatószám 0.

A humusz a talaj legfelső rétegében mindegyik szelvény esetében kimutatható, de legnagyobb arányban a 3. szelvény tartalmaz.

Mindezek alapján a terület jellemzően nem mozaikolt.

### 5.6.2. Házoldal mintaterület

A Házoldal mintaterület lejtviszonyai és állományképe 3 talajszelvény nyitását indokolta a területen.

Ezek közül egyikben sem volt kimutatható karbonátos mésztartalom, és váztartalom is csak 2 esetében, 35 cm mélység alatt. A humuszanyagok aránya a talaj legfelső szintjében a Házoldal mintaterület esetében kiegyenlítettebb képet mutatnak a mintaterület egészére vetítve.

A közel azonos mélységig nyitott szelvények laborvizsgálati eredményei alapján lényeges fatermésbeli különbségeket nem indokolnak a mintaterület egyes részein.

### **5.6.3. Kemping mintaterület**

A mintaterület száraz termőhelyének 4 nyitott talajszelvénye kiegyenlített viszonyokat tükröz. Nem mutatható ki karbonátos mésztartalom egyik esetben sem. A 4. szelvény esetében 40-100 cm mélységben kisarányú vázanyag található.

A humuszanyagok mennyisége a talaj felső rétegeiben közel azonos arányban találhatóak meg az egyes szelvények esetében.

A terület a talajszelvények adatai alapján jellemzően nem mozaikolt.

### **5.6.4. Károly mintaterület**

A Károly mintaterületen nyitott talajszelvények 0-160 cm mélység közötti vizsgálatokat tettek lehetővé. Karbonátos mésztartalom csak az 1-es szelvény esetében a talaj legalsó feltárt rétegében volt kimutatható. Mindegyik szelvény esetében az egyes rétegek kiegyenlített pH-viszonyokat mutatnak.

A mechanikai elemzés során vázartalom 3 szelvény esetében volt kimutatható. Ezek közül az 5. szelvény esetében már 20 cm mélységtől kezdődően magas vázartalom jellemzi a talajt, de a mintaterület többi részén azokban a szelvényekben, ahol szintén kimutatható volt a vázartalom, csak a szelvény alsóbb részeire volt jellemző, és ott is alacsonyabb arányban.

A humusztartalom a 2. szelvény esetében a legfelső rétegben magasabb értéket mutatott (4,3%), azonban a többi esetben ez a mutató is kiegyenlítettségre enged következtetni.

A terület talajszelvények eredményeinek tükrében jellemzően nem mozaikolt.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

A Soproni-hegyvidéken 1990-ben 5 db, a hegyvidék jellemző erdőtársulásait reprezentáló erdőrészletben egyenként 3-3 ha-os mintaterület lett kijelölve. A mintaterületek kijelölésének célja, hogy a hegyvidéki faállományok növekedésének részletes vizsgálatát tegyék lehetővé a különböző faállományokban. A vizsgálatot kiegészítendő, elkészült mindegyik mintaterület részletes termőhely feltárása, valamint a mintaterületek törzstérképe. Az első felvételek mindegyik mintaterületnél 1990-ben megtörténtek, azonban a termőhelyi mozaikosság következtében a későbbiek folyamán az egyik – Ojtozi sétány mellett található mintaterület – területen további felvételek nem voltak, így ebben az esetben a kísérleti adatsor megszakadt.

A megmaradó mintaterületek listája a következő:

- Hermes/Bükkös mintaterület
- Házoldal mintaterület
- Kemping mintaterület
- Károly (Károly-magaslat) mintaterület.

A különböző mintaterületek esetében 1-2 további felvétel követte az 1990. évi kiinduló állapot rögzítését. Sajnos, a 2005. esztendő követően újabb felvételekre nem kerülhetett sor, mivel az erdőrészletekben jelentős fakitermelésekre került sor, így a kísérleti adatsorok véglegesen megszakadni látszanak. Aktuális ezért az eddigi felvett adatsorok feldolgozása és azok kiértékelése különböző szempontok szerint, amelyek kiegészítik az eredeti célkitűzéseket, és amelyekre a felvételi adatok lehetőséget adnak.

A hagyományos növedék meghatározás mellett célul tűztem ki, hogy a lehető legpontosabb képet kapjak az egyes mintaterületeken belüli versengésről, és ezeket mintaterület szinten értékeljem. Az értékeléshez a versengési mutatószámok és a növekedési paraméterek korrelációját használtam, amelyhez kiegészítő számításként térparaméteres statisztikai vizsgálatokat eszközöltem. A versengési viszonyokat minden esetben a területen található összes egyedre végeztem, kiküszöbölve a szegélyhatást, ami jelentősen torzíthatja a számításokat. A szegélyhatás kiküszöbölésére egyszerű módot választottam: mivel a mintaterület viszonylag nagy kiterjedésű, és nincs információnk a mintaterületen kívüli állomány fafaji, illetve területi eloszlási szerkezetéről, ezért minden mintaterület esetében

magterületek megjelölésére volt szükség, amely a külső, 20 m-es zóna leválasztásából állt. Minden terület esetében a magterületi fák nagy létszáma elegendő a vizsgálatok lefolytatásához. A kiértékeléseket Microsoft Excel – visual basic algoritmusok –, illetve statisztikai célprogram (PPA developed by Jared Aldstadt, DongMei Chen and Arthur Getis San Diego State University) segítségével végeztem.

A kiértékelés során minden mintaterület mindegyik törzse esetében a meghatározásra került paraméterek a következők:

- Karcsúsági szám,
- Fatérfogat,
- Átmérő növedék (1-2 növekedési időszakra),
- Fatérfogat növedék (1-2 növekedési időszakra),
- Növőtér,
- Növőtér változás (1-2 növekedési időszakra),
- Kompetíciós helyzet (több felvétel esetében).

A szakirodalom által használt, gyakoribb és elfogadott kompetíciós mutatószámok minden törzs esetében meghatározásra kerültek (Hegyi index, Növőtér index, Növőtér, ME index, Lorimer index). A különböző kompetíciós mutató számok közül azok kerültek feldolgozásra, amelyek nem növőtér alapú paramétereket használnak elsősorban, hanem az egyedek mellmagassági átmérőjét, illetve pozícióját alkalmazzák formulájukban, mivel az eredeti felvételezésekkor ezek az adatok kerültek rögzítésre.

A kiértékelések során a kapott eredmények összevetése mellett további lehetőségeket kerestem a meglévő adatok felhasználásával az egyes indexek és a növekedés szorosabb korrelációjának eléréséhez. Így jutottam el egy független tényező, a karcsúsági szám alkalmazásához:

$$\frac{h}{d} = \text{karcsúsági szám}$$

Az ME index illetve a Lorimer index esetében a központi fa karcsúsági számával történő korrekciója során számos esetben szorosabb összefüggés volt kimutatható a növekedési paraméterek illetve kompetíciós mutatószám között, mint az eredeti mutatószám és a növedék mérőszáma között. A korrigált mérőszámokat rendre Módosított ME index, illetve Módosított Lorimer index néven kerültek feltüntetésre jelen dolgozatban. Az egyes területek esetében

számított determinációs koefficienseket a következő táblázatok (12-17. táblázatok) foglalják össze:

**12. Táblázat: A Bükkös mintaterület kompetíciós indexei a növedékatatok függvényében**

		zd <sub>i</sub>		zv <sub>i</sub>	
		Kompetíciós index	determinációs együttható	Kompetíciós index	determinációs együttható
Mintaterület neve:	Bükkös/ Hermesz	Mod_Lor	0,5122	Lor	0,7113
Időszak vége:	2005	Lor	0,5021	Mod_Lor	0,6665
Állomány kora:		Mod_ME	0,4303	HI	0,6084
		HI	0,4055	Mod_ME	0,5312
		ME	0,3452	ME	0,4617

**13. Táblázat: A Házoldal mintaterület kompetíciós indexei a növedékatatok függvényében**

		zd <sub>i</sub>		zv <sub>i</sub>	
		Kompetíciós index	determinációs együttható	Kompetíciós index	determinációs együttható
Mintaterület neve:	Házoldal	Mod_Lor	0,328	Lor	0,7009
Időszak vége:	2005	Lor	0,2994	Mod_Lor	0,6516
Állomány kora:		Mod_ME	0,2746	HI	0,5598
		HI	0,2485	Mod_ME	0,5112
		ME	0,202	ME	0,452

**14. Táblázat: A Kemping 2005 mintaterület kompetíciós indexei a növedékatatok függvényében**

		zd <sub>i</sub>		zv <sub>i</sub>	
		Kompetíciós index	determinációs együttható	Kompetíciós index	determinációs együttható
Mintaterület neve:	Kemping	Mod_Lor	0,1238	Lor	0,2753
Időszak vége:	2005	Lor	0,1208	Mod_Lor	0,2394
Állomány kora:		Mod_ME	0,0634	HI	0,1392
		ME	0,0284	Mod_ME	0,1153
		HI	0,0207	ME	0,0613



**15. Táblázat: A Kemping 1999 mintaterület kompetíciós indexei a növekedatok függvényében**

		zd <sub>i</sub>		zv <sub>i</sub>	
		Kompetíciós index	determinációs együttható	Kompetíciós index	determinációs együttható
Mintaterület neve:	Kemping	Lor	0,2038	Lor	0,4151
Időszak vége:	1999	Mod_Lor	0,2036	Mod_Lor	0,3954
Állomány kora:		HI	0,1912	HI	0,3453
		Mod_ME	0,1762	Mod_ME	0,2702
		ME	0,113	ME	0,1532

**16. Táblázat: A Károly 2005 mintaterület kompetíciós indexei a növekedatok függvényében**

		zd <sub>i</sub>		zv <sub>i</sub>	
		Kompetíciós index	determinációs együttható	Kompetíciós index	determinációs együttható
Mintaterület neve:	Károly.	Mod_Lor	0,1175	Lor	0,498
Időszak vége:	2005	Mod_ME	0,1104	HI	0,4583
Állomány kora:		HI	0,1015	Mod_Lor	0,4563
		Lor	0,0959	Mod_ME	0,3389
		ME	0,0721	ME	0,2777

**17. Táblázat: A Károly 2000 mintaterület kompetíciós indexei a növekedatok függvényében**

		zd <sub>i</sub>		zv <sub>i</sub>	
		Kompetíciós index	determinációs együttható	Kompetíciós index	determinációs együttható
Mintaterület neve:	Károly.	Mod_Lor	0,4032	HI	0,6675
Időszak vége:	2000	HI	0,3823	Lor	0,6632
Állomány kora:		Lor	0,3383	Mod_Lor	0,6353
		Mod_ME	0,3331	Mod_ME	0,4567
		ME	0,2051	ME	0,3442

Az összefoglaló táblázatok szerint a fatérfogat növedékével minden esetben szorosabb az összefüggés, mint az átmérő éves növedékével, a különbség esetenként nagyságrendi is lehet. A módosított kompetíciós mutatók egy esettől eltekintve minden mintaterületen szorosabb összefüggést mutattak az átmérő éves folyónövedékével, mint az eredeti mutatószámok.

Az ME index összefüggéseiben ez utóbbihoz hasonlóan a szorosságtól függetlenül mindenhol erősebb korrelációt mutat a Módosított ME, mint az eredeti formulával számított mutató. A szakirodalomban általánosan alkalmazott, egyik legelterjedtebb mutatóként alkalmazott Hegyi index szinte minden esetben rosszabb korrelációt mutat, mint a Módosított mutatók valamelyike.

A jelentős kocsánytalan tölgy egyedek magába foglaló állomány esetén (Kemping mintaterület), ahol relatíve kisebb az elegyfajok – különös tekintettel a fenyő – aránya, ott a mutatószámok korrelációja (különös tekintettel a mellmagassági átmérő éves növedékére) gyenge, igen gyenge. Ez a laza kapcsolat még inkább jellemző az állomány idősebb korában.

A módosító tényező a táblázatok tanulsága szerint az ME index esetében hoz szignifikánsan jobb eredményt. Ennek okát a karcsúsági szám tulajdonságainak tükrében értelmezhetjük.

A karcsúsági szám alapvetően a fa egyedi (fafaji és az állományban betöltött szerepéből fakadó) tulajdonságait hivatott a kompetíció során reprezentálni. Ez a következő elemekből áll:

- a fafaji tulajdonságokból eredő karcsúság,
- a felvételi időpontot megelőző kitermelések és mortalitások következtében fellépő növtér változások hatása,
- termőhely jóságából következő hatás,
- adott állományszerkezet hatása,
- állomány korának hatása.

Mindezekből látható, hogy a karcsúsági szám, amely számos tényező hatását hivatott tükrözni a formulákban, az ME index esetében hatékony eszköznek bizonyult a versengés mutatószámértékének pontosabb meghatározásában.

A mintaterületek kiértékelésekor statisztikai mutatókkal jellemeztem az egyes egyedek elhelyezkedését a területen, valamint az egyes törzsek növedékére és átmérőire vonatkozóan szintén térparaméteres statisztikai mutatókat határoztam meg. A térparaméteres statisztikai

eljárások ez idáig hazánkban az erdészeti kutatás területén nem alkalmazott módszer bevezetése újszerű, és amelynek további alkalmazása más, az erdészeti kutatások területén javasolt. Ezek segítségével az egyes átmérő csoportok térbeli elhelyezkedésére és az egyedek térbeli elhelyezkedésére vonatkozóan kaptam információkat, amelyek fontos háttérelmei a versengési helyzet értékelésének.

A vizsgálat eredményeképpen megmutatható a különböző kompetíciós indexek alkalmazhatósága a különböző korú állományokban adott fafajszerkezet mellett. Nem utolsósorban rámutattam arra, hogy az „egyedi jelleg” milyen módon vihető be egy kompetíciós mutatószámba, és az milyen eredménnyel alkalmazható, valamint új, a hazai erdészeti kutatásokban ez idáig nem alkalmazott statisztikai eszközökkel jellemeztem az egyes állományok térbeli struktúráját.

A gyakorlat orientált kutatás számára ezen eredmények a számítógépes modellezés területén hasznosíthatók. A számítógépes szimulációk egyik elengedhetetlen eleme a fafajra jellemző növekedési függvények adott szociális helyzetbeni növedék-redukciója a kompetíciós mutatószámok szerint (egyed alapú távolságfüggő növekedési modellek). Lényegében a szimulált növedék redukciójáról van szó, amennyiben a szimulációban ismert az adott egyed és környezetének viszonya. Elegyetlen állományok növekedés scénárióinak modellezése esetén az elegyes állományokra jellemző, az egyedi jelleget megjelenítő kompetíciós mutatószámok alkalmazása megbízhatóbb eredményt ad.

A továbbiakban célszerűnek tartom a mérési sor folytatását azokon a mintaterületeken, ahol a fakitermelések során keletkezett főállomány ezt megengedi. A fakitermeléssel erősen érintett területek esetében (ha nem tarvágás történt) az egyes egyedek koronafejlődésének vizsgálata további kiegészítő adatokkal szolgálhat a modellkészítésben. Ehhez megfelelő eszköz az általam tervezett hengeres tükrös koronavetület mérő, amely a Field-Map rendszerhez illesztve lehetőséget biztosít a koronavetület korszerű méréséhez. A koronavetület adatok gyűjtése a versengést jelentősen befolyásoló tényező: a korona növekedésének modellezéséhez nyújt segítséget.

A termőhelyi tényezők (genetikai talajtípus) és a növekedés kapcsolatának pontosabb leírásában a térparaméteres statisztikai eljárások újabb eszközt biztosíthatnak.

## 7. KIVONAT

A Soproni-hegyvidék jellemző faállomány típusai növekedésének vizsgálata céljából 1990-ben 5 jellemző mintaterület kitűzése történt meg. Az 5 kijelölt mintaterületből a továbbiakban 4 mintaterület faállomány adatai kerültek több ütemben felvételre.

A mintaterületek a hosszúlejárátú kísérleti területek kijelölésének metodikájával kerültek állandósításra: minden törzs egyedi sorszámot kapott, valamint jelölve lett a mellmagassági átmérő mérési helye. A mérési jegyzőkönyvek az egyes egyedek fafaját, a felvételtkor mellmagassági átmérőjét (két irányból történő méréssel), famagasságát és az egyed mintaterületen belüli relatív koordinátáját tartalmazzák.

A mérési jegyzőkönyvek adatai segítségével meghatározásra kerültek az egyes időszakok növekedést mutató paraméterei (mellmagassági átmérő éves növedéke, fatérfogat éves növedéke). Ezen adatok segítségével kiszámításra kerültek az egyes időszakokra jellemző különböző kompetíciós mutatószámok – a kompetíciós mutatószámok kiválasztásakor figyelembe vette a szerző a rendelkezésre álló adatokat, valamint a különböző szerkezetű állományokban való felhasználhatóságot.

Minden törzs esetében kiszámításra került a végidőszaki növtér, illetve a növtér index is.

Mindezekkel együtt a növekedési adatok a következő mutatószámokkal kerültek összevetésre: növtér index, növtér, Hegyi index, ME index, Lorimer index.

Ez utóbbi két index esetében vizsgálat tárgyát képezte a fafaji, illetve faegyed szociális helyzetét mutató korrekciós tényező formulába építése is. A korrekciós tényező ezekben az esetekben a  $h/d$  karcsúsági szám. Az így módosításra került versengési mutatószámok a következők: Módosított ME index és Módosított Lorimer index, amelyek vizsgálata a növekedési paraméterekkel szemben szintén megtörtént, s amelyek eredményeit a tézisek tartalmazzák.

Kiegészítő vizsgálatok történtek az egyes törzsek, illetve törzsátmérők térbeli autokorrelációját vizsgálva, amelyek statisztikai mutatószámai tájékoztató adatot szolgáltatottak a hagyományos állományszerkezeti adatok mellett. A kapott eredmények értékelése természetesen a mintaterületenkénti részletes termőhely feltárási jegyzőkönyvek adatait is figyelembe veszi.

## **ABSTRACT**

In order to investigate the growth of the typical stand types on the Sopron hills 5 typical sample plots were established in 1990. Out of the 5 plots the data of 4 sample plots were consecutively assessed.

The plots are permanent sample plots and were designed with the methods for this kind of plots: every stem was numbered and the spot for measuring DBH was marked. The records included species, DBH at first assessment (measured from two directions), height and the relative coordinates within the plot.

Based on the measurements in different periods of time the increments for the periods were calculated (annual increment of the DBH and tree volume). Using these data the different competition indices for the different time periods were calculated – in selecting the indices the author considered the available data and their use under different forest stand structures.

At the same time the growing space and the growing space index at the end of the period was also calculated.

The increment data were then compared to the following: growing space, growing space index, Hegyi index, Lorimer index.

In the case of the latter two indices the author investigated the possibility of the incorporation of a correction factor related to the social position of the trees within the stand. The correction factor in these cases is the height/DBH relation. The modified competition indices are as follows: modified ME index and modified Lorimer index. The investigation of these indices in relation of the increment parameters was also accomplished; the results are in the theses.

Additional investigations were carried out related to the spatial autocorrelation of the single stems and stem diameters the statistical parameters of which provide additional information to the conventional stand structure parameters. The evaluation of the results also considers the data of the detailed site survey of the sample plots.

## 8. TÉZISEK

A 4 mintaterület (Bükkös, Házoldal, Kemping, Károly) versengés szemléletű vizsgálata után a kezdeti hipotézisnek megfelelően – miszerint a lombos és fenyőelegyes állományok versengési vizsgálataiban esetében lehetséges differenciálni az egyes törzsek versengésben betöltött szerepét a távolságfüggő kompetíciós mutatószámok segítségével olyan módon, hogy a mutatószám kiszámításakor fajtai-faegyedi tulajdonságokat építünk a formulába – az elvégzett számítások és az értékelés során a következő tényszerű tapasztalatok következnek.

1. Az elegyes állományokban (lombos-fenyő) a faegyedekre jellemző versengésben betöltött szerep nem kiegyenlített, hanem erősen függ az elegyaránytól, ezért szükséges a fajtai sajátosságokat megjeleníteni a kompetíciós mutatószámok kifejezésekor.
2. Elegyes, egykorú állományok esetében a távolságfüggő kompetíciós mutatószámok szorosabb korrelációt mutatnak a növedék mutatószámaival, mint a nem távolságfüggő kompetíciós mutatószámok.
3. A vizsgált állományok esetében – amelyek jellemzően lombos-fenyő elegyűek – a karcsúsági szám ( $h/d$ ) megfelelő módon reprezentálja az egyedek fajtai tulajdonságait, valamint állományban betöltött szerepét.
4. A mintaterületek által reprezentált állományszerkezetű erdők esetében az ME (MARTIN ÉS EK 1984) kompetíciós mutatószám a szerző által javasolt módosítása minden esetben szorosabb korrelációt eredményezett a kompetíciós helyzet és a növekedési mutatószámok között, különös tekintettel a mellmagassági átmérő éves növedékére vonatkozóan.
5. A mintaterületek által reprezentált állományszerkezetű erdők esetében a távolságfüggő egyszerű kompetíciós mutatószámok érzékenyebbek a növekedési paraméterek változására, mivel ezekben az esetekben a korreláció szorosabb.

6. A Lorimer index (kompetíciós mutatószám) módosítása a fafaji, illetve az egyed állományon belüli szerepét reprezentáló korrekciós tényezővel nem minden esetben eredményezett szorosabb korrelációt a növekedési mutatószámokkal, így igazolt, hogy a nem távolságfüggő kompetíciós mutatószámok alkalmazása a mintaterületek által reprezentált faállományok esetében kevésbé jellemzik pontosan az állományon belüli versengési viszonyokat.
  
7. A korszerű növekedési modellek sajátja az egyedi fa alapú növekedési modellek alkalmazása a döntés előkészítés során. A szerző a dolgozatban bemutatott eredmények alapján indokoltnak tartja a digitális modellezés során a mintaterületek által reprezentált faállományok esetében a távolságfüggő módosított ME (MARTIN ÉS EK 1984) kompetíciós mutatószám alkalmazását a növekedés előrejelzésében.

## 9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Azon emberek egyike vagyok, akik az erdei fák növekedését vizsgálhatják. Ezt a lehetőséget nemcsak annak köszönhetem, hogy a Teremtő azzal a képességgel áldotta meg az erdei fákat, hogy az ember számára növekedjék, hanem sokan másoknak, akik az elmúlt időszakban segítségemre voltak ebben a vizsgálatban. S hogy aztán ezen vizsgálatok eredményei mi módon kerülnek felhasználásra a gyakorlatban, már nem tőlem (tőlünk) függ.

Ezt a fejezetet számukra, Nektek szentelem köszönetképpen, hogy amikor azt mondhatom, az én munkám, akkor a Ti közreműködésüket is kifejezze e két szó.

Egyetemi éveim végén DR. VEPERDI GÁBOR egyetemi docens pártfogásába vett. Eme támogatásnak köszönhetem, hogy elkészülhetett ez a munka. Szakmai vezetése, tanácsai, építő jellegű kritikája és nem utolsó sorban embersége volt az, amire a munka elvégzésekor mindenkor támaszkodhattam. Őneki, és természetesen a közvetlen kollégáknak tartozom itt köszönettel. Köszönöm!

A szakmai vezetés mellett elengedhetetlen a Család támogatása. Szüleim, akik kezdetektől támogattak munkámban, testvérem, akinek tapasztalataira támaszkodhattam és nem utolsó sorban feleségem, Kati – akinek keze munkája által nyerte el dolgozatom végső formáját – és az időközben megszületett Barnabás fiam voltak azok, akik ezt a nyugodt, stabil háttérrel biztosították számomra! Hálás köszönettel tartozom ezért Nekik!

És végül, de nem utolsó sorban köszönöm mindazoknak a segítségét, akik bármilyen formában hozzájárultak ahhoz, hogy dolgozatom elkészülhessen. Remélem a jövőben én is hasonlóan tudok a Ti munkátokhoz segítséget nyújtani, és nem kell erre annyit várni, mint vizsgálati alanyaimnak az életkora!

Sopron, 2012. április 29.

Horváth Tamás



## 10. IRODALOMJEGYZÉK

- ALBERT M. – SCHMIDT M. (2010): Climate-sensitive modelling of site-productivity relationships for Norway spruce (*Picea abies*(l.)Karst.) and common beech (*Fagus sylvatica* L.), *Forest Ecology and Management* 259, 739-749 pp.
- BACHMAN M. (1998): Indizes zur Erfassung der Konkurrenz von Einzellbäumen, *Methodische Untersuchung in Bermischwäldern, Forstl Forschungsber München* 171, 261. p.
- BALI L. – FÓDI B.- TRÉFA M. – PESZLEN R. (2010): A Nelder kísérlet első eredményei Magyarországon, *Tudományos Diákköri Dolgozat, Sopron*
- BAZZAZ F. A. – GRACE J. (1997): *Plant resource allocation, Academic, San Diego*
- BIRCK O. - KISS R. - MÁRKUS L. - SOLYMOS R. - TALLÓS P. (1962): A hosszúléjártú erdőnevelési és faterméstani kísérleti területek kitűzésének, felvételének és fenntartásának irányelvei, *Erdészeti Kutatások, Bp. 1962.*
- BÉGIN E. – BÉGIN J. – BÉLANGER L. – RIVEST LP. – TREMBLAY S. (2001): Balsam fir self-thinning relationships and its constancy among different ecological regions, *Can J For Res* 31, 950-959 pp.
- BÉKY A. – DR. BONDOR A. – GABNAI E. – DR. HALUPA L. – DR. KISS R. – DR. MENDLIK G. – DR. RÉDEI K. – DR SOLYMOS R. – VEPERDI G. (1991): A hosszúléjártú erdőnevelési és fatermési kísérleti területek létesítésének, felvételének és fenntartásának továbbfejlesztett irányelvei, *Erdészeti Kutatások, Bp. 1990-91., 198-214 pp.*
- BOGDÁN B. - MIKLÓS T. - RÁCZ K. (2006): Egyes erdők faállomány-szerkezeti vizsgálata a Tanulmányi Erdőgazdaság Rt. Soproni Erdészetének területén, *Diplomaterv, Sopron*
- CANHAM C. D. (1988): Growth and canopy architecture of shade-tolerant trees: response to canopy gaps, *Ecology* 69, 786-795 pp.
- CHEN H. Y. H. – KLINKA K. – KAYAHARA G. J. (1996): Effects of light on growth, crown architecture and their importance to forest understory plants, *Adv. Ecol. Res.* 18, 1-63 pp.
- CHEN D. – GETIS A. (1998): *Point Pattern Analysis, programsegédlet*
- COLIGNY F. – ANCELIN PH. – CORNU G. – COURBAUD B. – DREYFUS PH. – GOREAUD F. – GOURLET-FLEURY S. – MEREDIEU C. – ORAZIO CH. – SAINT-ANDRE L. (2002): CAPSIS: Computer-Aided Projection for Strategies In Silviculture: Open architecture for a shared

- forest-modelling platform, Fourth Workshop IUFRO S5.01.04, Harrison Hot Springs, British Columbia, Canada – September, 8-15 pp.
- CONOLLY J. (1986): On difficulties with replacement-series methodology in mixture experiments, *Journal of Applied Ecology* 23, 125-137 pp.
- CONNOLLY J. – GOMA H. C. – RAHIM K. (2001a): The information content of indicators in intercropping research, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 87, 191-207 pp.
- CONNOLLY J. - WAYNE P. – BAZZAZ F. A. (2001b): Interspecific competition in plants: how well do current methods answer fundamental questions? *American Naturalist* 57, 107-125 pp.
- CULLINAN C. – NIEUWENHUIS M. (2008): NATFOREX – Establishing a National Resource of Field Trials and a Database for Forest Research and Demonstration in Ireland, Working Papers of the Finnis Forest Research Institute 105
- DANIELS R. F. – BURKHART H. E. - CLASON T. R. (1986): A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees, *Can. J. For. Res.* 16, 1230-1237 pp.
- DANSZKY I.(1963): Magyarország erdőgazdasági tájainak erdőfelújítási, erdőtelepítési irányelvei és eljárásai – I. Nyugat-Dunántúl Erdőgazdasági Tájcsoport. Mezőgazdasági Könyv-és Folyóiratkiadó Vállalat, Budapest, 443-449 pp.
- DIXON G. E. (2002): Essential FVS: A User's Guide to the Forest Vegetation Simulator. Internal Rep. Fort Collins, CO: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Management Service Center. 193. p.
- DOBBERTIN M. (2004): Forest Growth Research in Europe. The Role of Forests for Coming Generations – Philosophy and Technology for Forest Resource Management. 21-30. p.
- DUCHESNEAU R. – LESAGE I. – MESSIER C. – MORIN H (2001): Effects of light and intraspecific competition on growth and crown morphology of two size classes of understory balsam fir saplings, *Forest Ecology and Management* 140, 215-225 pp.
- ENQUIST BJ. – BROWN JH. – WEST GB (1998): Allometric scaling of plant energetics and population density, *Nature* 395, 163-165 pp.
- FELHÁZI L. (2002): A Háromhuta Vadaskert nevezetű erdőtömb, illetve a községhatárban található egzóta fenyők faállományainak felmérése, értékelése, ezen fafajok magyarországi termesztésének lehetőségei, diplomaterv, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron

- FIRBANK L. G. – WATKINSON A. R. (1985): On the analysis of competition within two-species mixture of plants, *Journal of Applied Ecology* 22, 503-517 pp.
- FORRESTER D. J. – BAUHUS J. – COWIE A. L. – VANCLAY J. K. (2006): Mixed-species plantations of Eucalyptus with nitrogen fixing trees, *Forest Ecology and Management* 233, 211-230 pp.
- FRECKLETON R. P. – WATKINSON A. R. (2000): Designs for greenhouse studies of interactions between plants: an analytical perspective, *Journal of Ecology* 88, 386-391 pp.
- FRECKLETON R. P. – WATKINSON A. R. (2001): Nonmanipulative determination of plant community dynamics, *Trends in Ecology and Evolution* 16, 301-307 pp.
- GADOW V. K. - TREMER N. - MYLIUS A. (2005): *Auswertung der Versuchsfäche Vossgraben*, Göttingen
- GIBSON J. D. CONNOLLY J. – HARNETT D. C. WEIDENHAMER J. D. (1999): Designs for greenhouse studies of interactions between plants, *Journal of Ecology* 87, 1-16 pp.
- GLOBAL FOREST RESOURCES ASSESSMENT 2005, PROGRESS TOWARDS SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT (2006): Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- GRAY L.- HE F. (2009): Spatial point-pattern analysis for detecting density-dependent competition in a boreal chronosequence of Alberta, *Forest Ecology and Management*, 259, 98-106 pp.
- GREENBERG B. G. (1951): Why randomize?, *Biometrics* 7, 309-322 pp.
- GREGORIE G. (2004): *Competition Bibliography 1957-present*, Yale University
- GROTE R. (2003): Process based modelling of tree development and productivity in mixed forests, in: Scherer-Lorenzen M., Körner C, Schulze ED (eds) *The functional significance of forest diversity*. Ecological Studies, Springer, Berlin, Heidelberg, New York
- HARKAI L. – PÁLL M. (1986): Simafenyő ültetvényes termesztése, *Erdészeti Kutatások*, 1986, 78, 71-78 pp.
- HARKÖNEN S. – MAKINEN A. – TOKOLA T. – RASINMAKI J. – KALLIOVIRTA J. (2010): Evaluation of forest growth simulators with NFI permanent sample plot data from Finland, *Forest Ecology and Management* 259, 573-582 pp.
- HEGYI F. (1974): A simulation model managing Jack-pine stands, In: FRIES J. (ed) *Growth models for tree and stand simulation*, Royal College of Forest, Stockholm, Sweden, 74-90 pp. (379 p.)

- HELLMERS H. (1964): Distribution of growth in tree seedlings stems as affected by temperature and light. In: Zimmerman, M.M. (Ed.), The Formation of Wood in Forest Trees, Academic press, New York, 533-547 pp.
- INOYUE B. D. (2001): Response surface experimental desing for investigating interspecific competition, Ecology 82, 2696-2706 pp.
- INOYUE R. S. – SCHAFFER W. M. (1981): Ont he ecological meaning of ratio (de Wit) diagrams in plant ecology, Ecology 62, 1679-1681 pp.
- JOLLIFFE P. A. (2000): The replacement series, Journal of Ecology 88, 371-385 pp.
- KARLSSON K. ED. (2008): Long-term Field Experiments in Forest Research, Working paper of the Finnish Forest Research Institute 105
- KIKVIDZE Z. – ARMAS C. – PUGNAIRE F. I. (2005): The effect of initial biomass in manipulative experiments on plants, Functional Ecology 20, 1-3 pp.
- KIRÁLY L. (1968): Király-féle fatérfogat függvény
- KIRÁLY L. (1995): Fejezetek a dendrometria, fatermésztan köréből (a hazai fatermésztan fejlődése, dendrometriai, fatermésztani alapfogalmak), kézirat
- KLINKA K. – WANG Q. – KAYAHARA G. J. – CARTER R.E. – BLACKWELL B.A. (1992): Light-growth response relationships in Pacific silver fir (*Abies amabilis*) and subalpine fir (*Abies lasiocarpa*), Can. J. Bot. 70, 1919-1930 pp.
- KOHYAMA T. (1980): Growth pattern of *Abies mariesii* saplings under conditions of open-growth and suppression. Bot. Mag. Tokyo, 93, 13-24. pp.
- KOKKILA, T. – MÄKELÄ, A. – FRANC, A. (2006): Comparison of distance-dependent and distance-independent stand growth models – Is perfect aggregation possible?. Forest Science, 52 (6) 623-635 pp.
- KOLOSZÁR, J. (2002): Erdőnevelésztan, kézirat. 8-42 pp.
- KONDORNÉ SZ. M. (2007): Fafajösszehasonlító kísérletek értékelése, doktori értekezés, Sopron, 37-68 pp.
- KONDORNÉ SZ. M. – HORVÁTH T. (2007): A Soproni-hegységben (Ágfalva) található fafajösszehasonlító kísérlet tapasztalatai. Erdészeti Lapok, CXLII. Évf. 2. szám. 38-40 pp.
- KORMÁNYHIVATAL, SZOMBATHELYI ERDÉSZETI IGAZGATÓSÁG (2011): TAEG ZRt. üzemtervi térkép

- KRAMER K. – FRIEND AD. – LEINONEN I. (1996): Modelling comparison to evaluate the importance of phenology for the effects of climate change on growth of temperate-zone deciduous forest, *Clim Res* 7, 31-41 pp.
- KUCHAR L. (1989): The exponential polynomial model (EPM) of yield forecasting for spring wheat based on meteorological factors and phenophase, *Agric For Meteorol* 46, 339-348 pp.
- LOGAN K. T. (1969): Growth of tree seedlings as affected by light intensity, IV. Black spruce, white spruce, balsam fir, and eastern white cedar, *Can. For. Serv. Dep. Fish. For. Publ.* No. 1256
- LORD D. – MORISSETTE S. – ALLAIRE J. (1993): Influence de l'intensité lumineuse, de la température nocturne de l'air et de la concentration en CO<sub>2</sub> sur la croissance des semis d'épinette noire (*Picea mariana*) produits en récipients en serres, *Can J. For. Res.* 23, 101-110 pp.
- LORIMER C. G. (1983): Tests of age-independent competition indices for individual trees in natural hardwood stands. *For. Ecol. Manage* 6, 343-360. pp.
- MAIER H. (1997): Optimierung und Validierung eines Wachstumsmodells für Weizen zum Einsatz in der Bestandesführung und Klimawirkungsforschung, PhD thesis, Technical University München, Freising, Germany
- MARK W. B. (1983): Spacing Trials Using Nelder Wheel, Workshop on Eucalyptus, California, Sacramento
- MARTIN G.L. – EK A.R. (1984): A comparison of competition measures and growth models for predicting plantation Red pine diameter and height growth. *Forest Science* 30, 731-743 pp.
- MASON W. L. – JINKS R. – HARRISON A. J. (2008): An overview of Long-term Forest Experiments in Great Britain managed by Forest Research, Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 105
- MÄKELÄ A. (2007): Hierarchical treatment of multi-scale processes in tree and stand models, Előadás
- MIKHAILOV A. (2007): Conceptual Framework of Lattice Ecosystem Simulator. Laboratory of Ecological Modelling Institute of Physico-Chemical and Biological Problems in Soil Science Russian Academy of Science, Előadás
- OLIVER CD. – LARSON BC. (1990): Forest stand dynamics, Wiley, New York, 520 p.
- ORD J.K.- GETIS A. (1995): Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distribution Issues and an Application, *Geographical Analysis*, 27(4), 286-306 pp.

- PACALA S. W. – CANHAM C. D. – SILANDER JR. J. A. – KOBE R. K. (1964): Sapling growth as a function of resources in a north temperate forest, *Can. J. For. Res.* 24, 2172-2183 pp.
- PARENT S. – MEISSER C. (1995): Effets d'un gradient de lumière sur la croissance en hauteur et la morphologie de la cime du sapin baumier régénéré naturellement, *Canadian Journal of Forest Research*, 1995, 25(6): 878-885 pp., 10.1139/x95-096
- PARK S. E. - BENJAMIN L. R. – WATKINSON A. R. (2003): The theory and application of plant competition models: an agronomic perspective, *Annals of Botany* 92, 741-748 pp.
- PRETZSCH H. (1995): Zum Einfluss des Baumverteilungsmusters auf den Bestandeszuwachs, *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 166, (9/10), 190-201 pp.
- PRETZSCH H. (2002): *Grundlagen der Waldwachstumsforschung*, Blackwell, Berlin
- PRETZSCH H. (2005): *Diversity and Productivity in Forests: Evidence from Long-Term Experimental Plots*, *Ecological Studies*, vol.176, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- PRETZSCH H. (2006): Species-specific allometric scaling under self-thinning: evidence from long-term plots in forest stands, *Ecosystem Ecology*, 146, 572-583 pp.
- PRETZSCH H. – GROTE R. – REINEKING B. – RÖTZER TH. – SEIFERT ST. (2008): Models for Forest Ecosystem Management: A European Perspective, *Annals of Botany* 101: 1065-1087 pp.
- PRETZSCH H. – SCHÜTZE G. (2008): Transgressive overyielding in mixed compared with pure stands of Norway spruce and European beech in Central Europe: evidence on stand level and explanation on individual tree level, *Eur. J. Forest Res.* Springer Verlag Berlin Heidelberg
- PRETZSCH H. METTE T. (2008): Linking stand-level self-thinning allometry to the tree-level leaf biomass allometry, *Trees*, 22, 611-622 pp.
- PRETZSCH H. (2009): *Forest Dynamics, Growth and Yield*, Springer Verlag Berlin Heidelberg
- REDMOND J. – GALLAGHER G. - MAC SIÚRTÁIN M. (2005): Systematic Spacing Trials for Plantation Research and Demonstration, *Silviculture/Management* 12, Coford Connects
- REINEKE RH. (1933): Perfecting a stand density index for even-aged forests, *J Agric Res* 46, 627-638 pp.
- ROBERTSON, D. – DAUME, S. (2000): A Heuristic Approach to Modelling thinnings. *Silva Fennica* 34(3). 234-249 pp.
- ROTH, GY. (1935): *Erdőműveléstan II. Erdő és Faipari Mérnök Hallgatók Selmeci Társasága* 1999-es kiadása. 433-440 pp.

- ROUVINEN S. – KUULUVAINEN T. (1997): Structure and asymmetry of tree crowns in relation to local competition in a natural mature Scots pine forest. *Can. J. For. Res.* 27, 890-902 pp.
- RÖTZER T. – GROTE R. – PRETZSCH H. (2004): The timing of bud burst and its effect on tree growth, *Int J Biometeorol* 48, 109-118 pp.
- SHI H. – ZHANG L. (2003): Local Analysis of tree competition and growth, *Forest Science* 49, 6 p.
- SNAYDON R. W. (1991): Replacement or additive designs for competition studies? *Journal of Applied Ecology* 28, 930-946 pp.
- SOPP L. (2000): Fatömegszámítási táblázatok
- SPURR S. H. (1962): A measure of point density, *For. Sci.* 8, 85-96 pp.
- TAEG RT. (2004): Soproni Erdészeti Körzeti Erdőterve
- VANCLAY, J. K. (2006a): Spatially-explicit competition indices and the analysis of mixed-species plantings with the Simile modelling environment. *Forest Ecology and Management*, 366. 295-302 pp.
- VANCLAY J.K. (2006b): Experiment designs to evaluate inter- and intraspecific interactions in mixed plantings of forest trees, epublications, Southern Cross University
- VÁRADI G. (szerk.) (1984): Fakitermelési műszaki irányelvek IV. Erdőnevelés, MÉM Információs központja
- VEPERDI G. (2004): Fatermésstan oktatási segédanyag, Sopron
- VEPERDI G. (2010): Erdőbecslésstan, oktatási segédanyag, Sopron
- WANG G. G. – QUIAN H. – KLINKA K. (1994): Growth of *Thuja plicata* seedlings along a light gradient, *Can J. Bot.* 72, 1749-1757 pp.
- WEST GB. – BROWN JH. – ENQUIST BJ. (1997): A general model for the origin of allometric scaling laws in biology, *Science* 276, 122-126 pp.
- WEST GB. – BROWN JH. – ENQUIST BJ. (1999): A general model for the structure and allometry of plant vascular system, *Nature* 400, 664-667 pp.
- WILLIAMS H. – MESSIER C. – KNEESHAW D. (199): Effects of light availability and sapling size on the growth and crown morphology of understory Douglas fir and lodgepole pine, *Can. J. For. Res.* 29, 222-231 pp.
- DE WIT C. T. (1960): On competition, *Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen* 66, 1-82 pp.

YODA KT. – KIRA T. – OGAWA H. – HOZUMI K. (1963): Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. J Inst Polytech (Osaka University) D 14, 107-129 pp.

ZEIDE B. (1987): Analysis of the 3/2 power law of self-thinning, For Sci 33, 517-537 pp.

URL1: wikipedia

URL2: [www.grogra.de](http://www.grogra.de)

URL3: [www.simulistics.com](http://www.simulistics.com)

URL4: [www.fs.fed.us](http://www.fs.fed.us)



## **MELLÉKLETEK**

### 1. számú melléklet: Az egyes mintaterületek részletes termőhelyfeltárási jegyzőkönyvei és szelvényei

Hely: Házoldal  
 Sorszám: 1. szelvény  
 Lucfenyves

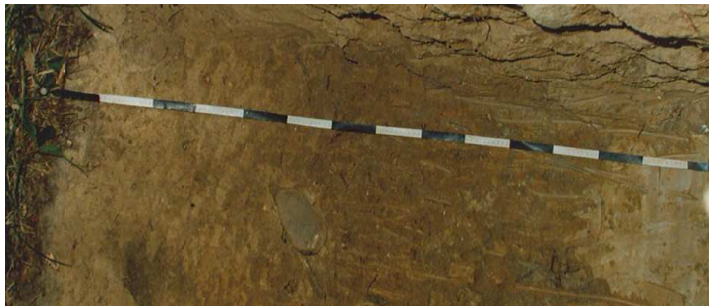
Erdőrendezés:	Szombathely		2,00	20,00	50,00	90,00	120,00
Erdőgazdasági táj:	Soproni Hegyvidék	pH (H <sub>2</sub> O)	4,8	4,9	5	5,3	5,3
Gazdálkodó egység:	TAEG ZRt.	pH (KCL)	3,5	3,6	3,5	3,4	3,4
Község:	Sopron	y1	28,9	19,9	19,7	14,4	10,6
Tag, részlet:		y2	17,4	16,5	16,2	9,8	6,3
Felvétel ideje:	1990. szeptember	CaCO <sub>3</sub> %	-	-	-	-	-
Talajszelvény száma:	1.	Ka	47	50	61	57	54
Tengerszint feletti magasság:	300 m	Váz%	-	-	-	-	-
Fekvés/kitettség:	D	Dh%	15	12	10	11	-
Lejtés:	5°	Fh%	48	33	29	34	-
Klíma:	GYT	l%	15	29	25	27	-
Hidrológiai viszonyok:	VALT	A%	22	26	37	28	-
Alapkőzet:	AGYAG	hy	1,52	1,69	2,83	1,29	1,14
Genetikai talajtípus:	PGBE	Humusz %	2,1	0,9	-	-	-
Termőréteg vastagság:	MÉLY (80 cm)	AL-P (mg/100g)	0,4	0,1	0	0	-
Fizikai talajféleség:	AG	AL-K (mg/100g)	6,9	7,9	8,9	6,9	-
Talajhiba:		T-érték	12,3	11,7	16	19,7	-
Természetes erdőársulás:	GY-T-a	S-érték	1,5	3	11,3	-	-
Vízgazdálkodási fok:	ÜDE	V%	11	25	71	-	-
Főfafaj:	LF	K <sup>+</sup>	0,2	0,2	0,2	-	-
Főfafaj FTO:		Ca <sup>2+</sup>	0,8	1	5,2	-	-
Termőhely-típus-változat:		Mg <sup>2+</sup>	0,4	1,7	5,6	-	-
		Na <sup>+</sup>	<0,1	<0,1	0,3	-	-





Hely: Házoldal  
 Sorszám: 3.szelvény  
 Lucfenyves

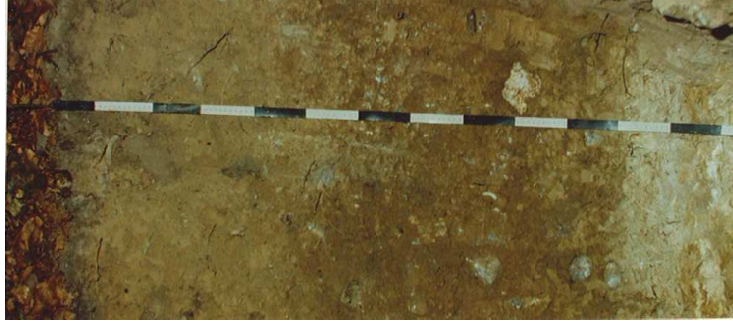
Erdőrendezés:	Szombathely		2,00	20,00	40,00	65,00	90,00	120,00
Erdőgazdasági táj:	Soproni Hegyvidék	pH (H <sub>2</sub> O)	4,7	4,6	4,7	4,9	5	5,2
Gazdálkodó egység:	TAEG ZRT.	pH (KCL)	3,7	3,6	3,5	3,5	3,3	3,1
Község:	Sopron	y1	19,4	15,7	19	15,4	14,5	19,3
Tag, részlet:		y2	17,8	13,3	16,8	13,5	11,8	13,1
Felvétel ideje:	1990. szeptember	CaCO <sub>3</sub> %	-	-	-	-	-	-
Talajszelvény száma:	3.	Ka	40	36	42	43	50	62
Tengerszint feletti magasság:	300 m	Váz%	-	-	26	-	-	-
Fekvés/kitétség:	D	Dh%	25	22	23	25	22	4
Lejtés:	5°	Fh%	40	40	37	39	43	43
Klíma:	GYT	l%	20	20	18	15	15	29
Hidrológiai viszonyok:	VALT	A%	15	17	22	21	19	24
Alapkőzet:	AGYAG	hy	0,69	0,63	0,83	1,12	1,23	1,55
Genetikai talajtípus:	PGBE	Humusz %	1,9	1,6	-	-	-	-
Termőréteg vastagság:	MéLY (90 cm)	AL-P (mg/100g)	0,3	0,1	0	0	-	-
Fizikai talajféleség:	AG	AL-K (mg/100g)	5,2	5,9	8,3	6,2	-	-
Talajhibák:		T-érték	9,9	8,2	12,3	14	16,4	-
Természetes erdőtársulás:	GY-T-a	S-érték	2,4	2,5		7,7	9,6	-
Vizgazdálkodási fok:	ÚDE	V%	24	30	h.a.	55	58	-
Főfaj:	LF	K <sup>+</sup>	0,1	0,2	-	0,3	0,1	-
Főfaj FTO:		Ca <sup>2+</sup>	1,4	1,2	-	3,5	5,5	-
Termőhely-típus-változat:		Mg <sup>2+</sup>	0,7	0,9	-	3,8	3,6	-
		Na <sup>+</sup>	0,2	0,2	-	0,1	0,4	-





Hely: Hermes  
 2.szelvény  
 Sorszám: Bükös

Erdőrendezés:	Szombathely		5,00	20,00	40,00	60,00	90,00	110
Erdőgazdasági táj:	Soproni Hegyvidék	pH (H <sub>2</sub> O)	4,6	4,4	5,1	5,4	6,6	8,5
Gazdálkodó egység:	TAEG ZRT.	pH (KCL)	3,1	3,1	3,3	3,5	6	7,6
Község:	Sopron	y1	27,7	18,2	19,5	24,3	-	-
Tag, részlet:		y2	18,9	16	18	7,4	-	-
Felvétel ideje:	1990. szeptember	CaCO <sub>3</sub> %	-	-	-	-	-	22
Talajszelvény száma:	2.	Ka	34	30	27	52	52	32
Tengerszint feletti magasság:	500 m	Váz%	-	-	45	46	-	41
Fekvés/kitétség:	NY	Dh%	31	35	32	27	8	22
Lejtés:	20°	Fh%	33	29	25	26	43	51
Klíma:	B	I%	23	24	20	15	23	20
Hidrológiai viszonyok:	VFLEN	A%	13	12	23	32	26	7
Alapkőzet:	Törmelékes vályog	fy	1,13	0,83	1,75	3,32	3,02	0,89
Genetikai talajtípus:	ABE	Humusz %	2,5	1,1	-	-	-	-
Termőréteg vastagság:	MéLY (110 cm)	AL-P (mg/100g)	0,8	0,4	0,4	-	-	-
Fizikai talajfeleség:	AV	AL-K (mg/100g)	8,4	9,9	7,8	-	-	-
Talajhiba:		T-érték	14,2	9,2	14,2	25	20,9	-
Természetes erdőársulás:	GY-B-a	S-érték	2,7	1,5	6,3	18,2	18,5	-
Vízgazdálkodási fok:	ÜDE	V%	19	16	44	73	89	-
Főfajtaj:	B	K <sup>+</sup>	0,2	0,1	0,5	0,3	0,3	-
Főfajtaj FTO:		Ca <sup>2+</sup>	1,7	0,7	3,7	15	16,2	-
Termőhely-típus-változat:		Mg <sup>2+</sup>	0,6	0,6	1,9	2,7	1,8	-
		Na <sup>+</sup>	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	-



Hely: Hermes  
 Sorszám: 3.szelvény  
 Bükkös

Erdőrendezés:	Szombathely		0,00	4,00	15,00	40,00	70,00	110
Erdőgazdasági táj:	Soproni Hegyvidék	pH (H <sub>2</sub> O)	5,1	4,5	4,6	5	5,2	8,4
Gazdálkodó egység:	TAEG ZRt.	pH (KCL)	3,6	3,1	3,1	3,3	3,3	7,5
Község:	Sopron	y1	39,9	43,3	36,4	28,7	16,4	-
Tag, részlet:		y2	8,4	10,9	34,7	28,7	13,4	-
Felvétel ideje:	1990. szeptember	CaCO <sub>3</sub> %	-	-	-	-	-	22,7
Talajszelvény száma:	3.	Ka	-	43	42	52	47	47
Tengerszint feletti magasság:	500 m	Dh%	-	15	15	11	17	13
Fekvés/kitettség:	NY	Fh%	-	41	40	42	44	48
Lejtés:	SIK	I%	-	24	24	25	22	32
Klíma:	B	A%	-	20	20	22	18	6
Hidrologiai viszonyok:	VFLEN	hy	2,59	1,59	1,59	2,29	1,79	1,11
Alapkőzet:	Törmelékes vályog	Humusz %	8	2,3	1,4	-	-	-
Genetikai talajtípus:	ABE	AL-P (mg/100g)	3,7	0,7	0,4	-	-	-
Termőréteg vastagság:	MéLY (100 cm)	AL-K (mg/100g)	19,8	6,5	5,6	-	-	-
Fizikai talajféleség:	V	T-érték	30	18,5	16,7	19,6	17,5	-
Talajhiba:		S-érték	11,1	3,4	3,2	8	10,8	-
Természetes erdőtársulás:	GY-B-a	V%	37	18	19	41	62	-
Vízgazdálkodási fok:	ÜDE	K <sup>+</sup>	0,4	0,2	0,1	0,2	0,5	-
Főfafaj:	B	Ca <sup>2+</sup>	8,6	2	1,7	5,2	8,4	-
Főfafaj FTÓ:		Mg <sup>2+</sup>	1,9	1	1,2	2,4	1,7	-
Termőhely-típus-változat:		Na <sup>+</sup>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	-







Hely: Hermes  
 Sorszám: 5.szelvény  
 Bükkös

Erdőrendezés:	Szombathely	2,00	20,00	40,00	60,00	80,00	100	130	170	190,00
Erdőgazdasági táj:	Soproni Hegyvidék	4,9	4,9	5,3	5,3	5,3	5,3	5,5	5,9	5,9
Gazdálkodó egység:	TAEG ZRT.	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,7	3,3	3,6
Község:	Sopron	20,8	14	11	10,7	12,8	9,4	-	-	-
Tag, részlet:		15,5	12,7	8,4	8,6	12	6,2	-	-	-
Felvétel ideje:	1990. szeptember	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Talajszelvény száma:	5.	38	33	37	40	44	36	38	33	26
Tengerszint feletti magasság:	500 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fekvés/kitétség:	NY	25	29	27	24	29	39	33	36	49
Lejtés:	25°	42	36	37	36	31	30	35	41	31
Klíma:	B	20	22	20	20	20	15	18	18	15
Hidrologiai viszonyok:	VFLEN	13	13	17	20	21	26	14	5	4
Alapkőzet:	Törmelékes vályog	0,86	0,71	0,91	1,15	1,38	1,23	1,31	0,73	0,62
Genetikai talajtípus:	ABE	1,9	0,9	-	-	-	-	-	-	-
Termőréteg vastagság:	MéLY (100 cm)	0,6	0,2	<0,1	<0,1	0,3	-	-	-	-
Fizikai talajféleség:	KERé	5,8	4,3	6,7	8,8	9,6	-	-	-	-
Talajhiba:	T-érték	10,9	7,9	9,3	9,9	13,1	12,3	-	-	-
Természetes erdőátársulás:	S-érték	1,8	1,6	h.a.	6,1	7,3	6,5	-	-	-
Vízgazdálkodási fok:	ÜDE	17	20	h.a.	62	56	55	-	-	-
Főfaj:	B	0,2	0,1	h.a.	0,2	0,2	0,2	-	-	-
Főfaj FTÓ:		0,8	0,8	h.a.	3,3	4	3,5	-	-	-
Termőhely-típus-változat:		0,7	0,6	h.a.	2,3	2,8	2,5	-	-	-
		0,1	0,1	h.a.	0,3	0,3	0,3	-	-	-



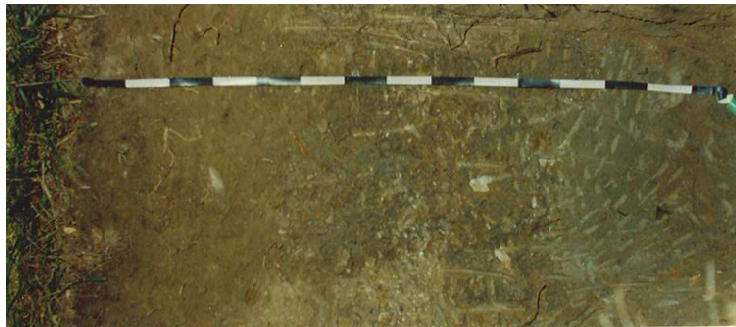
Hely: Károly-magaslat  
 1.szelvény  
 Sorszám: Kocsánytalan tölgyes

Erdőrendezőség:	Szombathely	3-20	20-50	50-70	70-110	110-160
Erdőgazdasági táj:	Soproni Hegyvidék	4,5	4,7	5,2	6,4	8,3
Gazdálkodó egység:	TAE G ZRt.	3,9	3,7	3,6	4,2	6,3
Község:	Sopron	26,1	19,5	18,2	-	-
Tag, részlet:		19	16,2	15,2	-	-
Felvétel ideje:	1990. szeptember	-	-	-	-	9,4
Talajszelvény száma:	1.	46	40	48	58	38
Tengerszint feletti magasság:	400 m	-	-	-	-	-
Fekvés/kitettség:		17	17	13	12	10
Lejtés:	sík	35	31	34	32	41
Klíma:	GYT	28	31	25	25	24
Hidrologiai viszonyok:	VALT	20	21	28	31	25
Alapkőzet:	vályog	1,59	1,38	2,21	3,41	2,95
Genetikai talajtípus:	PGBE	1,6	0,6	0,5	-	-
Termőréteg vastagság:	Km <sup>60</sup> (60 cm)	1	0,5	3	0,7	-
Fizikai talajféleség:	V	3,7	2,2	5,9	9,8	-
Talajhiba:	GYT	13,3	10,3	17	22,9	-
Természetes erdőársulás:	GY-T-a	0,9	1,7	7	18,3	-
Vízgazdálkodási fok:	Üde	7	17	41	80	-
Főfafaj:	KTT	0,1	0,1	0,1	0,3	-
Főfafaj FTO:		0,5	0,5	2,2	6,9	-
Termőhely-típus-változat:		0,3	1,1	4,4	10	-
		<0,1	<0,1	0,3	1,1	-



Hely: Károly-magaslat  
2.szelvény  
Sorszám: Kocsánytalan tölgyes

Erdőrendezés:	Szombathely		0-5	5-40	40-55	55-100	100-160
Erdőgazdasági táj:	Soproni Hegyvidék	pH (H <sub>2</sub> O)	5	4,5	4,8	5	5,3
Gazdálkodó egység:	TAEG ZRt.	pH (KCL)	3,9	3,7	3,7	3,6	3,6
Község:	Sopron	y1	28,2	23,9	22,2	21,2	13
Tag, részlet:		y2	6,1	17,5	19,3	21	8
Felvétel ideje:	1990. szeptember	CaCO <sub>3</sub> %	-	-	-	-	-
Talajszelvény száma:	2.	Ka	42	37	40	47	51
Tengerszint feletti magasság:	400 m	Váz%	-	-	-	25	-
Fekvés/kitettség:		Dh%	19	20	15	12	11
Lejtés:	20°	Fh%	37	42	32	34	33
Klíma:	GYT	l%	27	21	27	23	25
Hidrológiai viszonyok:	VALT	A%	17	17	26	31	31
Alapkőzet:	vályog	hy	2,05	1,57	1,93	3,05	3,68
Genetikai talajtípus:	PGBE	Humusz %	4,3	1,4	0,6	-	-
Termőréteg vastagság:	Km6 (60 cm)	AL-P (mg/100g)	5,3	2,3	2,1	1,2	-
Fizikai talajféleség:	V	AL-K (mg/100g)	11,9	6,2	12	13,5	-
Talajhiba:		T-érték	22	14,5	13,7	19,5	-
Természetes erdőársulás:	GY-T-a	S-érték	6	1,6	3,7	9,4	-
Vízgazdálkodási fok:	Üde	V%	27	11	27	48	-
Főfafaj:	KTT	K <sup>+</sup>	0,3	0,2	0,2	0,3	-
Főfafaj FTO:		Ca <sup>2+</sup>	4,6	0,8	1,6	4,4	-
Termőhely-típus-változat:		Mg <sup>2+</sup>	1,1	0,6	1,9	4,7	-
		Na <sup>+</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-





Hely: Károly-magaslat  
 4.szelvény  
 Sorszám: Kocsánytalan tölgyes

Erdőrendezés:	Szombathely		4-20	20-45	45-75	75-110	110-130
Erdőgazdasági táj:	Soproni Hegyvidék	pH (H <sub>2</sub> O)	4,8	4,8	4,8	5,1	5,4
Gazdálkodó egység:	TAEG ZRt.	pH (KCL)	3,7	3,7	3,6	3,6	3,7
Község:	Sopron	y1	24,3	22	26,4	16,6	11,1
Tag, részlet:		y2	13,8	15,1	12,9	12,3	10,3
Felvétel ideje:	1990. szeptember	CaCO <sub>3</sub> %	-	-	-	-	-
Talajszelvény száma:	4.	Ka	38	36	54	46	43
Tengerszint feletti magasság:	400 m	Váz%	-	-	-	-	-
Fekvés/kitettség:		Dh%	35	30	23	26	15
Lejtés:	Sík	Fh%	27	30	25	31	37
Klíma:	GYT	I%	21	20	19	21	30
Hidrológiai viszonyok:	VALT	A%	17	20	33	22	18
Alapkőzet:	vályog	hy	1,54	1,93	4,1	4,27	3,92
Genetikai talajtípus:	PGBE	Humusz %	1,7	0,8	0,6	-	-
Termőréteg vastagság:	Mé (70 cm)	AL-P (mg/100g)	5,1	5,1	3,1	7,8	-
Fizikai talajfeleség:	V	AL-K (mg/100g)	11,1	10,5	23,1	16	-
Talajhiba:	G	T-érték	14,5	18,7	28,3	25,8	-
Természetes erdőársulás:	GY-T-a	S-érték	4,2	4,7	15	19	-
Vízgazdálkodási fok:	Üde	V%	30	25	53	74	-
Főfafaj:	KTT	K <sup>+</sup>	0,3	0,2	0,5	0,4	-
Főfafaj FTO:		Ca <sup>2+</sup>	2,6	2,5	7,9	11,3	-
Termőhely-típus-változat:		Mg <sup>2+</sup>	1,3	2	6,6	7,1	-
		Na <sup>+</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	-





Hely: Kemping  
 1.szelvény  
 Sorszám: Kocsánytalan tölgyes

Erdőrendezőség:	Szombathely	0-10	10-35	35-70	70-100	100-130	130-165
Erdőgazdasági táj:	Soproni Hegyvidék	4,6	4,5	5	4,9	4,9	5
Gazdálkodó egység:	TAEG ZRt.	3,6	3,4	3,5	3,3	3,2	3,2
Község:	Sopron	25,8	22,4	16,3	15,7	15,7	8,5
Tag, részlet:		9,8	16,7	10,6	11	10,8	4,2
Felvétele ideje:	1990. szeptember	-	-	-	-	-	-
Talajszelvény száma:	1.	43	32	37	37	35	33
Tengerszint feletti magasság:	300 m	-	-	-	-	-	-
Fekvés/kitejttség:	K	30	38	30	30	23	38
Lejtés:	5°	42	34	32	36	44	36
Klíma:	GYT	15	15	13	14	16	13
Hidrologiai viszonyok:	VFLEN	13	13	25	20	17	13
Alapkőzet:	HOMOK	1,07	0,71	1,25	1,27	1,11	1,26
Genetikai talajtípus:	ARBE	4,3	1,3	0,7	-	-	-
Termőréteg vastagság:	MéLY (100 cm)	2,3	0,8	3,5	5,4	-	-
Fizikai talajfeleség:	HO, V	9,6	3,6	10,5	8	-	-
Talajhiba:		12,2	10,8	16,7	18,3	17,1	-
Természetes erdőátársulás:	GY-T-a	1	2,4	10	10,7	9,9	-
Vizgazdálkodási fok:	FSZ	8	22	60	58	58	-
Főfajtaj:	KIT	0,2	0,1	0,3	0,3	0,2	-
Főfajtaj FTO:		0,4	1,2	4,6	5,5	5,7	-
Termőhely-típus-változat:		0,2	1,1	5	4,8	3,9	-
		0,2	<0,1	0,1	0,1	0,1	-



Hely: Kemping  
2.szelvény  
Sorszám: Kocsánytalan tölgyes

Erdőrendezés:	Szombathely	0-10	10-30	30-60	60-80	80-105	105-125	125-130	130-
Erdőgazdasági táj:	Soproni Hegyvidék	4,9	4,4	4,8	4,9	5	5,4	5,1	6,1
Gazdálkodó egység:	TAEG ZRt.	3,7	3,2	3,3	3,2	3,1	3,1	3,2	3,7
Község:	Sopron	31,1	25,3	26,5	21,8	14,1	9,2	9,6	-
Tag, részlet:		7,9	20,7	22,9	18,8	9,7	5,6	5	-
Felvétel ideje:	1990. szeptember	-	-	-	-	-	-	-	-
Talajszelvény száma:	2.	44	34	37	37	32	30	34	30
Tengerszint feletti magasság:	300 m	-	-	-	-	-	-	-	-
Fekvés/kitétség:	K	29	31	27	33	50	47	35	64
Lejtés:	15°	41	40	36	34	26	36	43	24
Klíma:	GYT	17	16	14	12	13	12	11	9
Hidrologiai viszonyok:	VFLEN	13	13	23	21	11	5	11	3
Alapkőzet:	HOMOK	1,41	0,8	1,38	1,66	0,93	0,33	0,54	0,25
Genetikai talajtípus:	ARBE	6	1,6	0,9	-	-	-	-	-
Termőréteg vastagság:	MéLY (90 cm)	2,3	0,7	1	1	3	-	-	-
Fizikai talajféleség:	HO	8,3	3,2	8,5	6,7	3,3	-	-	-
Talajhiba:		21,5	12,5	18,8	17,5	14,2	12,5	-	-
Természetes erdőtársulás:	GY-T-a	7	1,5	6,3	6,9	7,3	9,6	-	-
Vizgazdálkodási fok:	FSZ	33	8	50	39	51	76	-	-
Főfajtaj:	KIT	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	-	-
Főfajtaj FTO:		5	0,9	2,1	1,7	2,2	1,8	-	-
Termőhely-típus-változat:		1,7	0,5	4	4,9	4,9	7,6	-	-
		0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	-	-





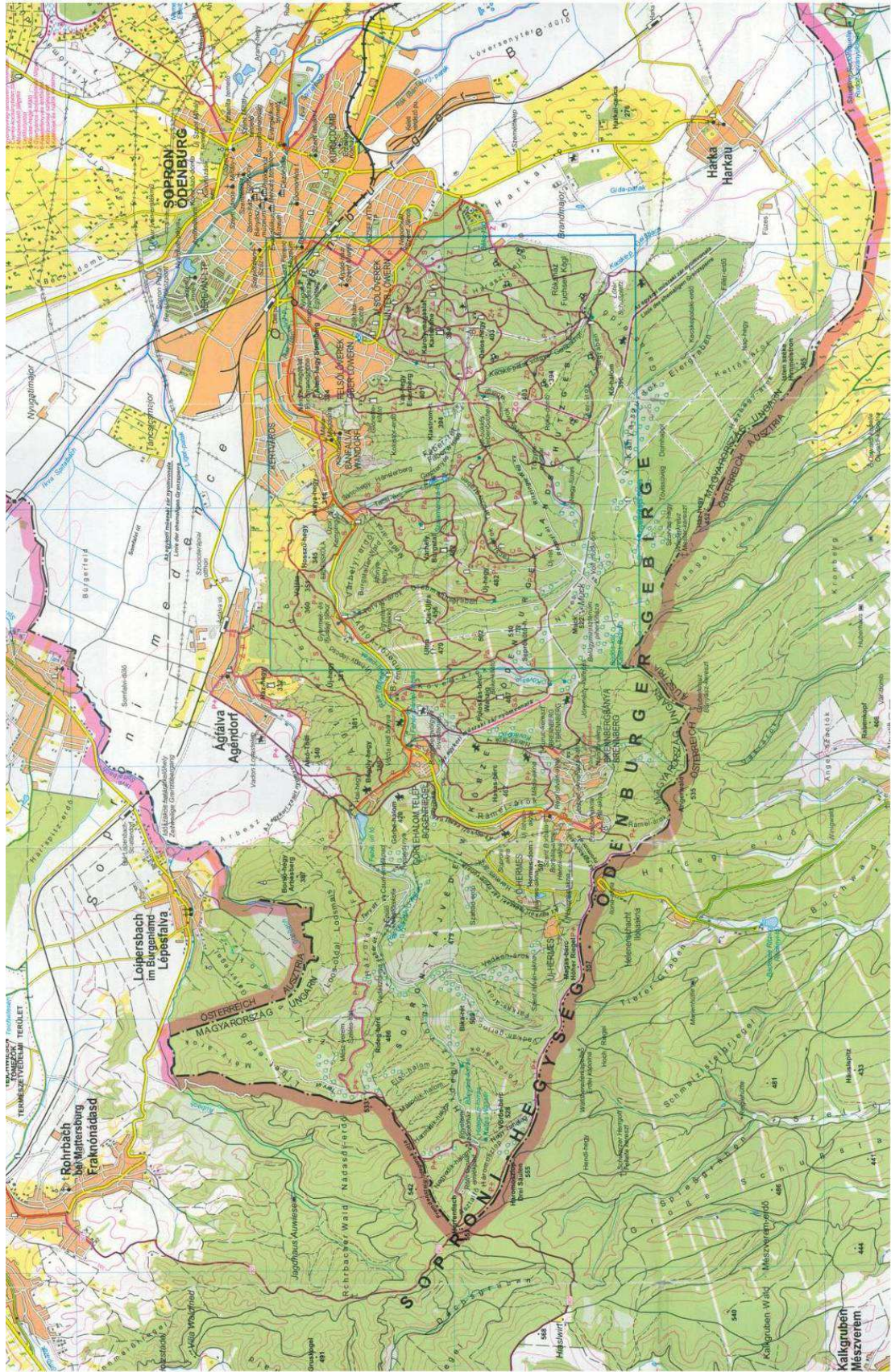


Hely: Kemping  
 4.szelvény  
 Sorszám: Kocsánytalan tölgyes

Erdőrendezés:	Szombathely	0-7	7-40	40-60	60-100	100-160
Erdőgazdasági táj:	Soproni Hegyvidék	4,5	4,6	4,8	5,1	5,3
Gazdálkodó egység:	TÁEG ZRt.	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3
Község:	Sopron	32,9	19,9	19,7	13,5	14,1
Tag, részlet:		16,1	14,3	15,6	7,8	7,3
Felvétel ideje:	1990. szeptember	-	-	-	-	-
Talajszelvény száma:	4.	46	31	31	33	52
Tengerszint feletti magasság:	300 m	-	-	11	8	-
Fekvés/kitettség:	K	35	28	29	30	11
Lejtés:	10°	36	41	38	42	45
Klíma:	GYT	17	19	16	11	18
Hidrológiai viszonyok:	VFLEN	12	12	17	17	26
Alapkőzet:	HOMOK	0,92	0,52	0,68	1,1	-
Genetikai talajtípus:	ARBE	4,5	1,6	0,7	-	-
Termőréteg vastagság:	MÉLY (100 cm)	7,2	1,7	2,2	5,2	-
Fizikai talajféleség:	HO	11,5	4,6	5,4	6,5	-
Talajhiba:		17,6	12,6	15,1	19,3	-
Természetes erdőársulás:	GY-T-a	2,1	1,3	4,1	11,4	-
Vízgazdálkodási fok:	FSZ	12	10	27	59	-
Főfafaj:	KTT	0,2	0,2	0,2	0,2	-
Főfafaj FTO:		1,2	0,7	1,1	5,8	-
Termőhely-típus-változat:		0,7	0,4	2,8	5,3	-
		<0,1	<0,1	<0,1	0,1	-



2. számú melléklet: A Soproni-hegyvidék topográfiai térképe



**3. számú melléklet: Az egyes mintaterületek részletes statisztikai vizsgálati eredményei**

A mintaterületek törzskoordinátáira, átmérő osztályaira, folyónövedékadataira és az egyes időszakok fakitermelésére vonatkozó térparaméteres statisztikák eredményeit terjedelmi okok miatt *CD melléklet formájában* közlöm.

**4. számú melléklet: A mintaterületek erdőrészlet lapjai**