

**Nyugat-Magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar**

**Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok  
Doktori Iskola**

**Erdei ökoszisztémák ökológiája és diverzitása program**

**Doktori (Ph.D.) értekezés**

**Cseri talaj és erdőállományaik kapcsolata  
Kemenesalja erdőgazdasági tájban Iván példáján**

**Készítette:  
László Richárd  
Okl. erdőmérnök, vadgazda mérnök**

**Témavezető: dr. hc. Dr. Szodfridt István**

**Sopron  
2004**

## **Tartalomjegyzék**

1. Bevezetés	1
2. Irodalmi áttekintés	3
2.1. Geológiai viszonyok	3
2.2. Talajviszonyok	7
2.3. A növények tápelemtartalma	13
2.4. Az Iváni Nagyerdő története	15
2.5. Az iváni erdőkép változása a XVIII.-XX. században.	21
3. Anyag és módszertan	24
3.1. Kísérleti területek elhelyezkedése	24
3.2. Talaj és ásványtani vizsgálatok	25
3.2.1. Talajvizsgálatok	25
3.2.2. Ásványtani vizsgálatok	26
3.3. Növényvizsgálatok	27
3.4. Talajmeliorációs kísérlet	28
3.5. Faállomány felvételek	29
3.6. A mezofauna vizsgálata	29
3.7. Statisztikai módszerek	30
4. Eredmények, értékelés	33
4.1. Klíma	33
4.2. Hidrológia	38
4.3. Genetikai talajtípusok	40
4.3.1. A vizsgált területen található talajtípusok	40
4.3.2. A cseri talajok kialakulása	41
4.3.3. A cseri talajok erdészeti osztályozása, besorolása	43
4.3.4. A cseri talajok morfológiai jellemzése	44
4.3.4.1. A rozsdabarna cseri talajok morfológiai leírása	44
4.3.4.2. A pszeudoglejes cseri talajok morfológiai leírása	45
4.3.4.3. A podzolos cseri talajok morfológiai leírása	46
4.3.4.4. A cseri talajok fizikai és kémiai jellemzése	
laboratóriumi vizsgálatok alapján	47
4.3.5. A termőrétteg vastagsága	49

4.3.6. A mechanikai összetétel és a fizikai talajféleség	50
4.3.7. Ásványtani összetétel	54
4.3.7.1. A mintákban talált ásványok jellemzése	54
4.3.7.2. Az egyes szelvények értékelése	56
4.3.8. Az iváni talaj vízgazdálkodása	59
4.4. A cseri talajok mezofaunája	62
4.5. Faterméstani vizsgálatok	65
4.5.1. Csertölgy	65
4.5.2. Erdeifenyő	68
4.5.3. Talajvizsgálati eredmények és a faállomány jellemzők közötti összefüggések	69
4.6. A cseri talajokon álló faállományok egészségi állapota	71
4.6.1. Fenyők	71
4.6.2. Lombosok	73
4.7. A cseri talajokon álló faállományok tápelemtartalma	75
4.7.1. A cseri talajokon álló faállományok azévi leveleinek tápelemtartalma	75
4.7.1.1. Makrotápelemek	75
4.7.1.2. Mezotápelemek	77
4.7.1.3. Mikrotápelemek	79
4.7.2. A cseri talajokon álló fenyőállományok egy és többéves tűleveleinek tápelemtartalma	82
4.7.2.1. Makrotápelemek	82
4.7.2.2. Mezotápelemek	84
4.7.2.3. Mikrotápelemek	86
4.8. A talajmeliorációs kísérlet eredményei	88
4.8.1. A csemeték leveleinek átlagos tápelemtartalma	88
4.8.2. A kezelések hatásának vizsgálata diszkriminancia analízissel	91
4.8.3. A kezelések hatásának vizsgálata főkomponens analízissel	92
4.9. Talajvizsgálati és növényvizsgálati eredmények közötti összefüggések	93
4.9.1. Talajvizsgálati eredmények közötti összefüggések	93
4.9.2. Növényvizsgálati eredmények közötti összefüggések	97
4.9.2.1. A csertölgy levelek tápelemtartalmi közötti összefüggések	97

4.9.2.2. A kocsányos tölgy levelek tápelemtartalmi közötti összefüggések	98
4.9.2.3. Az erdeifenyő tűlevelek tápelemtartalmi közötti összefüggések	100
4.9.2.4. A feketefenyő tűlevelek tápelemtartalmi közötti összefüggések	102
4.9.3. A növényi tápelemek vizsgálata főkomponens analízissel	104
4.9.4. Talaj- és növényvizsgálati eredmények közötti összefüggések	105
4.9.4.1. A csertölgy levelek tápelemtartalmi és a talajvizsgálati eredmények közötti összefüggések	105
4.9.4.2. A kocsányos tölgy levelek tápelemtartalmi és a talajvizsgálati eredmények közötti összefüggések	106
4.9.4.3. Az erdeifenyő tűlevelek tápelemtartalmi és a talajvizsgálati eredmények közötti összefüggések	109
4.9.5. A talaj és növény tápelemtartalmának vizsgálata diszkriminancia elemzéssel	112
5. Összefoglalás	115
6. Tézisek	120
7. Köszönetnyilvánítás	123
8. Irodalomjegyzék	124
9. Melléklet	136

## 1. Bevezetés

Az utóbbi évtizedben egyre nagyobb figyelmet kapnak az úgynevezett határtermőhelyek. Ennek több oka van, amelyek közül a legfontosabbak a következők:

- Az 1950-es években az ilyen termőhelyekre telepített állományokkal ma egyre több gond van, amely egyrészt az utóbbi időszak csapadékhiányos száraz időjárásának köszönhető, másrészt úgy tűnik, hogy egyes igen kedvezőtlen termőhelyeken az erdő elérte létének határait, vagyis ezeknek a középkorú állományoknak a cseréje vált szükségessé.

-Az Európai Unió követelmények (ÁNGYÁN ET AL., 1997), valamint a gazdasági versenyhelyzet indukálta mezőgazdasági termelés racionalizálása következtében jelentős földterületek kerülnek ki a hagyományos szántóföldi művelésből. Ezeknek a földterületeknek új funkciót kell találni, így merült fel többek között beerdősítésük lehetősége is. A keletkezett potenciális erdőterületekkel a következő problémák vannak:

- általában az erdő számára kedvezőtlen klímaövből helyezkednek el,  
- a mezőgazdaság a leggyengébb földjeitől válik meg, ez az esetek többségében nem is lenne probléma, kivéve a határtermőhelyeket, amelyeken előfordulhat, hogy a termőhelyi adottságok miatt gazdaságos erdőgazdálkodás nem lehetséges.

Természetesen a nagyobb erdőterület mindenféleképpen jelentős előnyökkel jár az ország számára. De egy gazdaságosan fatermesztésre nem hasznosítható terület teljesen más kezelési eljárásokat kíván, mint egy hagyományos erdő. Például meg kell elégedni kisebb záródással is, esetenként foltos záródáshiánnyal is. Ezt esztétikailag illetve a biodiverzitás szempontjából kedvezőnek minősíthetjük, de nyilvánvaló, hogy a fatermesztés szempontjából kedvezőtlen. Az ilyen erdőkben a folyamatos erdőborítás érdekében sok esetben alacsonyabb vágásfordulót kell alkalmazni, hiszen idősebb korban a fák tűrőképessége is lecsökken, így tömeges pusztulás is felléphet. Az ökoszisztéma stabilitásának, fennmaradásának alapvető feltétele a termőhelynek megfelelő fafaj választása, ezért különösen fontos feladat, hogy elfogadjuk ezeken a termőhelyeken a nem főfafajként aposztrofált úgymond kisebb értékű fafajok nagyobb arányú jelenlétét. Ezek a fafajok egyrészt képesek a fent említett stabilitást, valamint a biodiverzitást biztosítani, másrészt szerepük nem elhanyagolható a talajfejlődés elősegítésében. A kísérő fafajok általában jól újulnak, széles a tűrőképességük, ezért hiba lenne fafajpolitikai okokból visszaszorítani őket ezeken a termőhelyeken.

Az ily módon kezelendő területek elválasztását a hagyományos fatermesztési célú erdőktől elsősorban a termőhelyterképezéstől várhatjuk. A részletes termőhelyterképezéssel

megelőzhetjük azt, hogy rengeteg munkát és pénz öljünk bele egy-egy olyan területbe, amelyről később kiderül, hogy alkalmatlan a gazdaságos fatermesztésre. Természetesen az ilyen területeknél a gazdálkodónak továbbra is feladata marad, hogy amennyire lehetőségei engedik, tegyen meg mindent az ilyen területek kedvezőtlen adottságainak javítására.

Az általam vizsgált Nyugat-Dunántúli területeken ilyenek az úgynevezett cseri talajokkal borított részek. Ezek a talajtípusok nagyon érdekes helyet foglalnak el a talajtani irodalomban. A genetikai talajosztályozásban nem találhatók meg, de a Nyugat-Dunántúlon dolgozó szakemberek leírásaiban rendszeresen előfordulnak (BENCZE, 1955; CSAPODY, 1964; KERÉNYI, 1968; MAGYAR, 1962, 1963). Ennek a felemás helyzetnek a feloldását nemcsak a gazdálkodók sürgetik, hanem a felügyeleti oldal is, amely felismerve a probléma fontosságát írásos javaslat tett ennek a talajtípusnak az erdészeti talajosztályozásba történő bekerülésére (BALOGH, 2000). Ennek a gazdálkodói és felügyeleti nyomásnak, valamint az Nyugat-Magyarországi Egyetem Növényteni és Termőhelyismerettani Intézet Termőhelyismerettani Intézeti Tanszéken folyó kutatásoknak köszönhetően az új Erdőtervezési útmutató kódjegyzéke és mellékletei (ÁESZ, 2001) című kiadvány már tartalmazza ezeket a talajtípusokat a termőhelyvizsgálati jegyzőkönyv kódjegyzékében a közethatású talajok között.

Kutatásaim során arra törekedtem, hogy minél átfogóbb ismereteket szerezzek erről a régi-új talajtípusról. E-cél elérése érdekében az alábbi kutatási célokat tűztem ki:

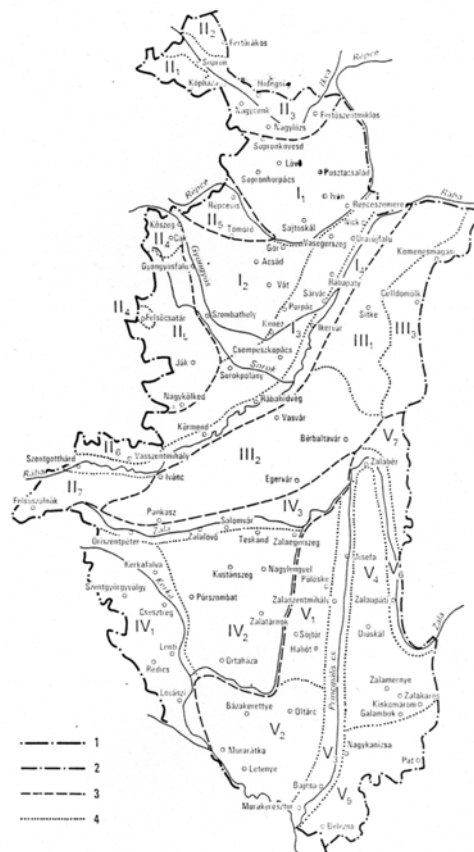
- A cseri talaj, mint új talajtípus és altípusainak morfológiai, fizikai és kémiai leírását, ásványtani összetételének vizsgálatát;
- A talaj mezofauna összetételének és nagyságának vizsgálatát;
- Annak megismerését, hogy a talaj tápelemtartalma milyen összefüggést mutat a rajta álló erdőállomány főfafajainak tápelemtartalmával.
- A cseri talajok esetében milyen meliorációs eljárásokkal lehet javítani az erdősítések eredményességét;
- Milyen összefüggések mutathatók ki a talajjellemzők és a faállományok növekedése között.

Az általam végzett munka remélhetőleg elősegíti ennek a speciális talajtípusnak a jobb megismerését, valamint a minél eredményesebb gazdálkodást ezekben az erdőkben.

## 2. Irodalmi áttekintés

### 2. 1. Geológiai viszonyok

Az általam vizsgált területek a Rábántúli kavicstakaró (Sopron-Vasi-síkság) és a Kemeneshát a Nyugat-magyarországi peremvidéken helyezkednek el. Ez egy nem egységes nagytáj, éppen heterogenitása miatt nem sorolhatjuk egyik környező nagytájhoz sem. Ebbe a tájba tartozik még az Alpokalja, a Nyugat-Zalai és a Kelet-Zalai dombság is (PÉCSI – SOMOGYI, 1967). Ezt a tájbeosztást alkalmazza később PÉCSI (1975) is az általa szerkesztett összefoglaló tájföldrajzi műben. A vizsgálat tárgyát képező két középtájat még hét kistájra oszthatjuk, a Rábántúli kavicstakaróra a Répce-síkságra, a Gyöngyös-síkságra, a Rába-síkságra és a Rába völgyre, a Kemeneshátat pedig az Észak-Kemeneshátra, a Dél-Kemeneshátra és a Kemenesaljára (1. sz. térkép).

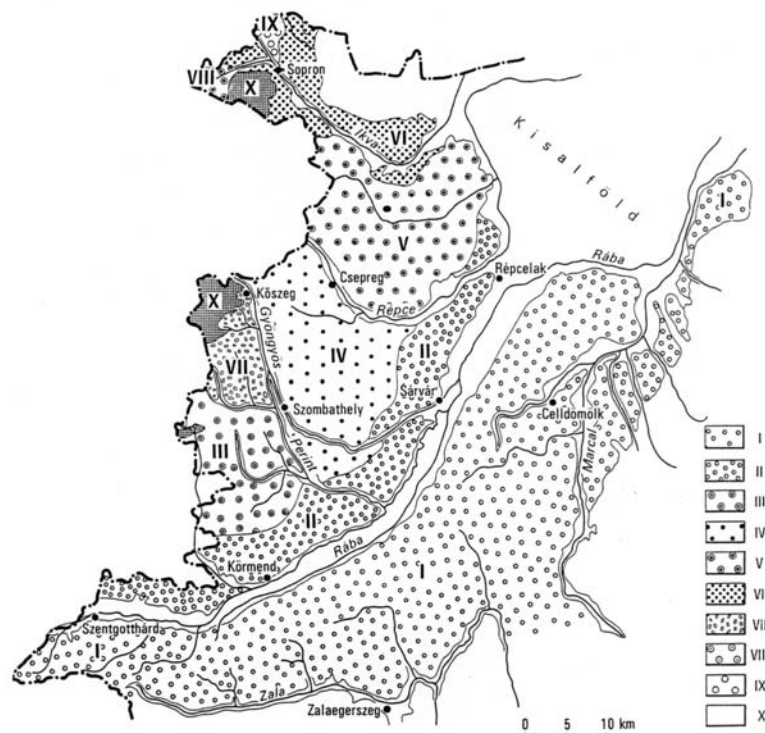


1. sz. térkép. A Nyugat-magyarországi-peremvidék tájai (ÁDÁM, 1975)

1. országhatár; 2. nagytájhatár; 3. középtájhatár; 4. kistájhatár; Középtájak: I. Sopron-Vasi síkság; II. Alpokalja; III. Kemeneshát; IV. Nyugat-Zalai dombság; V. Kelet-Zalai dombság; Kistájak: I<sub>1</sub>. Répce síkság; I<sub>2</sub>. Gyöngyös-síkság; I<sub>3</sub>. Rába-síkság; I<sub>4</sub>. Rába- völgy; II<sub>1</sub>. Soproni-hegység; II<sub>2</sub>. Fertő-melléki-dombság; II<sub>3</sub>. Soproni medence – Ikva-sík; II<sub>4</sub>. Kőszegi-hegység – Vas-hegy; II<sub>5</sub>. Kőszeghegyalja – Pinka-fennsík; II<sub>6</sub>. Alsó-Őrség; II<sub>7</sub>. Vasi-hegyhát; III<sub>1</sub>. Észak-Kemeneshát; III<sub>2</sub>. Dél-Kemeneshát; III<sub>3</sub>. Kemenesalja; IV<sub>1</sub>. Kerka-vidék; IV<sub>2</sub>. Göcsej; IV<sub>3</sub>. Felső-Zala völgy; V<sub>1</sub>. Söjtöri-hát; V<sub>2</sub>. Letenyei dombság; V<sub>3</sub>. Principális völgy; V<sub>4</sub>. Zalaapáti-hát; V<sub>5</sub>. Zákányi-rög; V<sub>6</sub>. Alsó-Zala völgy; V<sub>7</sub>. Zalavári-hát

A Dunántúl északnyugati részén és a Kisalföldön egy közel 10000 km<sup>2</sup>-es kavicstakaró húzódik. Különböző mélységű fedőrétegek alatt ezen a területen mindenhol megtaláljuk a mogyoró, tojás nagyságú többé-kevésbé legömbölyített kavicsot. Ezt a kavicstakarót két nagy részre tagolhatjuk, úgy mint a Duna törmelékkúpjára, amelynek mélysége helyenként meghaladja a 200 m-t, és a nyugat-magyarországi kavicstakaróra, amely viszonylag vékony réteget képez. Az utóbbi területén fekszik a Rábántúli-kavicstakaró és a Kemenesalja, amelynek területe mintegy 3000 km<sup>2</sup>.

A nyugat-magyarországi kavicstakarót sokáig homogénnek vélte a szakmai közvélemény (CHOLNOKY, 1936, BENDEFY, 1935), később SZÁDECZKY-KARDOSS (1938, 1941) részletes vizsgálatai (közettani összetétel elemzés, ún. ritka-féleségek vizsgálat, görgetettség vizsgálat és ferde rétegezettség vizsgálat) alapján megállapítható, hogy ez a terület is felosztható különböző korú és eredetű kavicstakarókra. ÁDÁM (1962) vizsgálatai is igazolták, hogy a Pinka, a Gyöngyös, a Répce, és a Rába vízrendszeréhez tartozó különböző korú főleg pleisztocén kavicstakarók jellemzik a tájat (2. sz. térkép).



2. sz. térkép. A nyugat-magyarországi kavicstakarók genetikai térképe (ÁDÁM, 1962)

I. Rába-jobbparti (ópleisztocén-középleisztocén) kavicstakaró; II. Rába-balparti (középleisztocén-újpleisztocén) kavicstakaró; III. Pinka (ópleisztocén) kavicstakarója; IV. Gyöngyös (ópleisztocén-újpleisztocén) kavicstakarója; V. Répce (középleisztocén-újpleisztocén) kavicstakarója; VI. Ikva – Vulka (ópleisztocén-újpleisztocén) kavicstakarója; VII. Kőszegi hegység (újpleisztocén) szögletes lepelkavicsa; VIII. Soproni hegység miocén kavicstakarója; IX. Pliocén kavics; X. Variszkuszi kristályos röghegység (Soproni-hegység, Kőszegi-hegység, Vas-hegy)



A Zalaegerszegtől Sopronig húzódó 5-35 m vastag kavicsstakaró elsősorban denudált pannóniai felszínen felhalmozott, ferdén keresztarégtett felsőpliocén folyóvízi homokon található meg. Az idősebb pannóniai üledékek elsősorban csak nagyobb völgyek tektonikus peremterületein fordulnak elő.

A Rábántúli-kavicsstakaró és a Kisalföld kialakulása szorosan összefügg egymással. Mindkettő területén a pliocénben egy kristályos röghégység helyezkedett el. Az attikai mozgással kapcsolatos süllyedés után a Pannon tenger vált uralkodóvá, majd lassú emelkedés és feltöltődés következtében apró tavak sorozatává alakult át, végül szárazulattá vált. A felszínén kialakult vízfolyások a Dráva-árok felé irányultak, letarolták a felsőpannóniai felszínt, majd a lassan süllyedő területet világosszürke, egynemű, rétegtett homokkal töltötték fel. A legjelentősebb homokszállító folyó ebben az időben az Ős-Duna volt (SZÁDECZKY-KARDOSS, 1938).

A fent említett rétegtett homoklerakódás után a Rábán túli terület feldarabolódott, és a süllyedések képződésével elkezdődött a tájra jellemző kavicsstakarók kialakulása. A síkságra kiterjedő Ős-Pinka, Ős-Gyöngyös, Ős-Répcse osztályozatlan kavicsokkal megkezdték a medence délnyugati peremvidékének feltöltését, kialakítva a köztanilag és geomorfológiailag elkülönülő hordalékkúp jellegű kavicsstakarókat.

A Pinka által az alsó- és középleisztocénben lerakott kavicsstakaró kialakulása idején nagyobb volt és összeért a Kemeneshát kavicsstakarójával. Köztanilag összetétele alapján (sok hús-vörös szemcsés kvarc) jól elkülöníthető a szomszédos Gyöngyös- és Rába-balparti kavicsstakaróktól.

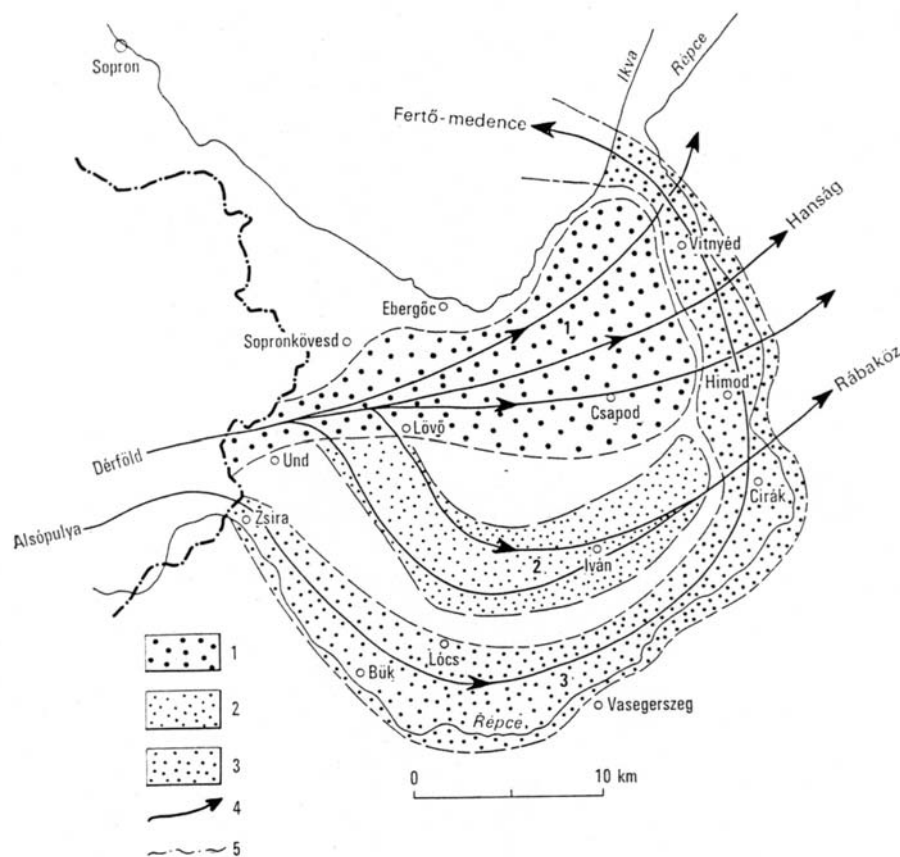
A Pinkával egyidőben kezdte meg a Gyöngyös feltölteni nyugati-, majd pedig a keleti medencéjét. Az egyenlőtlen süllyedések következtében maradtak feltöltetlen részek, amelyeket később jégkorszaki vályog töltött ki. A lerakott kavicsra jellemző a gyengén koptatott szögletes kvarc és kvarcit, valamint az erős cementáltság és a vörösesbarna elszíneződés.

A Répcse kavicsstakarója fiatalabb, mint a Pinkáé vagy a Gyöngyösé. Ebben a kistájban található Iván térsége, amely vizsgálataim központi helyét képezte, ezért az itt jellemző geológiai viszonyokat részletesebben ismertetem. A Répcse kavicsstakarója három jól elkülöníthető övre bontható (3. sz. térkép), amelyek mind köztanilag, mind pedig koptatottságuk alapján jól elhatárolhatók (SZÁDECZKY-KARDOSS, 1938).

Az északi legidősebb alsópleisztocén végi durva kavicsöv délnyugat-északkelet irányú, és a Hanság felé tölcészerűen kiszélesedik. Részben a medence alluviális felszíne, részben pedig a Rába-balparti kavicstakarója alá süllyed. Jellemzően kemény ellenálló kőzetfajtából áll, az itt található kavics vöröses színű és erősen cementált.

A középső kavicsöv a legkisebb a három közül, melynek keleti peremét a középleisztocénban és az újpleisztocénban a Rába erodálta. A jégkori vályogba ágyazott, azzal kevert anyaga túlnyomórészt mogyoró, dió nagyságú kvarc és kvarcit.

A legfiatalabb a déli kavicsöv, amely az északihoz hasonlóan durva összetételű kavicsból áll. Ellentétben az északi övvel, itt a kemény ellenálló kőzetfajtákon kívül puha kristályos kőzetek is találhatóak, melynek következtében erre a területre gyengén sárgásbarna, cementálatlan homokos kavics a jellemző.



3. sz. térkép: A Répce kavicstakarós síkságának kavicsövei és az Ós-Répe pleisztocén folyásirányai. (ÁDÁM, 1975)

1. alsópleisztocén végi kavicstakaró; 2. középsőpleisztocén kavicstakaró; 3. újpleisztocén kavicstakaró; 4. az Ós-Répe folyásirányai; 5. országhatár

A Rába-jobbparti kavicstakarója erősen erodált és tagolt, jellemzően aprószemű kavicsból áll, és a Pinka alsópleisztocén kavicsával egykorú.

A Rába-balparti kavicsstakarójának lerakása a középleisztocén végén kezdődik meg. Ekkor a Rába fokozatosan lecsúszik a Kemeneshátról és először a medence nyugati felét tölti fel, majd hordalékkúpján visszavándorolva az újpleisztocén végén foglalja el a mai helyét a Kemeneshát nyugati szélén. Az általa lerakott kavics 80%-a kvarc, a durva kavics részaránya megközelítőleg 50% (SZÁDECKY-KARDOSS, 1938).

A Kemeneshát a szomszédos területekhez hasonlóan túlnyomórészt pliocén és pleisztocén üledékes kőzetekből épül fel. A földtani felépítésben felsőpannoniai üledék, felsőpliocén kereszttrétegzett homok, felsőpliocén-alsópliocén bazalttufa és láva, valamint pleisztocén folyóvízi kavics és homok vesz részt (SOMOGYI, 1975). A kereszttrétegzett homokra három lépcsőben települtek a kavicsstakarók.

Az első lépcsőben a pleisztocén elején a Kisalföld süllyedése miatt északkeleti irányba forduló Ős-Rába egészen a Bakonyig terítette el kavicsstakaróját. Ezt egy hosszabb denudációs időszak követte.

Ezt követően a középleisztocénban a mosonmagyaróvári térség újabb süllyedése ill. a Zala-völgy felboltozódásának hatására még nyugatabbra tolódott a Rába folyásiránya. Ekkor részben újabb rétegekkel borította be az alsópleisztocén kavicsstakarót, részben pedig újakat is épített. Ebből az időszakból származik a Sárvártól Marcaltóig terjedő 25 km hosszú, átlagban 10 km széles, enyhén északnyugatnak dőlő, egységes felépítésű és felszínű kavicsplató, amit Cser-nek ill. Kemeneshátnak neveznek (SOMOGYI, 1962, 1975)

A Rába üledékéből a Zala és a Marcal folyók a Kemeneshát keleti szegélyén és a Kemenesalján saját teraszokat, kavicsstakarókat építettek. A pleisztocén vége felé a Kisalföld nyugati részének süllyedése lecsökkent, melynek következtében a Rába ismét keletebbre tolódott és alámosta pleisztocén kavicsstakarójának nyugati peremét.

## **2. 2. Talajviszonyok**

Az előző fejezetben tárgyalt kavicsstakarók és a rájuk települt lösz, homok és agyagrétegek képezték az itt létrejövő talajok alapkőzetét. A talajok mélységét elsősorban a kavicsra telepedett egyéb rétegek vastagsága határozza meg.

A cseri talajok már a XVIII. században megjelent erdészeti leírásokban felbukkantak. Egy 1802 évi leírás szerint „A Nagyerdő földje vagy kövecses vagy agyagos, ezekkel elegendes.” (KOMLÓS, 1969). Az 1891 évi erdészeti üzemterv pedig ezt írja a Nagyerdő

termőhelyi viszonyairól: „A termőréteg túlnyomó kiterjedésben elég mély, kevés televénytartalommal, agyagos homok, ezalatt pedig kavicsréteg; az altalaj kötött agyag lévén, a vizet nehezen bocsájtja át. Helyenként a kavicsréteg a felszínre emelkedik, hol ennek következtében a termőhelyi viszonyok kedvezőtlenebbek. Azon körülmény, hogy csekély mélységben vízhatlan agyag képezi az altalajt, előidézi azt, hogy nedves időjárás mellett a felsőréteg annyira telített lesz vízzel, hogy a talaj süppedékessé válik, s száraz időjárás mellett egészen kemény lesz és megrepedezik.” (KOMLÓS, 1969).

Az itteni talajokkal tudományos szempontból elsőként HORUSITZKY (1912) foglalkozott, amikor ezen a területen agrogeológiai kutatásokat végzett, ekkor „vereses színű” homoktalajoknak írja le őket. TREITZ (1913) az itt található erdőtalajokat a fakó erdei talajokhoz sorolja. Ezzel jelzi podzolosodásukat, amelyet később BALLENEGGER (1917) megerősít és az itt található talajt szürke erdőtalajnak írja le.

STEFANOVITS (1956, 1958) a Kemenes és a Cser erdőtalajait TREITZ-zel egyetértve a fakó erdőtalajok közé sorolja, amely podzolosodik és ahol a felhalmozódási szintben található vas cementálja égővörös színű vaskőfokká a kavicsot. A vaskőfokszintet a felhalmozódási szintben feltorlódott kolloidok kavicszemcséket összeragasztó hatása okozza. Élénkvörös esetenként lilászvörös színét a kis víztartalmú oxidált vas-oxidok és vas-oxidok okozzák (STEFANOVITS, 1963). Bence (1952) véleménye szerint a sárgás-vörös felhalmozódási B-szintet az A-szintből kiiszapolódott vas és alumíniumkolloidok cementálják össze. KREYBIG (1956) a levantei kavics összecementálódásáért a magas vastartalmú agyagos altalajt tartja felelősnek.

Ezeket a vöröses felhalmozódási szinteket TREITZ már reliktumképződésnek tartotta, ami magyarázata lehet ezen talajok erős kilúgozottságának és savanyúságának (STEFANOVITS, 1992). FEKETE (1967) szintén jégkorszaki eredetűnek tartja a vörös vaskőfokot (Ortstein) a B-szintben. Reliktum eredetűnek tartja a Nyugat-magyarországi peremvidék kavicsstakaróján létrejött barna erdőtalajok felhalmozódási szintjét SZENDREI (1998) is. Pleisztocénkori talajképződésre utalnak a periglaciális fagyjelenségek nyomai, valamint a felhalmozódási szint vöröses árnyalata is (STEFANOVITS ET AL., 1999).

BERKI (1984) derivatomográfias vizsgálatai azt mutatják, hogy az egyes szelvényekben jelentkező szürkés-kék glejes agyag nem talajképződés eredménye, mivel a

felhalmozódási szint és az alapkőzet DTA görbéjének jellege a különböző minőségű agyagásványok miatt jelentősen eltér egymástól.

A cseri talajok termőréteg vastagsága egyrészt a kavicsstakaróra rakodott iszap mennyiségétől függ (STEFANOVITS ET AL., 1999), másrészt a porhullásból származó lösztakaró vastagságától (DANSZKY, 1963). A kavicsból nagyon kevés mállott el, lévén jellemzően kvarckavics, amely nagyon ellenálló és ezért igen lassan mállik. Nemcsak maga a kavics kvarc, hanem gyakran a kavicsrétegek hézagterefogatát kitöltő frakció egy része is kvarchomok, így az agyagkomplexumra csak 4% jut (SUDÁR, 1961). A kavics a szelvényben általában 25-50 cm-es mélységben jelenik meg, a gyökerek növekedését ill. a talaj vízgazdálkodását a 30-40%-nál nagyobb kavicsstartalom befolyásolja jelentősen (MAGYAR, 1962/2, 1963).

A cseri talajok pH-ját BENCE (1952) 4,1-5,6 közöttinek találta. STEFANOVITS (1956, 1958) a feltalaj jellemző pH értékét 5,0 körülnek, lejjebb 5,5-6,0 közöttinek adja meg. MAGYAR (1962/2, 1963) vizsgálatai a talajt tápanyagban szegénynek, valamint nagyon telítetlennek találta, és általában könnyű vályog fizikai féleségűnek határozta meg.

A víz számára átjárhatatlan cementált kavicsréteg alapjaiban határozza meg a cseri talajok vízgazdálkodását, amelynek jellegzetessége az, hogy a nagyobb csapadék hatására a felszínén tócsákban áll a víz, még akkor is, ha a talaj pár cm-rel felszín alatt egyébként csontszáraz (STEFANOVITS 1952/1, 1952/2, 1958). Az ilyen az időszakos víztöbblettel, vízállásokkal, majd pedig a víz elpárolgása után szélsőségesen száraz viszonyokkal jellemzett talajt a változó hidrológiai kategóriába soroljuk be az erdészeti osztályozásban (SZODFRIDT, 1993).

A cseri talajok másik vízgazdálkodási jellegzetessége, hogy kevés diszponibilis vizet képesek tárolni a termőrétegben, jellemzően mintegy 50-96 mm-t. Az alacsony víztartó képességből adódik, hogy a téli illetve tavaszi csapadékból csak minimális mennyiséget képes megőrizni az aszályos nyárra (LÁSZLÓ, 1997).

A kavicsréteg nem csak a talaj vízgazdálkodását befolyásolja jelentős mértékben, hanem akadályozza a gyökérnövekedést is (MAGYAR, 1962/2, 1963). Gyökérfeltárások során a B-szint gyakran gyökérvégnek mutatkozott, amelynek következtében a vertikális vízszívó gyökerek ennél a szintnél derékszögben elfordulnak és gyakran torzulnak (BENCE, 1952). A

vörös vaskőfokos B szintet STEFANOVITS (1958) és FEKETE (1967) is a gyökerek számára szinte átjárhatatlan szintnek tartja.

KOLOSZÁR (1973) szerint a cseri talajokra jellemző rossz víz és levegőgazdálkodás oka a talajszerkezetben is keresendő. Vizsgálatai szerint a cseri talajok pórustérfogata 30% alatti, amely talajelőkészítés hatására elérheti a 30-36%-ot. A tömött gyökér- és vízzáró rétegen tartósan a szántás ill. lazítás nem képes segíteni, mivel a talaj gyorsan visszatömörödik, és a vas és alumínium vegyületek hatására visszacementálódik. Erre a tényre a gyakorlati szakemberek is felfigyeltek, köztük MOLNÁR (2001), aki évtizedeken keresztül dolgozott a térségben, és a talajelőkészítés pozitív hatásának rövidegért a talaj visszatömörödését tette felelőssé.

A tartósan morzsás szerkezet kialakításához elengedhetetlen a meszezés is. A kedvezőbb talajszerkezet hatására a talaj víz-, tápanyag-, és a levegőgazdálkodása is javul. Ennek bizonyítására KERÉNYI (1968) modell és szabadföldi kísérleteket is végzett. A tenyészedényes kísérletekben az erdeifenyő mind magasságban, mind pedig vastagságban gyorsabb növekedést mutatott a meszezett talajon. Sajnos szabadföldi kísérleteinek eredményeit nem publikálta.

A cseri talajok gyenge termékenységét más szakemberek is meliorációval próbálták javítani.

BENCE (1952) elsősorban a finom bazaltporos meliorációban és a megfelelő fafajmegválasztásban (2. koronaszint, töltelékfafajok) látta a talajjavítás lehetséges útját.

A mezőgazdaságban is komoly kísérletek folytak a cseri talajok javítása illetve a legjobb művelési technológia megtalálása érdekében. Az alacsony termőképesség okait elsősorban a talaj savanyúságában, alacsony tápanyag-tartalmában és a sekélységből adódó gyenge víztartó képességében határozták meg (BACSÓ ET AL., 1969).

Az ötvenes évek közepén KREYBIG (1956) a terméseredmények növelésének zálogát az altalajlazításban, a nitrogénműtrágyákban és a megfelelően megválasztott előveteményben látta.

A később elvégzett kísérletek eredményeiből a talajművelési eljárások közül BACSÓ (1969) a „szántás altalajlazítással” kombinációt emelte ki. Kedvezőnek ítélte a kotus tőzegpor és a szénsavas mészkő alkalmazását is.

Érdekes eredményeket közöl VARGA (1966) a Cser és Kemeneshát talajainak termékenység-változásairól, amelyek különböző mélységű talajművelés hatására következtek

be. Vizsgálatai alapján a különböző gabonafélék (búza, rozs, tavaszi árpa), és a bíborhere nagyobb terméssel hálálták meg a sekélyművelést, mint a mélyművelést. A burgonya esetében nem tudott jelentős különbséget kimutatni sem a mély sem pedig a sekélyművelés javára. A borsónak és a gabonafélék közül egyedülként az őszi árpának viszont a mélyművelés volt a kedvezőbb.

VARGA eredményeinek tükrében megvizsgálva a BACSÓ által közölt őszi árpa terméseredményeket, látható, hogy a mélyműveléssel jobb eredményeket értek el, de a szántás és az altalajlazítás kombinációja volt a legkedvezőbb. Sajnos VARGA nem közölt olyan technológiákról adatokat, amelyekben az altalajlazítást is alkalmazták volna.

A Kemenesháton végzett műtrágyázási kísérletek azt mutatják, hogy az itt termesztett növények számára elsősorban a nitrogén és a foszfor utánpótlást kell biztosítani. A kálium műtrágyák nem gyakoroltak a növényekre kimutatható hatást, bár itt felmerült, hogy a talaj nagymértékű kálium kötési képessége esetleg gátolta a növényeket a hasznosításban (BACSÓ ET AL, 1967).

Az 1931-1951 között folyó, 1:25000 méretarányú országos átnézetes talajtérképezés keretében a területről KREYBIG vezetésével készült térkép. Ez a térképezés elsősorban mezőgazdasági célokat szolgált, genetikai talajtípusok ábrázolása nélkül. A térképlapokon a legfontosabb kémiai jellemzők alapján határolták el a talajokat, figyelembe véve a legfontosabb talajfizikai és vízgazdálkodási tulajdonságokat. A nyugat-magyarországi kavicstakarón az alábbi három nagy csoportot különítették el:

- gyengén savanyú, feltételesen mészigényes talajok,
- erősen savanyú, mészigényes talajok,
- meszes vagy semleges talajok.

A gyengén savanyú, feltételesen mészigényes talajok az egész kavicstakaróra jellemzőek, de a legnagyobb területet a Kemenesalján, a Gyöngyös és a Rába síkságon foglalják el. Az erősen savanyú, mészigényes talajok nagyobb mennyiségben a Vasi hegyháton és Pinka fennsíkon fordulnak elő, de foltokban a Répce síkság délnyugati részének kivételével mindenütt megtalálhatók. A meszes vagy semleges talajok elsősorban a Répce-síkság délnyugati részére jellemzőek. A térkép jelöli a sekély kavicsos termőrétegű részeket is. Sajnos ez a térképezés az erdőkre nem terjedt ki, így azok csak zöld foltként szerepelnek rajta.

STEFANOVITS (1952/1, 1952/2, 1958) a Kemenes és a Cser erdőtalajait az ország talajtárait bemutató munkáiban podzolos barna erdőtalajként jellemzi.

A genetikai talajtípusokat is tartalmazó 1:200000 méretarányú térképek 1955-ben készültek el STEFANOVITS és SZÜCS vezetésével (JÁRÓ, 1966). Ezeken a térképeken már az erdőterületek talajait is feltüntetik az altípusokkal együtt (STEFANOVITS - SZÜCS 1961). Az 1961-ben elkészült második változatban a fakó erdőtalajokat már podzolos-, pszeudoglejes- és agyagbemosódásos barna erdőtalajra választották szét (STEFANOVITS, 1963).

Az ország tájait bemutató átfogó erdészeti munkában az ún. „Zöld Könyvekben” a térség talajait agyagbemosódásos barna erdőtalajnak és pszeudoglejes barna erdőtalajnak írják le, megemlítve, hogy az itt található erdőtalajok, a kavics alapkőzet miatt az erdőtalajok különleges változatai. A talaj minőségét elsősorban a kavicsra hullott porhullásból származó lész vastagságától teszik függővé (DANSZKY, 1963).

BIDLÓ és KOVÁCS (1998) vizsgálatai azt mutatják, hogy a cseri talajokat gyakran Ramann féle barnaföldnek ill. podzolos barna erdőtalajnak írják le. Ezért azt javasolják, hogy a cseri talajokat az erdészeti termőhelyosztályozás külön talajtípusként definiálja. A cseri talajok külön genetikai talajtípusként való leírását CSAPODY (1974) már a hetvenes évek elején felveti, és határozottan elkülöníti a kavicsos vázталajoktól.

A térségben a cseri talajok mellett, általában kis területű foltokban más talajtípusok közé beágyazódva előfordulnak szikesek is. Az egyik legnagyobb ilyen szikes terület Iván határában található, amelynek legnagyobb tömbjei a Cséri legelőn, a Visztamajornál, és az iváni disznólegelőnél vannak, de kisebb foltokban az egész Iváni medence területén előfordulnak.

Az iváni szikes talajokra jellemző, hogy kémhatásuk erősen lúgos ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  9-10), mésztartalmuk a felszín közelében csekély, lefele haladva emelkedik (maximum 60-80 cm-nél). A sótartalom az A-szintben alacsony (1 mgé/100g), a B<sub>2</sub> szintben van a maximum (4 mgé/100g) majd lecsökken. Sóösszetételben a  $\text{NaHCO}_3$  a legjellemzőbb. Az S-értéket is a  $\text{Na}^+$  uralja (A-szintben 15-20%, a B-szintben 80%, a C-szintben 30%) (VÁRALLYAY, 1963, 1964).



### **2.3. Növények tápelemtartalma**

A cseri talajok jobb megismerése érdekében a rajta álló növényzetet is igyekeztem bevonni a vizsgálatokba. Ezeknek egyik nagyon fontos része volt a növények tápelemtartalmának a vizsgálata, amelynek segítségével ezen talajok tápelem szolgáltató képességét kívántam megismerni. A vizsgálatok megkezdése előtt áttekintettem az erre vonatkozó irodalmat, amelynek legfontosabb eredményeit az alábbiakban ismertetem.

Az első - fákra vonatkozó - adatok 1862-ből származnak, amikor ZOLLER elemezte a bükk leveleit, majd WEBER és DULK a tölgy, vörösfenyő és a lucfenyő tűit vizsgálta (TOUZET, 1987). GRANDEAU nemcsak különböző fafajok (akác, madárcseresznye, szelídgesztenye, feketefenyő és nyír) leveleinek kémiai összetételét vizsgálta, hanem a vegetációs időszakban lezajló változásokat is. Vizsgálatai szerint a vegetációs idő alatt a fák leveleinek szárazanyagtartalma nőtt, a tápelemek közül a nitrogén-, foszfor-, kálium-, kén-tartalom csökkent, a kalcium-, vas-, és a szilíciumtartalom növekedett, míg a mangán-, magnézium-, és a nátriumtartalom változása nem mutatott törvényszerűséget (MANNINGER, 1989).

A XX. században merül csak fel a fák tápelemellátottságának kérdése. Számos levélelemzésére támaszkodva MITCHELL (1934) közöl ellenőrzött körülmények között növekvő észak-amerikai fafajokról adatokat. Az európai fafajok levélelemzési eredményeit, valamint azok tápelemellátottságukkal való összefüggéseit LEYTON (1948) publikálja.

Csak a XX. század közepétől mondható el az, hogy a levélelemzés módszere lett a tápanyagellátottság meghatározásának egyik elfogadott módja, miután az összehasonlíthatóság érdekében kidolgozták a mintavétel időpontjára és módszerére vonatkozó szabályokat. Az egységesített vizsgálati feltételek eredményeképpen nemsokára megjelentek a legfontosabb fafajokra vonatkozó optimális és az elégtelen tápanyagellátottsági határértékek (INGESTADT, 1962, AHRENS, 1964). FIEDLER – NEBE - HOFFMAN (1973) által írt összefoglaló műben a jelentősebb európai fafajra közlik a tápelemtartalmakat illetőleg határértékeket. Természetesen a határértékek pontosítása ma is folyik, és a vizsgált fafajok illetve tápelemek köre folyamatosan bővül (HÜTTL, 1986; ULRICH, 1990; HARTMANN ET AL. 1995).

Magyarországon ilyen irányú, fafajokra vonatkozó kutatások a század közepén kezdődtek. Az erdei fenyő csemeték vizsgálatának során BÖSZÖRMÉNYI (1956) arra az eredményre jut, hogy a nitrogén-ellátottság mértéke legjobban a növények levelének analízisével vizsgálható, és megadja a határértékeket is a levelekre vonatkoztatva. JÁRÓ és

HORVÁTHNÉ (1958) a talajviszonyok függvényében 13 különböző fajhoz tartozó erdei fa levelének tápelemtartalmának időszaki változásait, majd pedig a különböző fafajok avartermelő képességét, nyershamu tartalmát, valamint a legfontosabb makrotápelemeket vizsgálták (JÁRÓ – HORVÁTHNÉ, 1959, 1960). Az avar kalciumtartalmával FÜZESI – NEMKY - VANCSURA (1962) is foglalkozott, akik a fafajok vizsgálata mellett a különböző hazai és külföldi eredményeket is összehasonlították. JÁRÓ (1963) tanulmányozta a különböző állományokban az avarlebomlás sebességét és a közben felszabaduló tápelemek mennyiségét. Később JÁRÓ (1967) publikálja a levélanalízishez szükséges minták mintavételi szabályait és a kívánatosnak tartott tápelemtartalmat légszáraz anyagra vonatkoztatva. TÖLGYESI – CSAPODY – BENCE (1968) vizsgálatai szerint a tápelemek egymáshoz viszonyított aránya alkalmas a különböző alapközettel rendelkező tájak elkülönítésére.

A csemetekerti tápanyag-visszapótláshoz ad fontos támpontokat GYARMATINÉ (1978), amikor közli az egyes fenyőcsemeték tápelemtartalmát, így a csemetekertből a velük elvitt tápanyagmennyiség számíthatóvá válik.

KÁRPÁTINÉ (1988) az immissziós károkkal kapcsolatban a kéntartalom növekedését vizsgálta a lucfenyő tűleveleiben.

A kocsányos tölgy, a kocsánytalan tölgy, a csertölgy leveleinek valamint a lucfenyő és az erdeifenyő tűinek nitrogéntartalmát MANNINGER (1989) vizsgálta, továbbá összefüggéseket keresett a levelek nitrogéntartalma és a talaj között. JÁRÓ (1988/89) a bükkösök tápanyagforgalmát és az anyagmérlegét vizsgálta. FÜHRER (1994, 1995) egy erdőállomány tápelemkörforgalmára vonatkozó adatok mellett a levélelemzéseinek eredményét is közli.

A különböző származások közötti tápelemtartalom eltéréseket vizsgálta a bükk csemetéknél BIDLÓ (1995), a lucfenyőnél pedig KOVÁCS (1996). Az erdei ökoszisztémák tápelemforgalmát mutatja be és közöl tápelemtartalom-táblázatokat a különböző állományokra és az avarra vonatkozóan BIDLÓ és KOVÁCS (1996) az Erdészeti Ökológia című összefoglaló műben. Itt röviden ismertetésre kerülnek az egyes elemek élettani funkciói is.

Az iparvidéken és iparvidéktől távol fekvő tölgyesek makrotápelem- és mezotápelemtartalmát BERKI (1995) hasonlította össze, így vizsgálva az ipar hatását a tölgyek egészségi állapotára. A hazai és külföldi kutatási eredményeket figyelembe véve BERKI (1999) közölte a fontosabb fafajok, ill. egyes részeik tápelemtartalmát, valamint a gyakorlat számára rendkívül fontos határértékeket.

## 2.4. Az Iváni Nagyerdő története

A cseriföldek néven ismert, rossz adottságokkal és alacsony teljesítőképességgel rendelkező kavicsos váztalajokon állnak az iváni erdők, amelyek jelentős része a Tanulmányi Erdőgazdaság RT. Iváni Erdészetének kezelésében van.

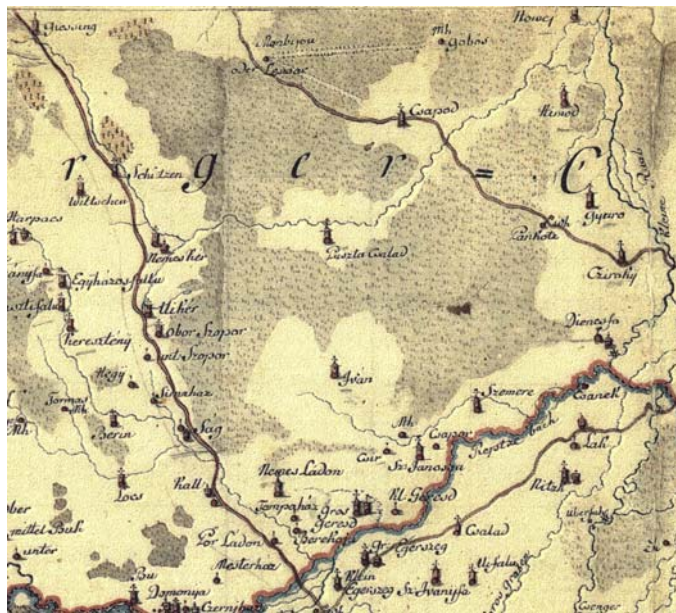
A területről az első írásos emlék 1275-ből maradt ránk, amikor IV. Béla király Bertrand ispánnak, a Nagyerdő területén lévő Szolgagyőr várához tartozó Családnak nevezett várföldekre privilégiumot adott (MIKÓ, 2000). A terület következő említése 1325-ből maradt fenn, amikor ez a környék az Oslai nemzetség tulajdonában volt (AESZ, 1994). Egy 1410-ből származó határjárásról szóló latin nyelvű feljegyzés említi meg a Nagyerdőt, ha közvetetten is, amelynek a magyar fordítása a következő: „Az Ikva folyó mellett kezdve délről egy erdőben, számtalan határjelen, szemben fekvő erdőkön és szántóföldeken keresztül, dél és nyugat közt tovább haladva, végül Felső Lövő szomszédságában megállnak.” (KOMLÓS, 1969). Később 1416-ban Lósi Jakab fia Beled és Ebergötöczi Tamás fia János közt végbement „osztálynál” említik a Nagyerdőt, majd a Viczayakra száll (CSAPODY, 1963). 1536-ban a terület a Nádasdyaké lett. 1671-ben Nádasdy Ferencet hűtlenné nyilvánítják a Wesselényi-féle összesküvésben való részvétel miatt, így a birtok a Kincstárra szállt. A Kincstártól a Draskovich családhoz kerül a birtok, majd a birtok nagyobb része 1678-ban a Széchenyi családhoz, kisebbik része az Esterházy család birtokába jut (CSAPODY, 1963; KOMLÓS, 1969). A két nagybirtokos mellett több kisebb birtokosnak is voltak érdekeltségei a Nagyerdőben pl. 1735-től Pusztacsalád a Festetich-család birtokában volt, de később visszakerült a Széchenyiek birtokába (CSAPODY, 1963).

1671-ben jelenik meg az erdő először Nagyerdő néven, Hédervári Katának a pozsonyi Királyi Kamarához írt jelentésében (KOMLÓS, 1969). A Nagyerdő következő említése a Széplakon 1741 január 9-én kelt Conscriptio-ban található, amely nemcsak az erdő kiterjedéséről, hanem az ott található fontosabb fanemekről, azok hasznosíthatóságáról, valamint az akkoriban nagyon jelentős erdei mellékhaszonvételről, az erdei makkoltatásról is ír (KOMLÓS, 1969).

A területről az első jelentős térkép az I. katonai felmérés idején (1782-1785) készült, 1:28800 méretarányban (JANKÓ, 2001).

A 4. sz. térképen jól látható, hogy a Nagyerdő 1783-ban még elzárta egymástól a fálvakat, így Ivánt is, amelyet a térképhez tartozó leírás szerint is teljesen körbevett az erdő (FIRBÁS, 1963). Ekkor még Sopron vármegyének megközelítőleg egyharmadát erdő borította

(SOPRONI, 1940). Az irtásfalvak közötti közlekedés erdei ösvényeken zajlott, amelyek egy-egy központi helyről, pl. Csapodról sűrű pókhálószerűen ágaztak szét. A mai sűrű úthálózat ennek a korszaknak az emléke, miközben az erdők javarészét kiirtották. Ebben az időben ugyanis a lakosság rendszeres erdőirtással jutott új szántóterületekhez, ezek általában jó minőségű irtásföldeket jelentettek, ez gerjesztette a további erdőirtásokat. Ezek mértéke 1787 és 1793 között 5780 kishold, míg 1867-ben 13350 kishold volt. Az erdőirtásban Iván község járt élen: 1762-től 1841-ig az irtásföldjeinek nagyságát 3000 holdról 3800 holdra növelte (CSAPODY, 1964).



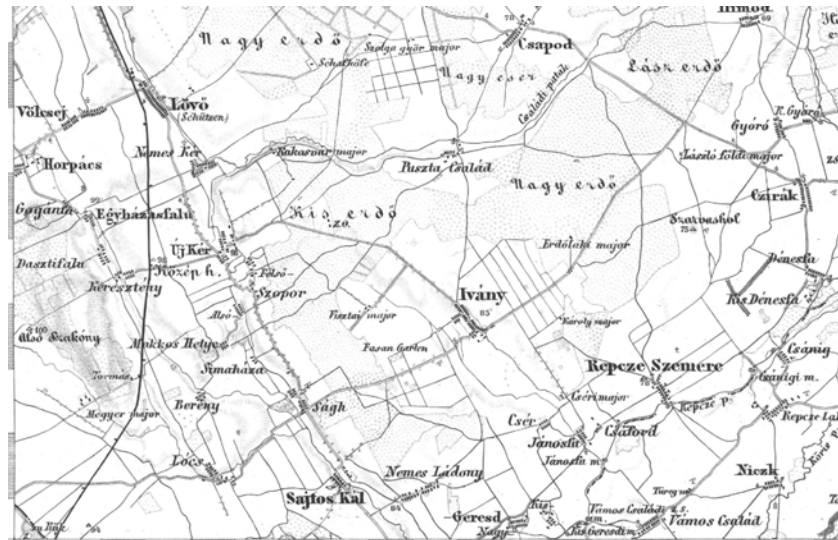
4. sz. térkép: Iván és környéke az I. katonai felmérés idején  
(Hadtörténelmi Intézet Térképtár, A)

A nagyerdő kerületét 1764-ben Kneidinger András Magyar Királyi Kamara mérnöke 37900 öltre becsülte. Az 1788-as területkimutatás az Alsó és a Felső Nagyerdő együttes területét 16074 kataszteri holdnak állapította meg (KOMLÓS, 1969).

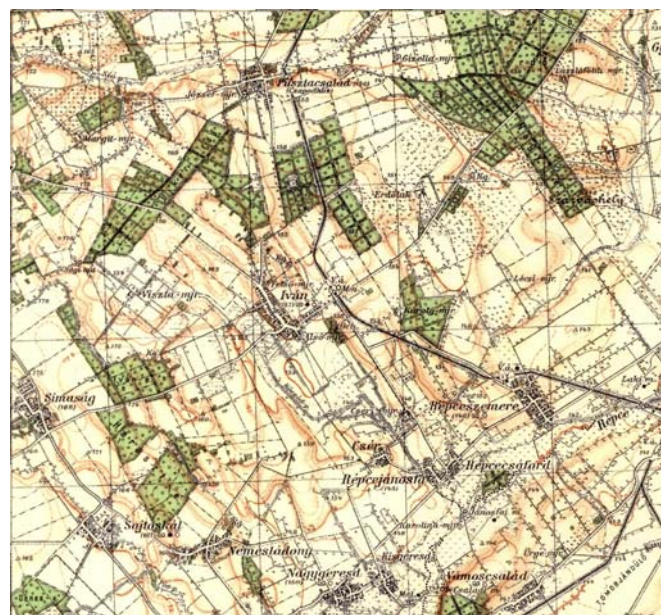
Széchenyi Ferenc 1815-ben három hitbizományt hozott létre: az ivánit, a pölöskei, és a segesdit. A Nagyerdő jelentős része így hitbizományi birtokká alakult, amelyhez újabb részek csatlakoztak, amikor a Zalaegerszegi Királyi Törvényszék feloldotta a hitbizományi kötelék alól a pölöskei hitbizományi birtokokat és cserébe a Soproni Királyi Törvényszék nagycentki birtokokat vont be a kötelékbe 1880-ban (KOMLÓS, 1969).

Az 5. sz. térképen látható az iváni Nagyerdő kiterjedése, amelyet a 4. sz. térképpel összehasonlítva jelentős erdőterület csökkenést tapasztalunk. A térkép a II. katonai felmérés idején (1810-1866) készült 1:28800-as méretarányban Cassini vetületben (JANKÓ, 2001).

Ezt a felmérést nem sokkal követte a III. katonai felmérés (1872-1884), amely már a metrikus rendszerben készült (6. sz. térkép), 1:25000-es méretarányban, poliéder vetületben (JANKÓ, 2001).



5. sz. térkép: Iván és környéke az II. katonai felmérés idején  
(Hadtörténeti Intézet Térképtár, B)



6. sz. térkép: Iván és környéke az III. katonai felmérés idején  
(Hadtörténeti Intézet Térképtár, C)

A Soproni Magyar Királyi Törvényszék 1940-ben az egész erdőbirtokot az iváni hitbizományhoz csatolta (KOMLÓS, 1969).

1945 után az erdők többsége állami tulajdonba került, illetve kis magánbirtokok alakultak, amelyekből később termelőszövetkezeti erdő lett.

A Nagyerdő irtással szántóvá és legelővé történő alakítása során a területi csökkenés mellett jelentős értékvesztés is elszenvedett. Az értékcsökkenés fő okai a következők:

- a faizási jog,
- a nagymértékű legeltetés és alomszedés,
- a szakszerűtlen külterjes gazdálkodás.

A faizási jog azt jelentette, hogy a lakosság minden ellenszolgáltatás nélkül kielégíthette épület- és tűzifa igényét az erdőből. Ez nem is jelentett problémát addig, amíg vissza nem éltek vele. A mértéktelen fahasználatot az 1666-os mihályi végzés már próbálja megakadályozni azzal, hogy az erdei fák adásvételét megtiltja, mondván a faizási jog csak a saját szükségletek kielégítését teszi lehetővé (CSAPODY, 1964). Sajnos a végzésnek nem sok fogantja volt. A Nádasdyak 1654-ben úgy korlátozták a lakosság faizási jogát, hogy fejenként csak 2 szekér száraz fa összeszedését engedélyezték, de ezért is fizetniük kellett az uraságnak egy köböl zabot és egy kappant. A nemességre ez a korlátozás természetesen nem vonatkozott (CSAPODY, 1963, 1964). Nádasdy Ferenc hűtlenné nyilvánítása után, a kincstárra szállt birtokon, a kincstári javak igazgatói 1674-ben korlátozni akarták a nemesek jogait is. Ez ellen a környék valamennyi nemesje tiltakozott, és a Nagyerdő használatáért hosszú harc kezdődött (CSAPODY, 1963, 1964). Ezalatt természetesen az erdőirtás, faorzás nem szűnt meg.

A Nagyerdő legeltetésre is jónak bizonyult, ugyanis állományának zömét kocsányos és kocsánytalan tölgy, valamint cser alkotta. A tarvágásos kezelés mellett ezek az erdők egyre jobban elcseresedtek és a legelő állatnak bőséges makktermést nyújtottak.

A különböző helynév elnevezések bizonyítják azt, hogy a XII-XIII. században már a cser volt a fő állományalkotó fafaj a területen, innen származhat például az iváni Csermajor, a sopronkövesdi Cserkút, a zsirai Cseres, a vitnyédi Csermajor, a dénesfai Csererdő, a csapodi Kis- és Nagy-Cser, valamint maga a cseri talaj elnevezés is (CSAPODY, 1964).

A terület állattartó képességét fokozták a makktermő cseresek, tölgyesek által közbezárt füves részek, felhagyott irtásföldek. Így érthető, hogy nemcsak az uraságok, hanem az úrbéresek is szívesen legeltettek a Nagyerdőben. Mária Terézia korában a Nagyerdő Dél-

és Nyugat-Magyarországról Bécsbe lábön hajtott marhacsordák egyik pihenőhelye is volt. A környékbeli falvak lakói is az erdőbe hajtották hizlalni a marháikat.

A szarvasmarha tenyésztésen kívül jelentős volt a területen a juh- és sertésenyésztés is. Híres juhászata volt ebben az időben Ciráknak, Csapodnak, nagyhírű sertéshizlalás folyt Csapodon, Pusztacsaládon, Rábakecölön (CSAPODY, 1963, 1964).

A szakszerűtlen külterjes gazdálkodás is nagy szerepet játszott az erdők leromlásában, úgy mint a pénzben megszorult birtokosok rendkívüli favágásai, a külterjes sarjüzemmód alkalmazása, amelynek fő célja a cserkéreg termelés és a hamuzsírőzés volt. A vadászat érdekében a sűrű cserjékkel átszőtt, ápolatlan erdőszerkezetre is törekedtek, amivel a magas létszámú apróvad állománynak akartak kedvezni, miközben másutt már tudatosan törekedtek a szakszerű erdőgazdálkodás megvalósítására. A fent leírtak alapján nem csodálkozhatunk, hogy megfogyatkozott, leromlott a Nagyerdő, amelyről már 1797-ben Széchenyi Ferenc így nyilatkozott: "a Nagyerdő annyira ki van pusztítva, hogy alig látni egy-két szálfát, s a kavicsos-homokos-köves talajon a legelő is teljesen hasznavehetetlen." (CSAPODY, 1964)

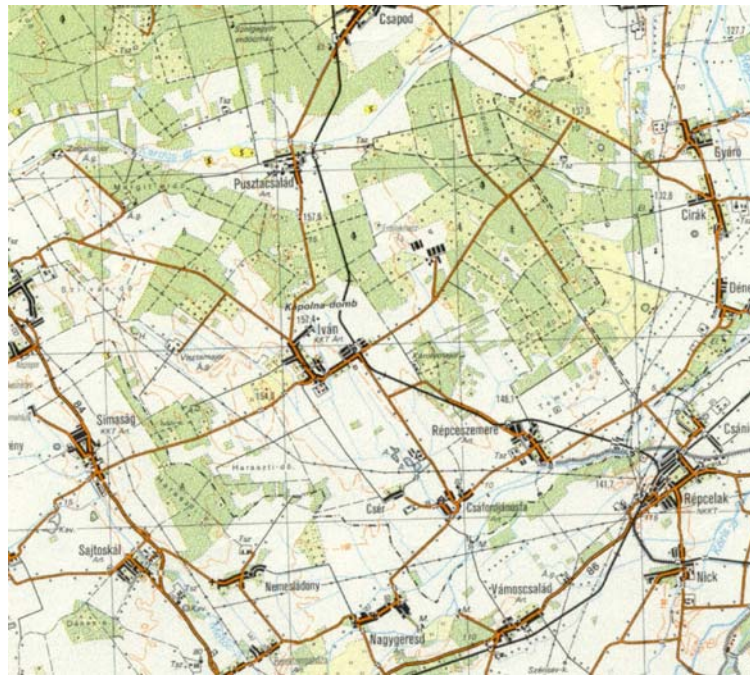
A leromlás tartósan elsősorban a termőhelyileg gyengébb részeken jelentkezik, például: Iván, Csapod környékén. Ezeken a helyeken az irtásföldekből legelők majd parlagok lettek, így kiestek a termelésből. A jobb termőhelyi adottságokkal rendelkező részeken, mint például: Dénesfa, Kövesd környékén, megindulhatott a visszaerdősülés folyamata. Ezt a környékbeli földesurak is támogatták a visszavásárolt földek makkvetéssel és csercsemete ültetéssel történő beerdősítésével.

Az üzemterv nélküli évszázados kezelésnek, valamint a hamuzsírőzésnek és a cserkéreg termelésnek köszönhetően az állományokat általában 30-40 éves vágásfordulójú sarjerdő üzemmódban kezelték, amelyekben az ápolásokat, tisztításokat elhanyagolták. Az állományok így kevés kivételtől eltekintve leromlottak. Megemlítendő viszont az, hogy a végvágások során meglehetősen sok hagyásfát hagytak egyes helyeken, amelyek több végvágást is túlélve minőségi faanyagot adhattak. A csekély mértékű mesterséges felújítás, főleg a cser illetve tölgy-makk vetésre szorított, de használták az alátelepítés módszerét is (KOMLÓS, 1975).

A XX. század első harmadában jelent meg az akác a Nagyerdőben, miközben több szakember is javasolta a vágásforduló emelését (ÁESZ, 1994). 1945 után az erdők jelentős részét államosították. A megmaradt kisebb erdőbirtokok fokozatosan termelőszövetkezeti vagy állami tulajdonú erdőkké alakultak át.

Az ötvenes évektől egészen a nyolcvanas évek végéig komoly erdőtelepítés folyt az Iváni erdészeti területén. A hatvanas ill. hetvenes években főleg erdei fenyőt telepítettek, a

hetvenes évek végén nyolcvanas években pedig inkább kocsányos tölgyet, illetve csert, utóbbiakat általában makkvetéssel. 1983 december 31-én megszűnő Iváni Tsz rossz minőségű földjeit az erdőgazdaság kapta meg, miután a környező Tsz-ek nem tartottak rá igényt. Ez megközelítőleg 860 ha volt, amiből 60 ha-t erdő borított. Az erdőgazdaság nem volt képes egyszerre beerdősíteni a kapott területeket, így kénytelen volt évekig mezőgazdasági termelést folytatni rajtuk (PÁL, 2001). A telepítések során évről évre fogyott a mezőgazdasági termelés alatt álló erdőgazdasági terület, amelyeken főleg takarmánynövényeket termesztettek. Az erdészet évente körülbelül 100 ha első kivitelre volt képes. Később az első kivitel mennyiségét azért csökkentették, hogy az előző évek telepítései nyomán keletkező pótlási kötelezettségüknek eleget tudjanak tenni (MOLNÁR, 2001). A nagyarányú telepítések a kilencvenes évek elejéig tartottak. Az erdőtelepítések hatására az erdősültség jelentősen emelkedett (7. sz. térkép).



7. sz. térkép: Iván és környéke 1981-ben (FÖMI, 1982)



## **2.5. Az iváni erdőkép változása a XVIII.-XX. században**

Az Iván községhez tartozó erdők nagyságáról nem állnak rendelkezésre adatok a múltból, ezért az erdősültségi vizsgálatokat úgy végeztem el, hogy kijelöltem egy olyan négyszöget Iván körül, amelynek sarokpontjai viszonylag állandónak tekinthetők voltak az elmúlt évszázadokban. A sarokpontok a következők: Sajtoskál, Nick, Gyóró községek, a Gyóró Pustacsalád vonal, és a Sajtoskálon átmenő észak – déli egyenes metszéspontja.

A vizsgálatokat az első katonai felmérésekből rendelkezésemre álló térképpel kezdtem. Ekkor az erdősültség a fent említett területen **48%** volt. Az irodalmi források utalásaiból (FIRBÁS, 1963, SOPRONI, 1941) arra következtethetünk, hogy régebben ez még nagyobb arányt tett ki.

A második katonai felmérés idejére az erdősültség már **27,5%-ra** csökkent. Ez a jelentős csökkenés a parasztság földhétségének köszönhető, amelynek következtében az irtásföldek mennyisége megnőtt.

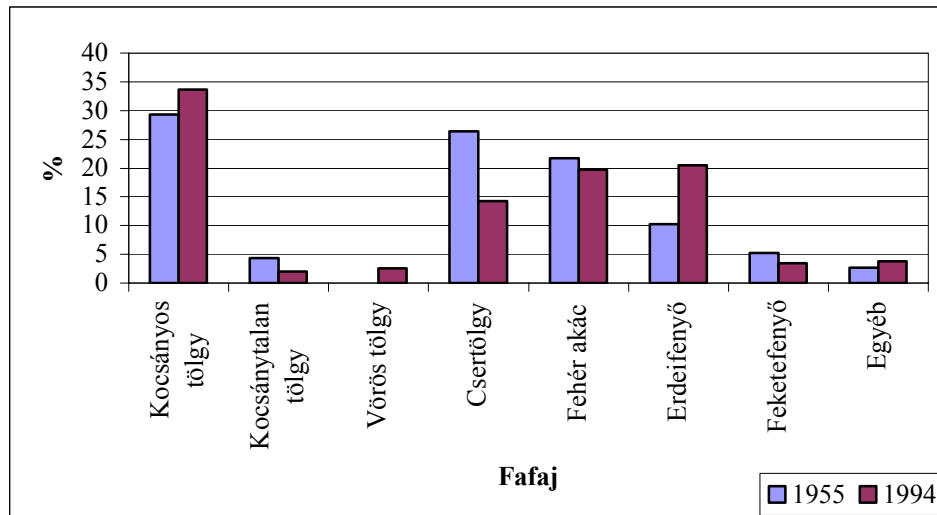
A harmadik katonai felmérés idejére az erdősültség még tovább csökken **13,5%-ra**.

Ezek az adatok azt mutatják, hogy az első és a harmadik katonai felmérés között eltelt mintegy száz évben az erdők térfoglalása a vizsgált körzetben kevesebb, mint egyharmadára csökkent.

A huszadik század első felében a kedvezőtlen adottságú, gyenge minőségű cseri talajokon megindult az újraerdősítés, különösen a második világháborút követő években, amikor már a legeltetés is elvesztette régi jelentőségét. Ennek eredményeképpen az 1980-as évekig az erdősültség a vizsgált területen **28%-ra** nőtt, ami gyakorlatilag az 1800-as évek közepének megfelelő erdősültségi arány. Az erdősültségi arány az ezt követő évtizedben tovább növekedett, mivel a megszűnő Iváni TSZ rossz minőségű földjei is jórészt erdősítésre kerültek.

Az erdő képe viszont megváltozott, ami egyrészt abból következik, hogy a mezőgazdasági termelés és a legeltetés hatására leromlottak az egyébként sem túl jó talajok, másrészt a fafajszerkezet is jelentős változásokon ment keresztül. A XII-XIII. századtól kezdve a csertölgy volt az uralkodó, a cserések jelenlétét különböző helységnevek is bizonyítják (CSAPODY, 1964). A legeltetés, sarjztatás a csertölgynek kedvezett, amelyet gyakori, bőséges makktermés és jó sarjadzóképeség jellemez, ellentétben a nemestölgyekkel Sajnos ezekből az időkből nem állnak rendelkezésünkre pontos fafajmegoszlási adatok.

A huszadik századi nagy telepítési hullámok során a szakemberek elsősorban a fehér akácot, az erdeifenyőt és a feketefenyőt részesítették előnyben, így alakult ki az ötvenes évek közepére a 1. ábrán látható fafajszerkezet Iván községhatárban (MAGYAR, 1961 adatai alapján LÁSZLÓ).



1. ábra: Fafaj megoszlás Iván községhez tartozó erdőkben 1955-ben és 1994-ben (MAGYAR, 1961 adatai alapján LÁSZLÓ, ÁESZ 1994)

Ez a három faj foglalta el ekkor az erdők közel 40%-át, nagy térfoglalásuk az őshonos fajokkal szemben jól mutatja a másodlagos erdők jelentős arányát. Ebben az időben a községhez 1311 ha erdő tartozott, ebből közel 500 ha volt nem őshonos fajokból álló.

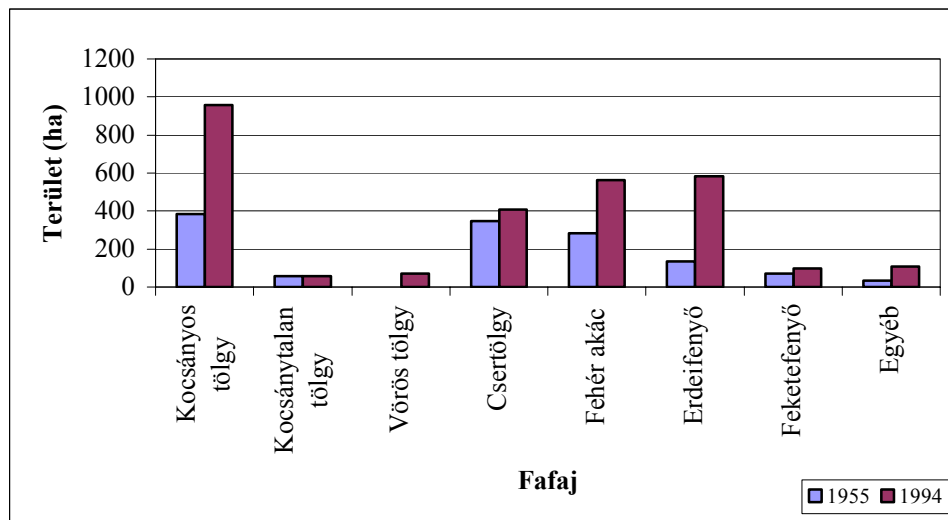
Az Iván községhez tartozó erdők területe 1994-re több mint kétszeresére 2843 ha-ra nőtt a telepítések hatására 1955-höz képest. A fafajszerkezetben is jelentős változások történtek, amelyet az 1. ábra mutat be (AESZ, 1994).

A nem őshonos fajok, kibővülve a vörös tölgygel az erdőterület majdnem 50%-át foglalják el. Ezen belül is az erdei fenyő részaránya nőtt meg a legjelentősebben, hisz megduplázta az általa elfoglalt területek arányát a vizsgált erdőkben. A betelepített faj részaránya csökkent, kivéve persze a vörös tölgyét, amely csak most jelent meg statisztikailag kimutatható mennyiségben. A fehér akác részarányának csökkenése minimális mértékű volt, míg a fekete fenyő aránya majdnem a felére zsugorodott.

A honos fajok szerkezete is átalakult. A kocsányos tölgy kismértékben növekedett, míg a kocsánytalan tölgy aránya felére csökkent. A legnagyobb mértékű csökkenés a

csertölgy esetében mutatkozik, aránya 12%-kal csökkent, a betelepített fafajok részaránya, elsősorban az erdei fenyő, terjeszkedett a csertölgy rovására.

A százalékos fafajszerkezet a nagyarányú telepítések miatt sok mindent elfed a változásokból. A fafajok által elfoglalt terület a 2. ábrán látható.



2. ábra: Különböző fafajok által elfoglalt terület Iván községhez tartozó erdőkben  
(MAGYAR, 1961 adatai alapján LÁSZLÓ, ÁESZ 1994)

A kocsányos tölgy 4%-os részarány növekedése a fafaj területfoglalásának két és félszeres növekedését takarja. A kocsánytalan tölgy területfoglalása gyakorlatilag változatlan maradt, de a telepítések miatti erdőterület növekedés következtében ez az arányának felére csökkenését eredményezte. Ma a vörös tölgy másfélszer akkora területet foglal el, mint a kocsánytalan tölgy. A csertölgy majdnem 20%-kal növelte a területét, de arányaiban visszaszorult ezzel a szerény növekedéssel. Az összes tölgyfélélt figyelembe véve azt tapasztaljuk, hogy bár területüket közel kétszeresére növelték, az arányuk majdnem 10%-ot csökkent. Ezzel ellentétes folyamat zajlott le az idegen fafajok körében, különösen az erdeifenyőnél, amely több mint négyszeresére növelte az általa elfoglalt terület nagyságát, ami a részarányának megkétszereződését jelentette. A feketeifenyő bár majdnem másfélszeresére nőtt a területfoglalása, arányaiban visszaszorulóban van. A fehér akácnak is csökkent a részaránya, pedig majdnem kétszer akkora területen található meg, mint 40 évvel ezelőtt. Összességében az előbb tárgyalt három fafaj több mint két és félszeresére növelte a területét, részarányuk mintegy 6%-kal növe, elérte a 43%-ot.

### 3. Anyag és módszertan

#### 3.1. A kísérleti területek elhelyezkedése

A kísérleti területek a TAEG RT Iváni erdészetének területén helyezkednek el, amely a Kisalföld erdőgazdasági tájcsoporthoz, Kemenesalja erdőgazdasági tájhoz, Kemenesi fennsík tájrészlethez tartozik. Az itt elhelyezkedő Rábántúli-kavicstakarón és a rátelepedett vékony lösztakarón alakult ki a vizsgálatom tárgyát képező cseri talaj. A kísérleti területek 4 tömbben helyezkednek el és mintegy 185,6 ha-t tesznek ki (1. táblázat).

Községhatár	Tag	Részlet	Terület	Szelvénytérkép
Dénesfa	7	E	7,4	4
Dénesfa	8	E	7,5	3
Dénesfa	9	A	8,5	2
Iván	31	E	4,0	1
Iván	32	D	2,9	1
Iván	32	G	7,1	3
Iván	39	D	6,7	2
Iván	39	E	5,2	3
Iván	63	A	3,5	1
Iván	63	I	4,3	1
Iván	64	D	3,9	1
Iván	69	E	9,3	3
Iván	69	H	1,0	1
Iván	71	A	3,9	2
Iván	71	B	2,6	1
Iván	71	C	6,7	3
Iván	71	D	2,8	2
Iván	71	F	5,1	2
Iván	71	H	2,6	1
Iván	72	A	5,3	2
Iván	72	B	1,3	1
Iván	72	C	3,8	2
Iván	72	E	14,8	5
Iván	72	F	2,2	1
Iván	72	G	1	1
Iván	72	H	4,5	2
Pusztacsalád	1	I	8,2	2
Pusztacsalád	5	A	14,8	2
Pusztacsalád	7	A	9,5	2
Pusztacsalád	10	D	8,3	2
Pusztacsalád	10	F	8,8	3
Pusztacsalád	10	G	8,3	2

1. táblázat: A kutatás során vizsgált erdőrésztelkek

## 3.2. Talaj- és ásványtani vizsgálatok

### 3.2.1. Talajvizsgálatok

A talajszelvények helyeit 1996-2000 között jelöltem ki, ügyelve arra, hogy egy-egy szelvény jól jellemezze az adott erdőrészletet vagy annak egy bizonyos részét. A kiásást követően helyszíni talajvizsgálatokat végeztem a talajszelvényekben, ennek keretében elkülönítettem a szinteket, leírtam az egyes szintek jellemző morfológiai jegyeit, majd pedig a laboratóriumi vizsgálatokhoz talajmintákat gyűjtöttem be.

A laboratóriumi vizsgálatokat - a pF mérés kivételével - a Nyugat-Magyarországi Egyetem NTI Termőhelyismeretani Tanszékének laboratóriumában végeztem el, a BELLÉR-VARJÚ (1986) és BÚZÁS (1988) által közölt módszerekkel valamint az alábbi szabványok szerint:

*pH (H<sub>2</sub>O)*: elektrometriásan, 1:2,5 talaj / folyadék arány mellett - MSZ-08-0206/2-1978,

*pH (KCl)*: elektrometriásan, 1:2,5 talaj / folyadék arány mellett - MSZ-08-0206/2-1978,

*y<sub>1</sub> - hidrolitos aciditás*: Ca-acetát oldattal készített kirázatból - MSZ-08-0206/2-1978,

*y<sub>2</sub> - kicserélődési aciditás*: KCl oldattal készített kirázatból - MSZ-08-0206/2-1978,

*Mechanikai összetétel*: a 2 mm-nél kisebb talajfrakció nemzetközi „A” eljárás szerint előkészítve, pipettás módszerrel - MSZ-08-0205-1978,

*hy%* - *Kuron-féle higroszkóposság*: - MSZ-08-0205-1978,

*H%* - *humusztartalom*: FAO módszer szerint,

*AL* - *könnyen oldható foszfortartalom*: ammonlaktát – ecetsav oldatos kirázatból kolorimetriásan – MSZ-08-0450/0456-1980,

*AL* - *könnyen oldható káliumtartalom*: ammonlaktát – ecetsav oldatos kirázatból lángfotometriásan – MSZ-08-0450/0456-1980,

*KCl - Ca, KCl-Mg könnyen oldható kalcium- és magnéziumtartalom*: káliumklorid - oldatos kirázatból, ICP-plazmaemissziós fotométerrel mérve – MSZ-08-0450/0456-1980,

*Talajok könnyen oldható nyomelemtartalma*: 0,05 m EDTA-val és 1 n KCl oldattal történő kirázatásból a Fe-, Mn-, Cu-, Zn-, B- és Mo nyomelemek ICP plazmaemissziós spektrofotometriás elemzéssel.

*A talaj összes szén, összes kén és összes nitrogéntartalma*: teljes eloxidálás után gázkromatográfiásan CNS elemanalizátorral.

A pF vizsgálatokat Vas Megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomás Talajvédelmi laboratóriuma végezte porózuslap módszerrel.

### 3.2.2. Ásványtani vizsgálat

A talajokat alkotó ásványok vizsgálatát 3 szelvény 8 mintáján a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mérnökgeológiai Tanszéki Csoportnál található műszerekkel KOCSÁNYINÉ KOPECSKÓ KATALIN végezte el, a kiértékelést DR. BIDLÓ GÁBOR és DR. BIDLÓ ANDRÁS segítségével készítettem el a derivatographos és a röntgendiffraktométeres felvételek alapján. A szelvényeket egy tömbből választottam ki, hogy a területek közötti különbségek ne zavarják a kiértékelést, ugyanis a mérések bonyolultsága és a magas költsége miatt a vizsgált minták száma alacsony volt. A vizsgálatba a következő talajtípusok kerültek bele 1 kavicsos vázta (2 minta), 1 podzolos barna erdőtalaj (4 minta) és 1 cseri talaj (2 minta).

#### Termoanalitikai vizsgálatok:

A termikus módszerek az ásványtani vizsgálatok fontos, de önmagukban rendszerint nem elégséges részei, amelyek az alapvető fontosságú röntgendiffrakciós vizsgálatokhoz nyújthatnak hasznos, más módszerekkel el nem érhető információkat. Alkalmazási területük súlyozottan a kolloid méretű ásványok, így a talajtan szempontjából legjelentősebb csoport, az agyagásványok vizsgálata. (BUZÁS, 1993)

Ez a vizsgálat arról ad felvilágosítást, hogy az egyenletesen felmelegített mintában mikor, milyen endoterm ill. exoterm reakciók zajlanak le. Az ásványok meghatározásánál, a termikus görbe kiértékelésekor a csúcsok hőmérsékleti értékeinek, a csúcsok nagyságának, és néha jellegzetes alakjának van szerepe (BUZÁS, 1993; BIDLÓ-BIDLÓ, 1995).

#### Termoanalitikai vizsgálatok végrehajtása:

Kis mennyiségű porított mintát kemencetérben, egyenletes sebességgel felfűtöttünk, miközben a műszer regisztrálja a mintában bekövetkező változásokat, hőreakciókat (Differenciál-termoanalízis – DTA görbe), tömegváltozásokat (Termogravimetria - TG görbe). Csak a termikusan aktív fázisok vizsgálhatók. A tömegváltozást szenvedő fázisok mennyiségileg is kimutathatók.

A mérések kiértékelését a Magyar Állami földtani Intézet által fejlesztett CLAY-TEXT szoftverrel végeztük (KOCSÁNYINÉ-BALÁZS 2001).

### Röntgendiffrakciós eljárás:

A minták ásványi összetételét röntgendiffrakciós vizsgálatokkal határoztuk meg. A szemcsenagyság meghatározására készült, calgon tartalmú, oldatból leiszapoltt finom frakciót (agyag+iszap) vizsgáltuk. A mintákban a calgonos iszapolás miatt a  $\text{CaCO}_3$  nem volt kimutatható. A két frakciót azért vontuk össze, mert korábbi vizsgálatok során az iszap frakcióban is találtak agyagásványokat (BIDLÓ 1991). A vizsgálat során a rácssíkokról visszaverődő röntgensugarak segítségével határozható meg a rácssíkok távolsága. A felfogott sugárzás intenzitását mérve kapjuk meg a csúcsok helyét, nagyságát.

### Röntgendiffrakció (porvizsgálati módszer) végrehajtása:

Meghatározott hullámhosszú röntgen-sugárzás és a porított minta kristályos fázisainak kölcsönhatása elhajlási (diffrakciós) és interferencia jelenséget hoz létre. Tiszta kristályos anyagok diffraktogramjaiból készült adatbázis lehetővé teszi többkomponensű minták kristályos fázisainak azonosítását. A minta amorf fázisai ezzel a módszerrel nem vizsgálhatók (KOCSÁNYINÉ-BALÁZS 2001).

A mérési adatok kezelése, kiértékelése a PHILIPS PC-APD (version 3.5.) szoftverének segítségével és a TOTAL Access DIFFRACTION DATABASE PDF – 2 8PLUS 42 adatbázis felhasználásával történt (KOCSÁNYINÉ-BALÁZS 2001).

### **3.3. Növényvizsgálatok**

A faállományokban végzett növényvizsgálatokhoz a kiválasztott talajszelvények mellől 10-10 faegyedről vettem fénylevél mintát. A mintavétel időpontja augusztus volt. A begyűjtött leveleket szárítószekrényben szárítottam, majd miután a fenyők esetében szétválogattam az egyéves és a többéves tűket, porrá őröltem őket. Az így előkészített alapanyagot használtam fel a továbbiakban a vizsgálatokhoz.

A nitrogén-tartalom meghatározást Kjeldahl-módszerrel végeztem.

A többi tápelem meghatározáshoz zárt teflon edényben nedves roncsolással ( $\text{HNO}_3$  és  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) feltárt mintát használtam.

A lángfotometriásan meghatározott káliumon kívül a többi elemet ICP-vel, plazmaemissziós spektrofotométerrel mértem meg.

A növényvizsgálatok kiértékeléséhez összesen 283 db növényminta átlagértéket használtam fel, egy-egy növényminta átlagérték több, egy fáról származó minta átlagolásából származik. Ebből 144 db átlagminta képviselte a vizsgált fenyőfajok tűit, amiből 120 db erdeifenyő, 22 db feketefenyő volt. A tölgymintából 139 db-ot mértem meg, ennek megoszlása a következő volt: 101 db csertölgy, és 38 db kocsányos tölgy.

A talajmeliorációs kísérlet során a minden mintaterületről négy átlagminta került begyűjtésre. Az átlagmintákat mindig a sorok közepéről gyűjtött fénylevelek jelentették, azzal a megkötéssel, hogy egy csemetéről maximum 3 levélmintát lehet venni.

A belső feldolgozás megegyezik az állományokból származó minták feldolgozásával. A mintavétel időpontja ebben az esetben is augusztus volt.

### 3.4. Talajmeliorációs kísérlet

A kísérlet helyszíne a Tanulmányi Erdőgazdaság Rt. Iváni Erdészetének Iván 72 A erdőrészlete volt, ahol több talajszelvénnel rendelkezem. Az 5,3 hektáros erdőrészletet meliorációs szempontok alapján 8 egyenlő részre osztottam fel (3. ábra). A kísérlet során a csertölgy (*Quercus cerris*) tápelemtartalmát vizsgáltam. A csemeték ültetése kézi ékásós módszerrel 180 cm-es sortávval és 55 cm-es tőtávval, hektáronkénti 10000 db-bal történt. Az ültetést követően a területet bekerítették, vadkárelhárítás céljából.

①	① ③	① ③ ④	① ④
②	② ③	② ③ ④	② ④

Jelmagyarázat: ①: tárcsázás; ②: tárcsázás és altalajlazítás; ③: műtrágyázás; ④: meszezés

3. ábra: A meliorációs kísérlet elrendezésének sematikus rajza

A melioráció keretében kétféle talajelőkészítési módszert alkalmaztam. A terület egyik felét tárcsáztattam, ami a szokásos felújítási eljárásnak felel meg. A másik felén a tárcsázás mellett altalajlazítást is végeztem.

Talajjavításként meszezést és műtrágyázást alkalmaztam. A már elvégzett vizsgálatok alapján (LÁSZLÓ, 1997) állapítottam meg a szükséges dózisokat a talajjavításhoz. A kijuttatandó mész hatóanyag mennyiségét a kicserélhető savanyúság alapján 3 t/ha-ban határoztam meg, a ténylegesen kijuttatandó mennyiség a felhasznált cukorgyári mézsiszap hatóanyagtartalmát figyelembe véve 5t/ha.

A kijuttatandó kombinált műtrágya (NPK 15-15-15) mennyisége 1t/ha volt.



### 3.5. Faállomány felvételek

Minden talajszelvény körül egy 17,84 m-es sugarú körben (0,01ha) teljes felvételezést végeztem (SZÉLESY, 2002). Ennek során megállapítottam minden körbe eső faegyed fajtát, mellmagassági átmérőjét, magasságát valamint egészségi állapotát.

Az így felvett adatokból a KIRÁLY-féle fakészlet függvény (SOPP – KOLOZSI, 2000) segítségével kiszámoltam minden egyes törzs térfogatát.

$$\text{KIRÁLY-féle képlet: } v=(p_1+p_2*d*h+p_3*d+p_4*h)*(h/(h-1,3))^k*d^2*h/10^8$$

ahol:  $v$ = fatérfogat  
 $d$ = mellmagassági átmérő  
 $h$ = magasság  
 $k, p_1, p_2, p_3, p_4$ = fafaj paraméterek

A törzsek fatérfogatának ismeretében kiszámoltam az egy hektárra eső fatérfogatot fafajonként, majd megállapítottam a fatérfogat arányos elegyarányt. A faterméstani kiértékelés során csak azokat az adatokat használtam fel az adott fafajnál, ahol annak elegyaránya meghaladta az 50%-ot. A hektáronkénti törzsszámot és a hektáronkénti fatérfogatot az elegyarányal korrigáltam.

A száradék és a különféle egészségügyi problémák jellemzésére megadott százalékos értékeket mindig az adott fafaj törzsszámához viszonyítva határoztam meg.

A fatermési osztályba sorolást a biológiai felsőmagasság alapján végeztem a SOPP (1974) munkája szerint, azoknál a fafajoknál, amelyeknek az elegyaránya meghaladta az 50%-ot.

### 3.6. A mezofauna vizsgálata

A vizsgált mezofauna zöme a talaj felső 10 cm rétegében él (TRASER, 1996; SZABÓ, 1992), ezért ezt a talajszintet mintáztam. 500 cm<sup>3</sup>-es mintákat vettem, amelyekhez hozzátartozott a rajta lévő avartakaró is. A mintákat speciális mintavevő lapát segítségével vettem, mivel a cseri talajok kavicsossága miatt a mintavevő hengereket nem lehetett használni. A talajmintákból az állatokat az ún. Balogh-Loksa-féle papírtölcséres futtató segítségével nyertem ki. Ez egy nagyméretű papírtölcsér, amelynek a felső részében egy 2 mm lyukbőségű szita található. Erre a szitára teríttem el a talajmintát az avarral együtt. A futtatás során a talajminta fentről lefelé kezd száradni, ennek következtében a talajállatok

lefelé a nedvesebb talajrészek felé vándorolnak, áthullva a szitán egy alkoholos fiolába jutnak, amelyben elpusztulnak. A talajmintákat a mintavétel után azonnal futtattam. Ennek a műveletnek az időtartama szobahőmérsékleten 2-3 hét. A fiolában összegyűlt állatokat tömény konyhasó oldatban tisztítottuk meg a talaj és egyéb szennyeződésektől, ugyanis az állatok könnyebb fajsúlyuk következtében az oldat tetején maradnak és egyszerűen leönthetők, míg a talajrészecskék leülepednek. Vízzel való átmosásuk után izopropil alkoholban tároltuk őket a feldolgozásig. Az állatokat határozás előtt tejsavval áttetszővé tettük, hogy a szükséges határozóbélyegek láthatóvá váljanak (SZEMEREYNÉ, 1999).

A feldolgozás során a válogatáshoz és a számláláshoz binokuláris mikroszkópot használtunk, a meghatározáshoz pedig kutatómikroszkópot. A határozás folyamán a tejsavban lévő állatokat 800-1000-szeres nagyításban vizsgáltuk. Csak a kifejlett egyedeket határoztuk meg. A talált fajok egyedszámát  $500\text{ cm}^3$ -re vonatkoztatva adom meg.

### **3.7. Statisztikai módszerek**

A vizsgálati eredmények statisztikai kiértékeléséhez az SPSS for Windows Release 9.0.0. Standard Version statisztikai programcsomagot, valamint MS Excel programot alkalmaztam.

#### **Regresszió**

A függő és a független változó közötti kapcsolatot regressziós egyenlettel fejezzük ki. Két változó közötti összefüggést leíró egyenletet kétváltozós regressziós egyenletnek nevezzük, a kettőnél több változó közötti összefüggést a többváltozós regressziós egyenlet adja meg. Ha regressziós egyenletbe behelyettesítjük a független változó értékét, kiszámíthatjuk a függő változó értékét. A regressziós kapcsolat vizsgálatához a biometriában a legkisebb négyzetek módszerén alapuló regresszióanalízist vagy erre épülő módszereket használunk (SVÁB 1973).

Munkám során a regresszió számításokat használtam a levelek tápelem tartalmi közötti, valamint a növényben található tápanyag mennyiség és a talaj felvehető tápelem tartalma közötti összefüggések vizsgálatára.

### **Diszkriminancia analízis (DA)**

A diszkriminancia analízis módszer célja csoportok szétválasztása több kvantitatív változó együttes figyelembevételére alapján. Megpróbálja a függő változók értékeit a független változók értékeivel magyarázni. Ebben nem csak az a cél, hogy a változók közötti összefüggést felfedezzük, hanem az is, hogy a függő változók ismeretlen értékeit a független változók értékei alapján előre megmondjuk.

Az egyes koefficiensek becslésére olyan módszer alkalmas, amely egyedi csoportokból indul és amelyeknél a függvényértékek, valamint az egyes csoportok között valamilyen kapcsolat valószínűleg fennáll. A diszkriminancia-függvény koefficienseit úgy határozzák meg, hogy a függvényértékek négyzetösszegének a csoportok között és a függvényértékek négyzetösszegének a csoporton belüli hányadosa maximális legyen. Ezzel a módszerrel a különböző csoportok függvényértékei a lehető legnagyobb különbségeket adják.

Egy jó diszkriminancia-függvény azzal jellemezhető, hogy az egyes csoportok függvény középvértékei jól elkülönülnek egymástól. Ez a megfontolás képezi az alapját az elemzés jóságának vizsgálatának. A diszkriminancia analízis jóságáról nyerhetünk képet akkor is, ha a diszkriminancia analízis által feltételezett csoport hovatartozást összehasonlítjuk a valóságos hovatartozással (BROSIUS – BROSIUS 1995).

Vizsgálataim során a diszkriminancia analízis felhasználási területe a növény tápelemtartalmak alapján történő termőhelymeghatározás volt, valamint a meliorációs módszerek hatékonyságának összehasonlítása.

### **Főkomponens analízis (PCA)**

A főkomponens analízissel az egyes változókat az egymás közötti korrelációjuk alapján csoportosíthatjuk. Így felismerhetők, hogy mely változók tartoznak össze, hány ilyen csoport van, és a csoporton belül milyen irányú és mennyire szoros a változók összefüggése. Választ azonban nemcsak változópáronként kaphatunk, hanem egyszerre áttekinthetjük az összes változó egymás közötti korrelációs rendszerét. A háttérváltozók a főkomponens analízis keretén belül a faktorok. A faktoranalízis célja tehát az, hogy a komplexitás magas fokát - amelyet a változók sokasága jelent - kezelhetővé és könnyebben értelmezhetővé tegye, és a változókat a lehető legkevesebb faktorral magyarázza. Általában sem a faktorok tulajdonsága, sem azok száma előre nem ismert. Egy jó és sikeres faktoranalízis azzal jellemezhető, hogy a mintában levő sok változót csak néhány faktor reprezentálja, ugyanis semmit nem nyernénk,

ha közel annyi faktorra lenne szükség, mint amennyi a változók száma, hogy az összefüggéseket jellemezhessük.

A faktoranalízis során valamennyi változónak kiszámítjuk a korrelációját. Azokat a változókat nem vesszük figyelembe, amelyeknek a többi változóval nagyon kicsi a korrelációjuk. Közös faktorok csak olyan változók számára léteznek, amelyek viszonylag jól korrelálnak egymással. Emellett több statisztikai mérőszám ad felvilágítást arról, hogy a feltételezett faktormodell alkalmas-e a változókat egyszerűbb módon reprezentálni.

Az egyes faktorok kiválasztását a sajátérték és a kommunalitás értékeivel végezhetjük el. A sajátérték azt mutatja, hogy az adott faktor a faktormodell összes változójának összes szórásához mennyiben járul hozzá. A kommunalitás pedig megadja, hogy egy változó szórásának hányad részéhez járul hozzá valamennyi faktor összevontan (BROSIOUS – BROSIOUS 1995).

Munkám során ezzel a módszerrel vizsgáltam az egyes tápelemek viselkedését a növényekben.

## 4. Eredmények, értékelés

### 4.1. Klíma

A klíma vizsgálatához összegyűjtöttem a rendelkezésre álló mérési adatokat.

A Kemenesalja erdőgazdasági táj klímája a kontinentális kisalföldi táj klímájához hasonló. Az évi középhőmérséklet  $10^{\circ}\text{C}$  feletti, a havi középhőmérséklet évi ingása  $21,5\text{-}22^{\circ}\text{C}$ . A  $+10^{\circ}\text{C}$ -ot meghaladó napok száma több mint 190, a nyári napoké 65, a hőségnapoké 15. A téli és zord napok száma is magas. Az évi csapadék mennyiség  $600\text{-}650\text{ mm}$  közötti, a csapadékeloszlást júliusi maximum és csapadékban szegény ősz jellemzi. Az uralkodó szélirány nyugati és északnyugati (DANSZKY, 1963).

A vizsgált terület a cseres- kocsánytalan tölgyes erdészeti klímaövből helyezkedik el (DANSZKY, 1963).

A vizsgált iváni erdőkre az alábbi klimatikus adatok jellemzőek az Agrotopográfiai térkép (MÉM OFTH, 1982) alapján:

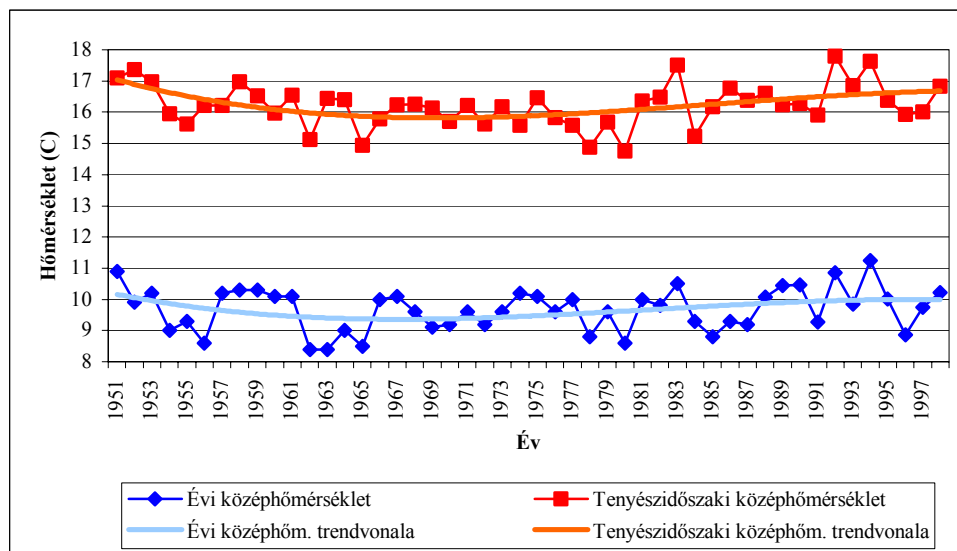
- Évi középhőmérséklet:  $9,5\text{-}10^{\circ}\text{C}$
- Évi átlagos legalacsonyabb hőmérséklet:  $-15\text{ - }-16^{\circ}\text{C}$
- Évi átlagos legmagasabb hőmérséklet:  $32^{\circ}\text{C}$ <
- Átlagos évi csapadék:  $700\text{ mm}$ >
- Hőségnapok száma:  $10$ <
- Fagyos napok száma:  $90$ <
- Első fagy átlagos napja: X. 20-25
- Utolsó fagy átlagos napja: IV. 10-15
- Leggyakoribb szélirány: északi

A terület közelében 4 meteorológiai állomás működött, a csapodi, kapuvári, sopronhorpácsi, és a lövői. Sajnos közülük ma már csak a sopronhorpácsi működik. A sopronhorpácsi állomásról az 1951-1998 közötti csapadék és hőmérséklet adatok, a kapuvári állomásról csapadékadatok 1951-1993 közötti, hőmérséklet adatok 1973-1993 közötti, csapodi és a lövői állomásról 1951-1987 közötti csapadék adatok állnak rendelkezésünkre (OMSZ 1951-1987, OMSZ 1988-1998). A múlt század közepétől egészen a hetvenes évek végéig, nyolcvanas évek elejéig Ivánban is mérték a csapadékmennyiségét, sajnos ezekből az

értékes adatokból csak néhány év adatsorát (1961-1964) sikerült felkutatni HALLER JÁNOS segítségével.

Az iváni területre legkevésbé jellemző sopronhorpácsi adatsor a legteljesebb, míg az iváni illetve a csapodi, lövői adatsorok rövid időszakra vonatkoznak, ráadásul csak csapadék adatokból állnak. Ezért a sopronhorpácsi adatokkal jellemzem elsősorban a vizsgálati területet.

A sopronhorpácsi állomáson mért évi középhőmérséklet alakulását vizsgálva azt tapasztaljuk, hogy az 1960-70 években jellemzően alacsonyabb volt középhőmérséklet, mint a nyolcvanas évek végén, és a kilencvenes években, ugyanez a tendencia figyelhető meg a tenyészidőszaki középhőmérséklet változásában (4. ábra).

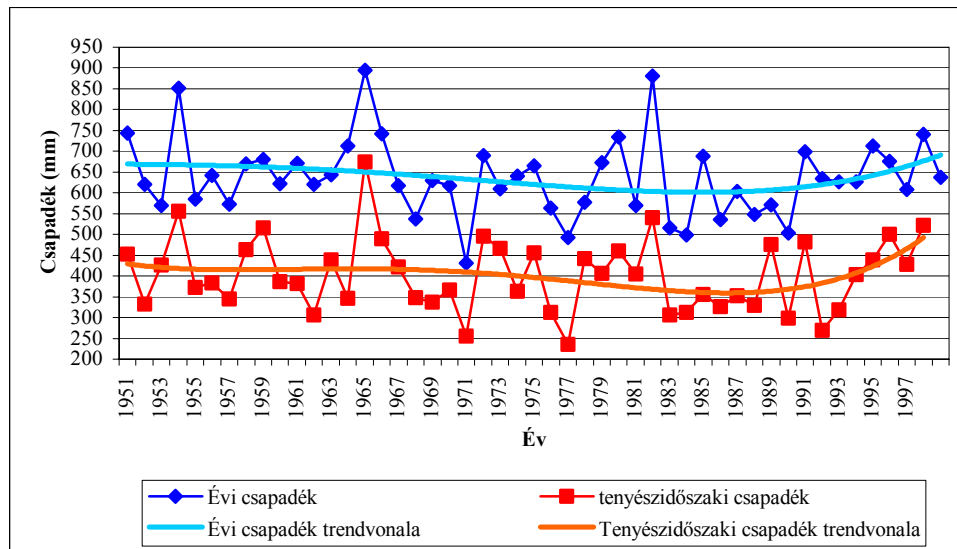


4. ábra: Az évi középhőmérséklet és a tenyészidőszaki középhőmérséklet változása Sopronhorpácson

A sokéves átlagnál (1951-1998) jelentősen alacsonyabb volt a középhőmérséklet a hatvanas években, míg a kilencvenes években jóval magasabb volt. A tenyészidőszaki középhőmérséklet esetében ez a hűvösebb időjárás elsősorban a hetvenes éveket jellemezte, de kilencvenes évekbeli felmelegedés ennél a jellemzőnél is jelentkezik.

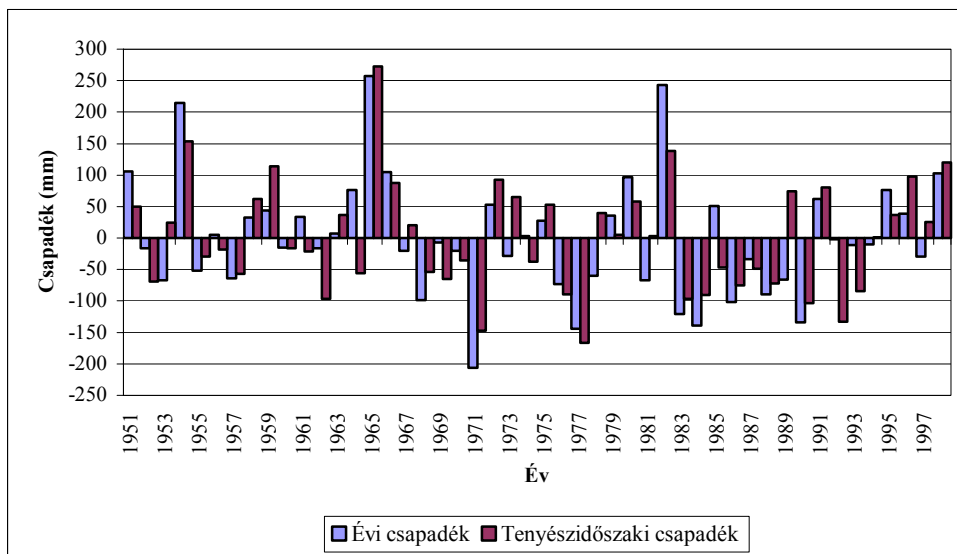
Az éves csapadék mennyiségben lassú csökkenés figyelhető meg. Ez a jelenség még kifejezettebb a tenyészidőszaki csapadék estén (5. ábra). A tenyészidőszaki csapadékcsökkenés különösen a nyolcvanas években jelentkezik, amihez a nyolcvanas évek végén egy tenyészidőszaki középhőmérséklet emelkedés is járul, vélhetőleg ezen időjárási anomáliák is hozzájárultak határteremőhelyeken álló erdőkben jelentkező erdőpusztulásokhoz.

A klíma melegedése és szárazodása kétségkívül romló életfeltételeket nyújt a hatvanas évek kedvező időjárási adottságait kihasználva telepített erdőknek.



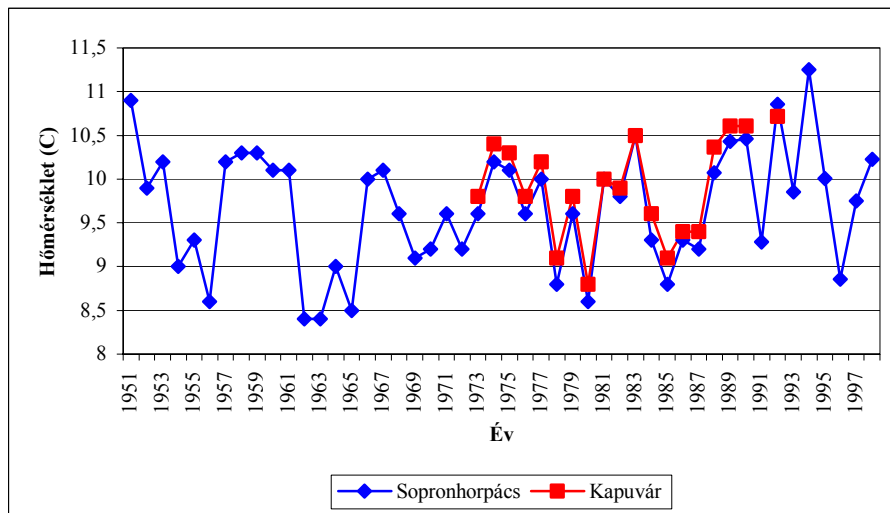
5. ábra: Az évi csapadék és a tenyészidőszaki csapadék mennyisége Sopronhórpácson

Az eltérés diagramot vizsgálva (6. ábra) szembetűnő a nyolcvanas években tapasztalható tartós 100 mm körüli évi csapadécsökkenés mind az átlagos csapadék, mind pedig a tenyészidőszaki csapadék esetében. Ez olyan mértékű vízhiány felhalmozódását jelentette, amelyet a határtermőhelyek erdőállományai nem minden esetben voltak képesek elviselni.

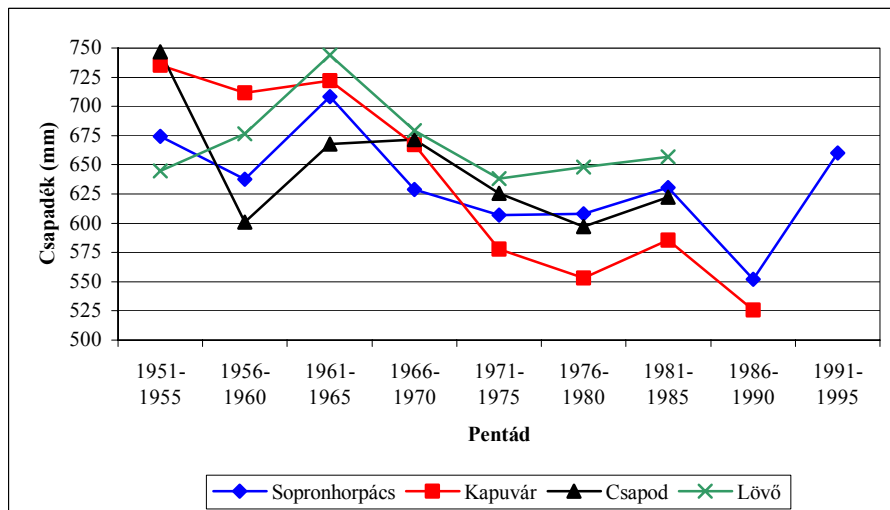


6. ábra: Az évi átlagos csapadéktól (1951-1998) illetve az átlagos tenyészidőszaki csapadéktól (1951-1998) való eltérés Sopronhórpácson.

A sopronhorpácsi és a kapuvári állomásokon mért évi középhőmérsékleteket valamint a tenyészidőszaki középhőmérsékleteket összehasonlítva azt tapasztaljuk, hogy a tendenciájukban nem térnek el, jól követik egymás változásait. A kapuvári állomáson az évi középhőmérsékletnél jellemzően 0,2-0,3 °C-kal magasabb hőmérsékletet mértek ebben az időszakban (7. ábra). Az eltérések a két állomás között a tenyészidőszaki középhőmérséklet esetében kisebbek, mint az évi középhőmérséklet esetében.



7. ábra: Az évi középhőmérséklet alakulása Sopronhorpács és Kapuvár állomásokon



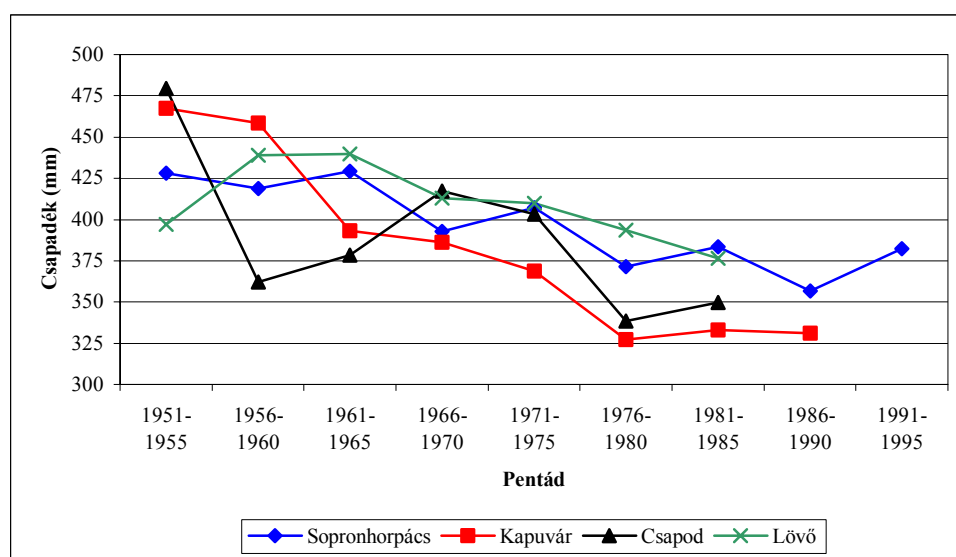
8. ábra: Az évi csapadék pentádonkénti átlaga a vizsgált területen

A pentádonkénti évi csapadékátlagok, a hatvanas évek második felétől mindegyik állomáson hasonló dinamikát követve csökkent (8. ábra). Ez a jelenség Kapuváron jelentkezett legjobban, ahol negyven év alatt közel 30%-kal kevesebb csapadékot észleltek,



mint a hatvanas években. Az 1971-1986-ig terjedő időszakban minden állomáson jelentősen kevesebb csapadékot hullott, mint az 1951-1970 közötti időszakban. A legkevesebb csapadékot az 1986-1990 közötti időszakban regisztrálták a még működő állomások.

A tenyészidőszaki csapadék csökkenése még jellemzőbb, mint az évi csapadéké (9. ábra). A csapodi állomáson mért hullámzó értékek kivételével a hatvanas évektől közel egyenletes csökkenés tapasztalható. A legnagyobb csökkenést ebben az esetben is a kapuvári adatok mutatják, ahol a hetvenes évek közepe óta közel állandó az alacsony tenyészidőszaki csapadék mennyisége. A csökkenés mértéke itt is közel 30%-os az ötvenes évekhez képest, hasonlóan az évi csapadékösszeghez, az azt jellemző hullámzások nélkül.



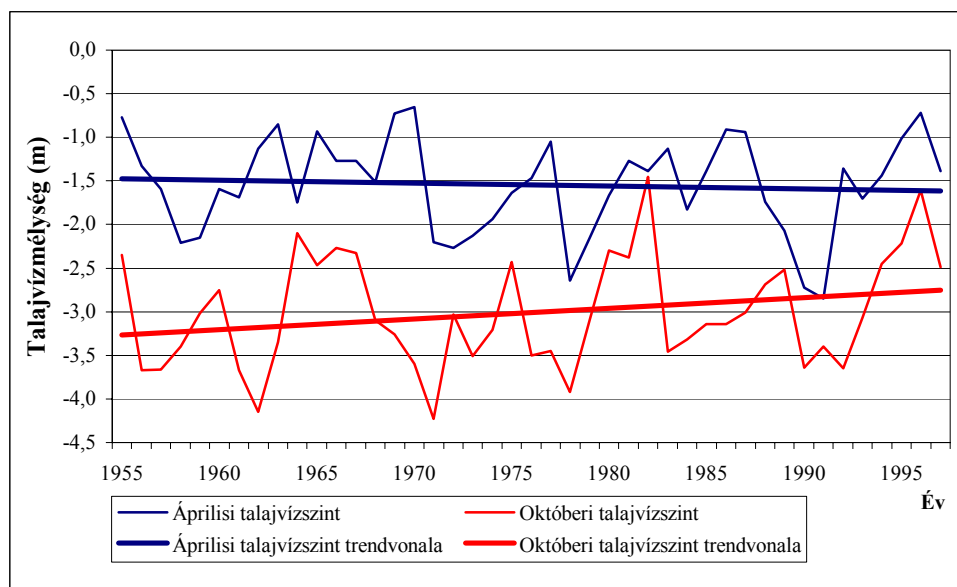
9. ábra: A tenyészidőszaki csapadék pentádonkénti átlaga a vizsgált területen

A vizsgált terület közelében található meteorológiai állomások adataiból kitűnik, hogy a 1950-évektől a nyolcvanas évekig, egy hűvösebb periódus jellemezte ezt a vidéket, amely a hatvanas évek végéig viszonylag magas csapadék mennyiséggel társult. Ezek a kedvező időjárású ötvenes-hatvanas évek jelentős mértékben elősegítették a cseri talajok eredményes beerdősítését. Az ezt követő időszakban különösen a nyolcvanas-kilencvenes években jelentkező tenyészidőszaki csapadék mennyiség csökkenés és középhőmérséklet emelkedés, viszont már nem kedveztek a gyengén cementált kavicsos vázталajokon és a sekély termőrétegű cseri talajokon az újabb erdőállományok létrehozásának, a meglévők fennmaradásának illetve felújításának. A meteorológiai adatokból kitűnik (9. ábra), hogy a vizsgálati területet legjobban jellemző kapuvári és a lövői állomáson mérték a legnagyobb csapadékcsökkenést, amely tenyészidőszakban meghaladta a 100 mm-t (30%). Ez figyelembe

véve a fent említett talajtípusokra jellemző alacsony víztartó képességet, néhány termőhelyen a gazdálkodási cél illetve az alkalmazható fajok újragondolását teszi szükségessé.

## 4.2. Hidrológia

A talajvíz mélység vizsgálatához a 1016-os számú röjtökmuzsaji talajvízkút adatait vettem alapul, ugyanis ez az iváni területhez legközelebbi működő kút (ÉDUVIZIG 2002). A talajfelszíntől mért áprilisi első és októberi utolsó talajvízmélység látható a 10. ábrán. Mindkét mérési sorozatra jellemző a ciklikusság, az áprilisi talajvízszint a legmélyebben 1990-1991-ben volt, míg az októberi legmagasabban 1983-ban és 1997-ben. Az adatsorra illesztett két trendvonal azt mutatja, hogy az áprilisi talajvízszint lassan süllyed, míg az októberi erősen emelkedik (10. ábra).

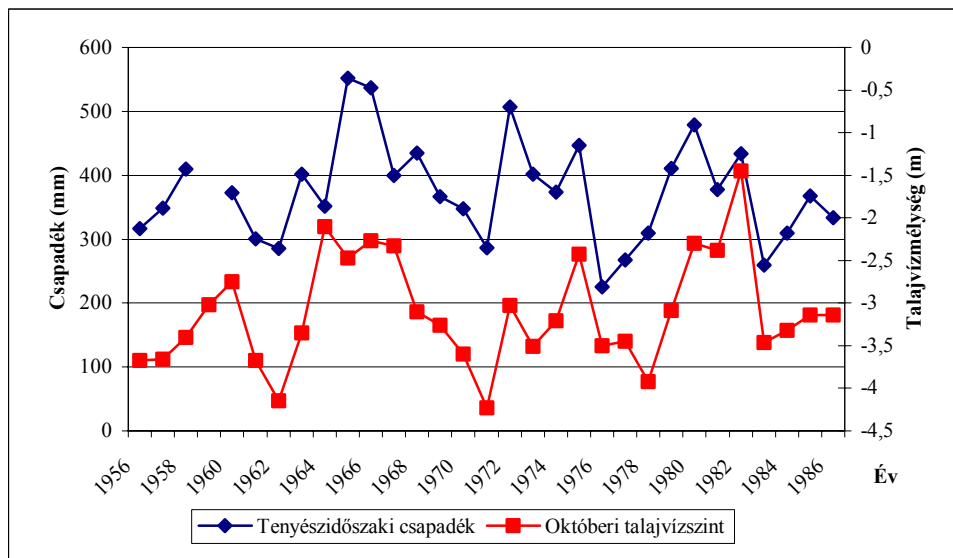


10. ábra: A röjtökmuzsaji talajvízkútban mért talajvízszint mélysége a talajfelszíntől

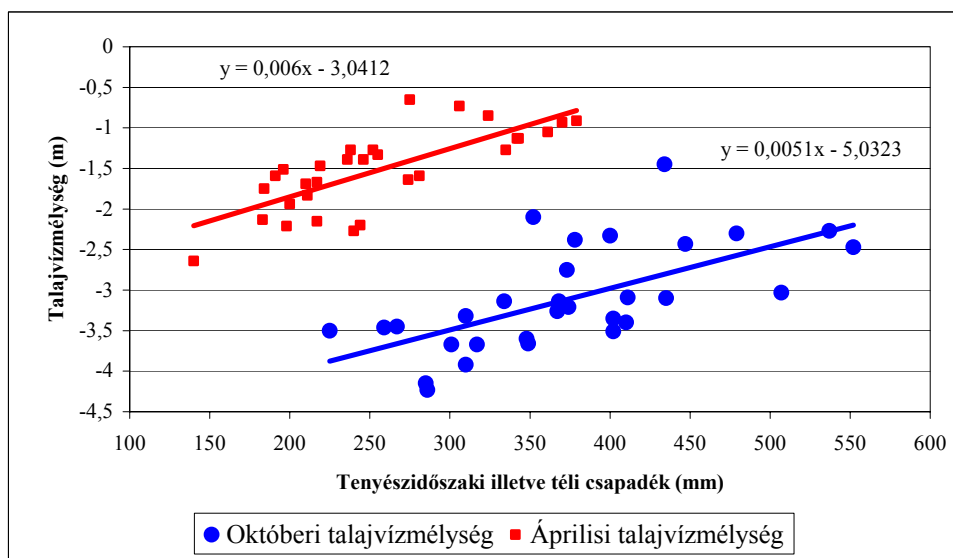
A sokéves átlag (1954-1997) alapján az áprilisi talajvízmélység 1,55 m-rel, az októberi 3,01 m-rel jellemezhető. A két talajvízszint közötti átlagos különbség 1,46 m, amely az utóbbi időszakban csökken.

Az 1990-es évek elején jelentkező nagy aszály következtében az áprilisi talajvízszint a növényzet számára elérhetetlen mélységbe süllyedt (2,5 m alá), ami vélhetőleg hozzájárult az ezekben az években tapasztalt erdőpusztulások kialakulásához.

A röjtökmuzsaji talajvízkút a vizsgált meteorológiai állomások közül a csapodival mutatta a legszorosabb kapcsolatot. A 11. ábrán megfigyelhető, hogy a csapodi meteorológiai állomáson mért tenyészidőszaki csapadék mennyiségének a változását a röjtökmuzsaji talajvízkútban mért októberi talajvízszint ingadozása jól követi. Hasonló jelenséget tapasztaltam az áprilisi talajvízszint és az azt megelőző téli félévi csapadék között.



11. ábra: A röjtökmuzsaji talajvízkútnál észlelt októberi talajvízmélység és a csapodi meteorológiai állomáson mért tenyészidőszaki csapadék



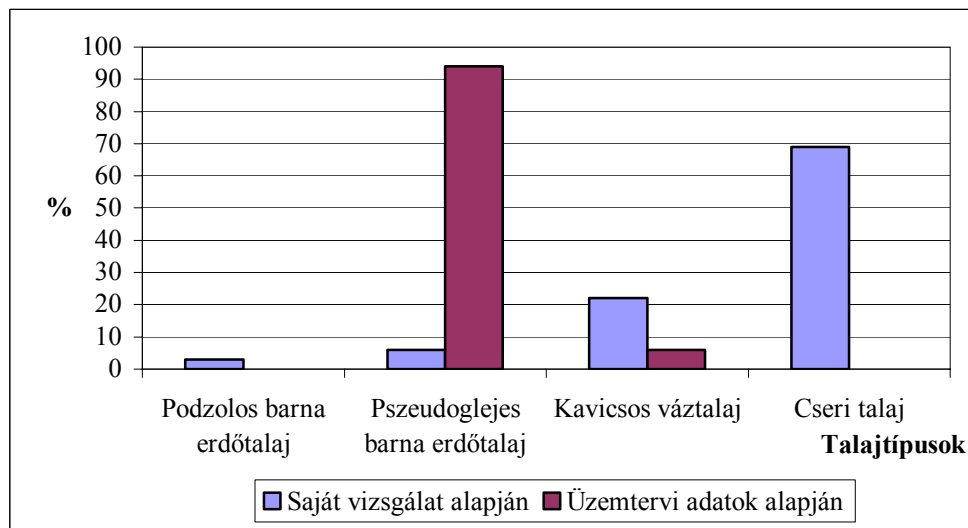
12. ábra: A röjtökmuzsaji talajvízkútnál észlelt áprilisi illetve októberi talajvízmélység és a csapodi meteorológiai állomáson mért téli illetve tenyészidőszaki csapadék közötti összefüggés

A tenyészedőségi csapadék és az októberi talajvízszint esetében a korreláció 0,64-nek adódott (12. ábra). Az áprilisi talajvízszint és az azt megelőző téli félév csapadéka között szorosabb kapcsolatot találtam (0,76), aminek vélhetőleg az az oka, hogy ebben az időszakban a hőmérséklet és a növényzet módosító hatása kisebb mértékben jelentkezik.

### 4.3. Genetikai talajtípusok

#### 4.3.1. A vizsgált területen található talajtípusok

Az üzemtervi adatok (AESZ 1994) szerint a vizsgált erőrészek területének 94 %-a a pszeudoglejes barna erdőtalajok közé tartozik, míg 6 %-a kavicsos vázталaj (13. ábra).



13. ábra: A talajtípusok megoszlása a vizsgált területen az üzemtervi adatok alapján

Saját vizsgálataim szerint ezen a területen négy talajtípust található meg a barna erdőtalajok főtypusból a podzolos barna erdőtalaj és a pszeudoglejes barna erdőtalaj, a közethatású talajok közül a cseri talaj és a vázталajok képviselőjében a kavicsos vázталaj. A barna erdőtalajok a területet borító talajtakarónak közel egytizedét (9 %) alkották (13. ábra). Ezen belül a pszeudoglejes barna erdőtalaj kétszer akkora arányban volt jelen (6 %), mint a podzolos barna erdőtalaj (3 %). A kavicsos vázталajnak bizonyult a vizsgált szelvények 22 százalékáa, a legnagyobb arányban a cseri talaj volt jelen a területen, amely több mint kétharmadát (69 %) alkotta az itt előforduló talajtípusoknak (13. ábra).

A vizsgálataim eredményét összevetve az ÁESZ adatokkal látható, hogy a cseri talajokat jellemzően a pszeudoglejes barna erdőtalajoknak sorolták be (az üzemtervezéskor még nem létezett hivatalosan a cseri talaj), elkülönítése nagyon fontos, hiszen talajjellemzői miatt termőképessége jóval gyengébb.

A legnagyobb területarányal rendelkező cseri talajon belül a pszeudoglejes cseri talaj volt a leggyakoribb altípus, amelynek részaránya majdnem kétharmad (61 %) volt a cseri talajon belül. A második leggyakoribb altípusnak a podzolos cseri talaj bizonyult közel egyharmados arányával (30 %), míg a legritkább altípus a vizsgált területen a rozsdabarna cseri talaj volt, mindössze 9 %-os előfordulási aránnyal (1.sz., 2.sz.,3.sz. melléklet).

A magyar erdészeti talajosztályozásba részben az én kutatásaim eredményeképpen bekerülő cseri talajt és altípusait jellemzem a továbbiakban.

#### **4.3.2. Cseri talajok kialakulása**

Elsősorban a Nyugat-Dunántúlon, az Ős-Rába és mellékfolyóinak savanyú, kavicsos, agyagos hordalékkúpjain létrejött talajokról van szó. Az ösfolyók elsősorban az Alpokból származó savanyú, kristályos kőzeteket terítették el és egy több száz kilométer hosszú, igen változó szélességű hordalékkúpot képezve. Ezek a hordalékkúpok képezik ma a cseri talajok alap, ill. ágyazati kőzeteit. Erre a pleisztocén hordaléokra rakódott a holocénban különböző vastagságú lösztakaró, amelyből a mai talajtakaró kialakult. Ez a takaró igen változatos, erősen mozaikos. Néhány tíz méteren belül igen jelentős különbségek lehetnek, amelyek természetesen megjelennek a talajok termékenységében is. Ezt az eredetet bizonyítják az elvégzett ásványtani vizsgálatok is, amelyek egyértelműen kimutatták az egyes szintek jelentősen eltérő ásványi összetételét, eredetét (lásd 4.3.7. ásványtani összetétel fejezet).

Az itt tapasztalható talajfejlődési folyamatok számos erdőtalaj talajképződési folyamataival megegyeznek, ezért a genetikai talajosztályozás nem tesz különbséget a klasszikus formában létrejött közép- és dél-európai barna erdőtalajok, valamint a cseri talajok között.

Az erdészeti gyakorlat számára azonban a jelenlegi földrajzi-, genetikai talajosztályozási rendszer nem elegendő, mivel nemcsak az egyes folyamatok megléte vagy nem léte, ill. azok erőssége a döntő, hanem inkább a kialakult talajok termékenysége, a rajta lévő természetes, vagy mesterségesen létrehozott erdőállományok növekedése és egészségi állapota. Ezért szükséges, hogy ezen talajtípust a barna erdőtalajokhoz hasonló talajképző folyamatai ellenére attól elkülönítsük.

## Talajképző folyamatok a cseri talajok esetén

- humuszosodás

A szerves anyag felhalmozódása a cseri talajokban inkább mérsékelt, melyben a növényi részek humuszosodása csak részben megy végbe, és nem alakulnak ki jellemzően az organominerális komplexek. Ez elsősorban a savanyú körülményeknek köszönhető. Kedvezőbb esetben a mullszerű mérsékelt, kedvezőtlenebb esetben, elsősorban túlevelűek alatt a nyerstőzagszerű mérsékelt kialakulása várható. A szerves anyag felhalmozódása erőteljesebb, mint a lebontás, ezért a feltalajon a szerves anyag felhalmozódása lesz a jellemző. A lebontás során gyakran képződnek erőteljes savas vegyületek, amelyek hozzájárulnak az intenzív kilúgozáshoz, agyagszéteséshez és savanyodáshoz.

- kilúgozás

A kilúgozás előfeltétele a kilúgozási vízháztartási típus, amely egyértelműen megállapítható a meteorológiai adatok feldolgozásával. A korábbi geológiai korok egyes időszakai ugyancsak jelentős mértékben lehetővé tették a kilúgozást, így ezek a folyamatok erőteljesen jelentkeznek a talajok tulajdonságainak kialakulásában.

- agyagásvány keletkezés

Egyes cseri talajok igen jelentős agyagtartalommal rendelkeznek, amelyek egy része természetes folyami hordalékként rakódott le, másrészt viszont a talajképződés során képződhetett. Mennyisége és szerepe a talajok fizikai összetételétől függ, milyen mértékben van jelen a keletkezett agyag. Az agyagásványok keletkezésének feltétele a primér szilikát ásványokban gazdag, valamint a kilúgozási vízháztartási típusú talaj. Hatására a primér szilikátokból tápanyag- és vízgazdálkodásban igen lényeges szerepet betöltő másodlagos szilikátok jönnek létre.

- agyagásvány elmozdulás

A keletkezett agyagásványok a vízháztartási típusnak megfelelően, a kilúgozás során elmozdulnak és a csapadékvízzel a mélyebb rétegek felé vándorolnak. Alkalmas közegben, ott, ahol az oldatok ismét bepárolódnak, ezek a részecskék is kicsapódnak és megjelenhetnek az egyes ásványi részecskék és szerkezeti elemek felületén. Ennek hatására, amennyiben az altalaj és feltalaj kezdeti anyaga megegyezett, kimutatható bizonyos mértékű textúrdifferenciálódás a szelvényben és ezzel jellemezhető az elmozdulás mértéke. A legtöbb cseri talajnál azonban igen nagy gondot okoz ezen folyamat objektív megítélése, mivel gyakran az altalaj és a feltalaj eltérő eredetű, és gyakran agyagos üledékek is előfordulnak a szelvényekben.

- agyagásvány szétesés

A klimatikus feltételek hatására nem csupán agyagásvány elmozdulás történhet a talajszelvényen belül, hanem azok szétesése is építőköveikre, így kovasavra, valamint vas-, és alumínium-oxihidroxidokra. Ezek eltérő tulajdonságukból eredően eltérő mértékben vándorolnak a mélyebb rétegekbe, így az egyes talajrétegek eltérő mértékben tartalmazzák az egyes összetevőket. Ezek mennyiségét és minőségét ásványtani vizsgálatokkal lehet meghatározni. Ennek a folyamatnak a következményeként az adott talajrétegben kisebb lesz az adszorpciós képesség, így romlik a víz- és tápanyagmegkötődés.

- savanyodás

A talajban lejátszódó folyamatok hatására nő a talajok savanyúsága. Ennek következtében csökken a bázistelítettség, a pufferanyagok kimerülésével a kémhatás, ami egyre kedvezőtlenebb talajfizikai és talajkémiai adottságokat eredményez.

- oxidáció-redukció

A cseri talajoknál számtalan esetben találkozhatunk az oxidáció-redukció folyamatai hatására kialakult márványozottsággal. Akár geológiai adottság, akár a talajfejlődés hatására alakultak ki az oxidációt és redukciót jellemzővé tevő folyamatok, kiváltó okként mindig a talajok gyenge vízáteresztő képessége szerepel. Ennek hatására a területre kerülő víz egy része pangóvízzé válik és a talajokra a változó vízgazdálkodási kategória lesz a jellemző.

#### 4.3.3. A cseri talajok erdészeti osztályozása, besorolása

- talaj főtypus : közethatású talajok
  - o talaj típus : cseri talajok
    - altípus : rozsdabarna cseri talaj
    - : pszeudoglejes cseri talaj
    - : podzolos cseri talaj

A kutatásaim eredményeképpen a fenti besorolással került be a cseri talaj és az altípusai az új Erdőtervezési útmutató kódjegyzékeibe és mellékleteiben (AESZ, 2001). Ezt jelentős előrelépésként értékelhetjük nemcsak talajtani szempontból, hanem gazdálkodói illetve felügyeleti részről is, hiszen így a jellegzetes tulajdonságaiból fakadó problémák kezelésének jogszabályi és szakmai feltételei teremtődtek meg.

#### 4.3.4. A cseri talajok morfológiai jellemzése

rozsdabarna cseri talaj



pseudoglejes cseri talaj



podzolos cseri talaj



##### 4.3.4.1. A rozsdabarna cseri talajok morfológiai leírása

A rozsdabarna cseri talajokra jellemző a három szint megjelenése. A felső humuszos A-szint általában barna színű, humuszos, homokos vagy gyengén morzsás ill. szemcsés szerkezetű, homok illetve homokos vályog fizikai féleségű szint. A talajok fejlettségi fokától függően az átmenet lehet határozott vagy fokozatos, ami akár egy AB-átmeneti szintet is alkothat.

A B-szint a rozsdabarna erdőtalajoknál ismert módon alakul ki, jellemzően sárgászöröses, vöröses színű. A primer szilikátok mállásából származó vas-vegyületek már igen kis koncentrációban is színezik a talajt, ezért az alapközethez képest vörösebb a talaj színe. Igen változatos formában jelenhet meg a B-szint, a gyengén fejlettől, a jól kifejlett, szerkezetes B-szintig. Ez lehet összetapadt homokos, szemcsés vagy diós szerkezet egyaránt. Az agyag elmozdulásával a repedések és gyökérjáratok mentén jellemző agyaghártya jön létre, amely bevonja a szerkezeti elemeket. Ebben az esetben az A-szint is differenciálódik egy humuszfelhalmozódási A<sub>1</sub>-szintre és egy kilúgozási A<sub>3</sub>-szintre. Ez megfelel a barna erdőtalajok esetén az agyagbemosódásos rozsdabarna erdőtalajoknak.

A kavicsos kőzet, amennyiben azonos körülmények között és ugyanazon időben keletkezett, mint a feltalaj, C-szintként, annak is „k”-val, mint „kavics”-csal jelzettjeként



értelmezhető. Amennyiben eltér a feltalaj és az altalaj eredete, úgy D-szintként, ágyazati szintként kezeljük az alatta fekvő szinteket. Előfordulhat, hogy a B-szint hiányzik vagy csak igen gyengén fejlett (a B-szint zárójelbe kerül).

*Vízgazdálkodásukra* jellemző, hogy a homokos feltalaj a vizet gyorsan áttereszti, azonban kevésbé képes mindazt megtartani. Vízvisszaduzzasztó réteg kialakulása csak az agyaggal cementált kavicsos rétegek, vagy eleve agyagos üledékek esetén lehetséges, ezért a hidrológiai besorolásuk leggyakrabban többletvízhatástól független, esetleg változó vízű.

*Tápanyaggazdálkodásuk*, mint általában valamennyi cseri talaj esetén gyenge: egyrészt kevés a rendelkezésre álló tápanyag, másrészt azok felvehetősége is korlátozott. Elsősorban a savanyú körülmények miatt nehezen felvehető foszfor, cink, bór stb. elemek felvételi nehézségeivel kell számolni. Elégtelen a nitrogén mineralizációja is, ezért nitrogénhiány is felléphet.

#### **4.3.4.2. A pszeudoglejes cseri talajok morfológiai leírása**

A pszeudoglejes cseri talajok igen változatos megjelenésűek. A felső humuszos A-szint általában barna, szürkésbarna ill. barnásszürke színű, humuszos, homokos vagy gyengén morzsás ill. szemcsés szerkezetű, homokos vályog, vályog vagy agyagos vályog fizikai féleségű szint. Szerkezetük leggyakrabban poliéderes vagy szemcsés. Az átmenet az alatta található szintbe lehet fokozatos vagy határozott. Előfordul, hogy az agyagos ill. erősen tömött, a felszínhez igen közel elhelyezkedő talajrétegek következtében a pszeudoglejre jellemző márványozottság és oxidációs-redukációs folyamatok megjelenése már az A-szintben igen intenzív. Ebben az esetben gyakran nem is találunk további talajfejlődésre utaló szintezettséget, a talajok két szintesek, jellemzően AC-szintes talajok.

Amennyiben az pszeudoglejességet létrehozó rétegek mélyebben (60-80 cm) helyezkednek el, lehetőség van a többszintes talajok kialakulására. Így a talajképződésben szerepet játszanak a kilúgozási, agyagosodási, agyagvándorlási, esetlegesen agyagszétesési folyamatok is. Ebben az esetben típusos B-szintek, ún. felhalmozódási vagy agyagosodási szintek jönnek létre, amelyek ugyancsak vályog, agyagos vályog vagy agyag fizikai féleségűek. Ezek már jelentős mértékben képesek a talaj vízáteresztő képességét csökkenteni, kialakítván a pszeudoglejes szinteket.

*Vízgazdálkodásukra* jellemző, hogy a vályogos ill. agyagos feltalaj a vizet nem vagy csak igen gyengén képes áteresztetni, ezért gyakran keletkeznek a talajban levegőtlen részek, ahol a redukív, kétértékű vas jelenik meg. Létrejönnek a tipikus változó vizek. A téli hóolvadás után valamint összefutó felületi vizek hatására a talaj felső szintje vízkapacitásig, sőt azon felül is igen gyorsan telítődik. Ennek következtében már a feltalajban is jelentős a rozsdafoltosság, valamint a márványozottság. Gyakori ezeken a területeken a vízrendezés és a csatornázás.

*Tápanyaggazdálkodásuk*, mint általában valamennyi cseri talaj esetén gyenge: egyrészt kevés a rendelkezésre álló tápanyag, másrészt azok felvehetősége is korlátozott. Elsősorban a savanyú körülmények miatt nehezen felvehető foszfor, cink, bór stb. elemek felvételi nehézségeivel kell számolni. Elégtelen a nitrogén mineralizációja is, ezért nitrogénhiány is felléphet. A víztelítettség tovább csökkenti a mineralizációs folyamatok sebességét, aminek következtében nem csak a makroelemek, hanem valamennyi tápanyag felvehetősége jelentősen leromlik.

#### **4.3.4.3. A podzolos cseri talajok morfológiai leírása**

A podzolos cseri talajok A-B-C ill. A-B-D-szintre tagozódott, az erdőtalajokhoz hasonló szintezettségű talajok. A felső humuszos A-szint általában szürkésbarna ill. barnásszürke színű, humuszos, homokos vagy gyengén morzsás ill. szemcsés szerkezetű, homok vagy homokos vályog fizikai féleségű szint. Vastagsága 5-20 cm, amely fokozatos vagy határozott átmenettel kapcsolódik az alatta található A<sub>2</sub>-szintbe. Ez a szint tipikus podzolos szint, a színe egérszürke színű kissé lilás árnyalattal, homok, homokos vályog fizikai féleség, valamint poros szerkezet lesz a jellemző. Ebben a szintben az agyagásványok jelentős része elmállott, majd a mélyebb szintekbe vándorolt, aminek következtében a kovasavban gazdag, kis adszorpciós képességű és igen gyenge tápanyag-szolgáltatással jellemezhető szint marad vissza. Az A<sub>2</sub>-szint átmenete a B-szint felé határozott vagy éles.

A B-szint megjelenése elsősorban a kavicsos vagy agyagos réteg mélységbeli helyzetétől függ, így kialakulhatnak a tipikus B-szintek, humuszos vagy vas-, alumínium-oxidhidroxidokban gazdag szintjei, de részben hiányozhatnak is, ill. összemosódhatnak az üledékben található redukció következtében márványozottá váló agyagos részekkel.

*Vízgazdálkodásukra* jellemző, hogy a homokos feltalaj a vizet gyorsan átveszi, víztartó képessége alacsony. Vízvisszaduzzasztó réteg kialakulása csak az agyaggal cementált kavicsos rétegek, vagy eleve agyagos üledékek esetén lehetséges, ezért a hidrológiai besorolásuk leggyakrabban többletvízhatástól független, esetleg változó vizű.

*Tápanyaggazdálkodásuk*, mint általában valamennyi cseri talaj esetén szerény. Egyrészt kevés a rendelkezésre álló tápanyag, másrészt azok felvehetősége is gyenge. A podzolosodás tovább rontja a tápanyagfelvétel lehetőségét. Továbbra is nehezen felvehető foszfor, cink, bór stb. A nitrogén mineralizációja az altípusok közül a leggyengébb. A podzolosodás következtében tovább csökken a feltalaj tápanyag-szolgáltató képessége, ami a mérsékelt ill. gyenge tápanyag-ellátottságot eredményezi.

#### **4.3.4.4. A cseri talajok fizikai és kémiai jellemzése laboratóriumi vizsgálatok alapján**

A laboratóriumi eredmények alapján a vizsgált területek cseri talajairól a következők állapíthatók meg:

A talajok kémhatása savanyú. A pH-értékek általában a felső szintben a legalacsonyabbak, majd a mélységgel lefelé haladva növekszenek. A három cseri talaj közül a rozsdabarna cseri talaj pH-ja bizonyult a legalacsonyabbnak (4,7; 5,1; 5,2) ezt követte a pszeudoglejes cseri talaj (4,8; 5,3; 5,5), majd pedig a podzolos cseri talaj (5,0; 5,5; 5,9). A KCl-os értékek jellemzően több mint egy egységgel alacsonyabbak a vizes pH-nál, amivel jelentős potenciális savanyúságot mutatnak (2 sz. táblázat). A viszonylag nagy aktív savanyúság mellett a hidrolitos és a kicserélődési savanyúság értékei a rozsdabarna cseri talajnál legmagasabb a területen talált cseri talajok között ( $y_1=9,5-14,8$ ;  $y_2=3,8-6,7$ ), míg a legalacsonyabb értékeket a podzolos cseri talajnál tapasztaltuk ( $y_1=4,7-10,8$ ;  $y_2=1,7-3,8$ ). Gyakorlatilag a savanyúságbeli értékekben nincs jelentős különbség az egyes altípusok között.

A vázartalom az A-szintben mindhárom esetben átlagosan 5-10%, B szintben 50-54% a C-szint esetében a rozsdabarna cseri talaj kivételével, ahol 22% volt a vázartalom, jellemzően 50% körüli.

A fizikai talajféleség a mechanikai összetétel alapján homokos vályog, vályog volt mindhárom altípus esetében. Az agyagtartalom 10-30 % körüli. A kavicsos rétegben ott, ahol a vázrész aránya igen magas, az azokat cementáló anyag agyagtartalma 20 % vagy e fölötti.

Az alsóbb szinteken viszont a durva homok túlsúlya a jellemző (2. sz. táblázat). A cementálódott kavicsréteg miatt alakult ki a cseri talajok jellegzetes változó vízgazdálkodása. Erre jellemző, hogy a cementált kavicsréteg a csapadékos időszakokban visszaduzzasztja a vizet, így időszakosan jelentős víztöbbletet kénytelenek elviselni a növények, míg a száraz időszakban a csontkeménnyé váló földben ez a réteg megakadályozza a mélyebben lévő vízkészletek hasznosítását. Jellegzetes kép erre a vízgazdálkodási kategóriára, hogy tavasszal vízállásokkal tarkított a terület, míg nyáron víznek nyoma sincs, a felszín száraz repedezett.

Talajtípus / szint	váz	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	y1	y2	hy	Dh	Fh	I	A	humusz	AL-P	AL-K
	%					%	%	%	%	%	%	mg/100g	mg/100g
<b>RBCSR</b>													
1	7	4,7	3,9	13,9	6,7	0,8	29	43	18	10	1,4	0,5	3,5
2	52	5,1	3,8	9,5	4,4	1,5	44	23	8	25	0,5	1,1	6,3
3	22	5,2	3,8	14,8	3,8	-	36	25	10	29	-	-	-
<b>PCSR</b>													
1	10	5,0	4,0	10,8	3,8	0,7	32	32	24	12	1,8	1,9	6,2
2	51	5,5	4,3	7,4	1,7	1,5	40	26	14	20	1,5	2,5	8,9
3	50	5,9	4,6	4,7	2,0	0,9	55	24	6	15	-	-	-
<b>PGCSR</b>													
1	5	4,8	4,0	15,1	5,1	0,2	28	38	19	15	2,0	0,8	5,3
2	54	5,3	4,1	9,5	3,8	0,4	42	27	11	20	0,8	1,3	5,9
3	46	5,5	4,2	7,6	3,6	0,1	56	18	5	21	-	-	-

Jelmagyarázat: RBCSR Rozsdabarna cseri talaj (n=4)  
 PCSR Podzolos cseri talaj (n=13)  
 PGCSR Pseudoglejes cseri talaj (n=27)

## 2. sz. táblázat: Cseri talaj laboratóriumi vizsgálatának átlageredményei

Ezekben a talajokban a szerves anyagtartalom igen kicsi, a feltalaj gyengén humuszos mind a rozsdabarna cseri talaj esetében (1,4%), mind pedig a podzolos illetve a pszeudoglejes cseri talaj esetében (2,0%). A humusz mennyisége az A-szint alatt gyakorlatilag már elhanyagolható a podzolos cseri talaj kivételével, ahol a második szintnek a humusztartalma eléri az 1,5%-ot. A nitrogén mellett ugyancsak nagyon alacsony a könnyen felvehető foszfor mennyisége is, különösen a rozsdabarna cseri talaj esetében, ahol az AL-foszfor alig éri el a feltalajban az 0,5 mg/100g-ot, de a pszeudoglejes cseri talajnál talált 0,8 mg/100g és a podzolos cseri talajban észlelt 2 mg/100g alapján kijelenthetjük, hogy ezeknél a talajtípusoknál jelentős foszforhiánnyal kell számolnunk. Ezt jelzi a fajokban talált alacsony foszfortartalom is. Mezőgazdálkodási szempontból ezen talajok foszfátszolgáltató képessége

igen alacsony, mivel nem éri el a 3 mg/100 g-ot (STEFANOVITS, 1992). A könnyen felvehető káliumtartalom alapján a kálium-ellátottság is igen gyenge mindhárom a rozsdabarna cseri talajnál (3,5 mg/100g), pszeudogejes cseri talajnál (5,3 mg/100g) és a podzolos cseri talajnál (6 mg/100g) (STEFANOVITS, 1992). A B-szintek esetében kedvezőbb az ellátottság ezekből az elemekből, itt az AL-foszfor 1,1 - 2,5 mg/100g, az AL-kálium pedig 5,9-6,3 mg/100g (2. sz. táblázat).

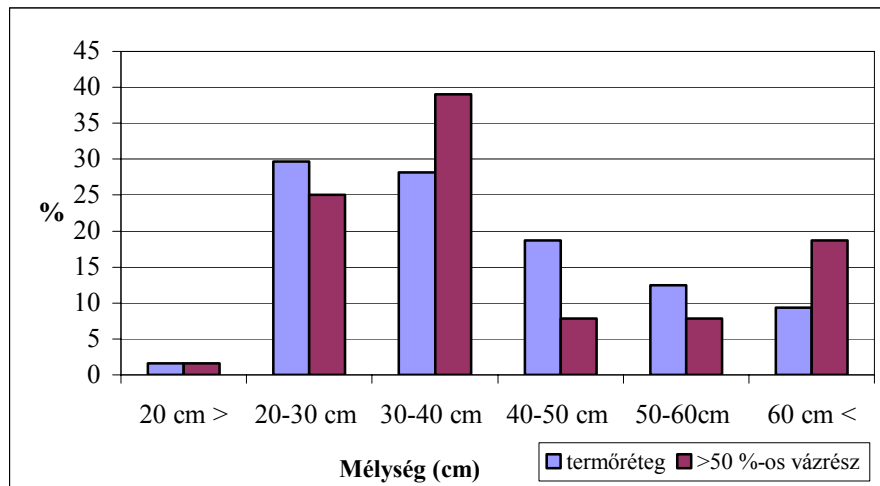
#### **4.3.5. A termőréteg vastagság**

Az iváni térségben végzett termőhelyfeltárások eredményeképpen megállapíthatjuk, hogy az itt található talajok döntő hányada a sekély (40-60 cm) és az igen sekély (0-40 cm) termőrétegű talajok közé tartozik. E két kategóriába tartozott a megvizsgált összes talajtípus több mint 90%-a, ebből az igen sekélybe közel 60% tartozott. A területen előforduló barna erdőtalajok tartoztak jellemzően a közel 10%-ot kitevő közép mély ill. ennél mélyebb kategóriába. A talajok termőréteg mélységének a megoszlása a 14. ábrán látható. Ha csak a cseri talajokat vizsgáljuk, akkor azt tapasztaljuk, hogy majdnem mindegyik a sekély illetve az igen sekély kategóriába tartozik, az igen sekély kategória aránya ebben az esetben majdnem 55 %.

Az altípusok között az átlagos termőréteg mélységében nem találtunk jelentős különbséget (átlagosan 40 cm), egyedül a rozsdabarna cseri talaj volt valamivel sekélyebb, mint a többi.

A termőréteg mélységét minőségét legjobban korlátozó tényező a térségben a kavics, ezért megvizsgáltam, hogy a talajszelvényekben milyen mélyen helyezkedik el az a szint, amely már jelentősen korlátozza a növények életlehetőségeit, illetve a talajfejlődést speciális irányba kényszeríti. Ez MAGYAR (1962/2, 1963) vizsgálatai szerint az a szint, ahol a váztartalom már meghaladja a 40 %-ot, ezért az 50 %-os kavicsstartalmat vettem választóvonalnak.

Egy olyan szelvény akadt a vizsgált területen, amelynél már a legfelső szintben is több volt a váztartalom a határértéknek választottnál. A legnagyobb csoportok a következők voltak: 20-30 cm között 25%, 30-40 cm között 38%, 60 cm-nél mélyebben az esetek 19%-ában helyezkedett el ez a réteg. Látható, hogy a talajoknak majdnem kétharmadánál (64%) ez a nagyon magas vázaránnyal rendelkező réteg 20-40 cm között jelenik meg. A részletes megoszlás a 14. ábrán látható.



14. ábra: A termőréteg mélységének és az >50%-os vázrész réteg megjelenési mélységének százalékos megoszlása a vizsgált területen

A cseri talajoknál ez a kavicsos szint az esetek több mint felében a 30-40 cm-es mélységben helyezkedik el, míg 60 cm-nél mélyebben fekvő vázgazdag szint e talajtípusok közel egyötödét jellemzi.

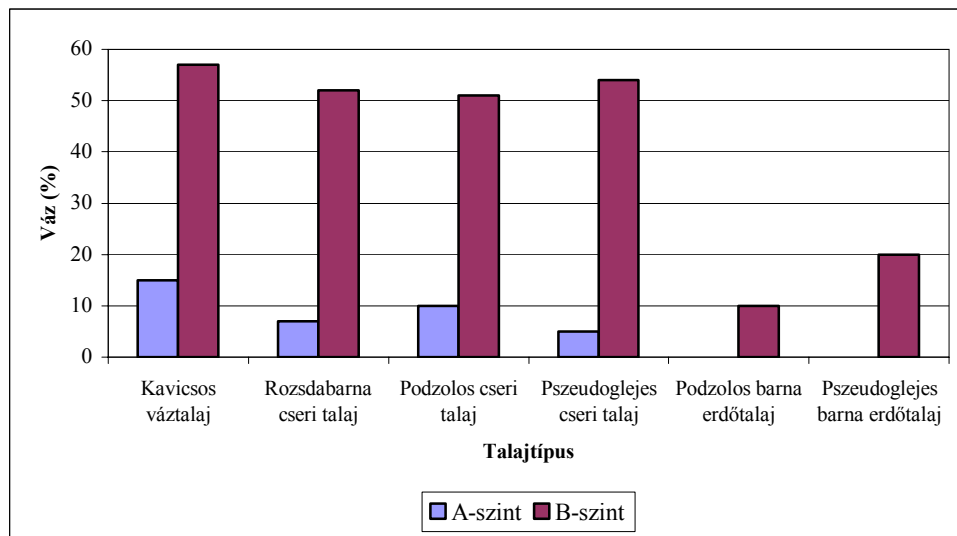
Az altípusok esetében jelentős különbség mutatkozott e tekintetben. A podzolos cseri talajnál és a pszeudoglejes cseri talajnál közel 10 cm-rel mélyebben helyezkedett el átlagosan ez a vázgazdag szint (40-43 cm), mint a rozsdabarna cseri talaj esetében (31 cm-nél). Ennek feltételezhetően az oka, hogy az utóbbi altípusra jellemző homokos szövet miatt érzékenyebb az erózióra, mint a többi altípus. Az erózió elsősorban a mezőgazdasági művelés hatására jelentkezett ezen a területen.

#### 4.3.6. Mechanikai összetétel és a fizikai talajféleség

A vizsgált területen előforduló talajtípusok átlagos vázrész tartalma az A illetve a B szintben a 15. ábrán látható.

A barna erdőtalajok A-szintjében nincs vázrész tartalom, és a B-szint vázrész tartalma is alacsony a többi talajtípushoz képest. Valószínűleg épp ez a körülmény tette lehetővé, hogy ott barna erdőtalajok alakuljanak ki, a viszonylag kevés váz nem akadályozta a talajfejlődést és így a kedvezőbb talajszerkezet, jobb tápanyag-, levegő- és vízgazdálkodású talajok jöttek létre. A vízzáró réteg kialakulását a pszeudoglejes barna erdőtalajban elősegíti az a körülmény, hogy a B szintjének vázrész tartalma kétszer akkora, mint a podzolos barna erdőtalajé.

A legnagyobb váztartalommal mind az A-szintben, mind pedig a B szintben a kavicsos váztalajok rendelkeztek a vizsgált területen. A B-szint magas váztartalma (több, mint 50%) jelzi, hogy ezek a talajok sekélyek és hogy továbbfejlődésük korlátokba ütközik. A sekélységük folytán a tápanyag-, víz, levegőgazdálkodásuk is kedvezőtlen. E mostoha termőhelyi tényezők miatt ezeken a talajokon csak kevés növényfaj találja meg életfeltételeit.



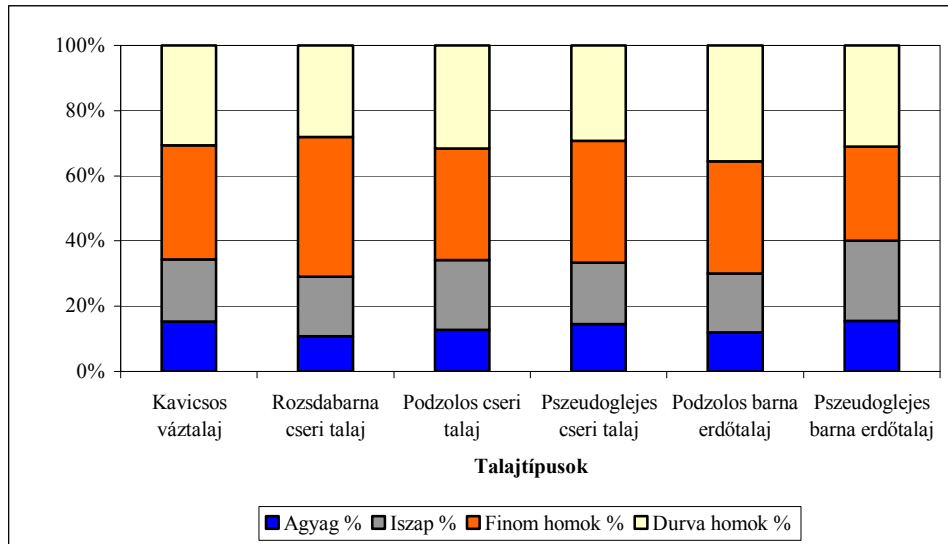
15. ábra: Az átlagos váztartalom szintenként, a különböző talajtípusokban

Az A-szintben cseri talajok közül a legkisebb váztartalommal a pseudoglejes cseri talaj, míg a legnagyobbal a podzolos cseri talaj rendelkezik. Az utóbbiban közel kétszer akkora a váz aránya, mint a másik kettőben.

A B-szintben a cseri talajok között lényeges különbség nem tapasztalható váztartalom szempontjából. A B-szint alatti szint váztartalma a vizsgálatok szerint (2. sz. táblázat) a rozsdabarna cseri talaj esetében jelentősen csökken, míg a másik két cseri talajnál gyakorlatilag változatlan nagyságú.

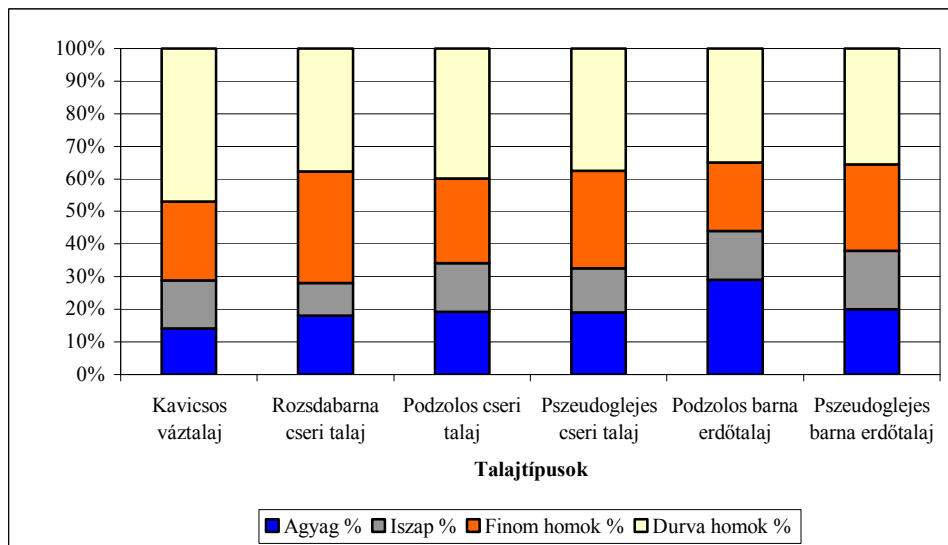
A talajtípusonkénti átlagos finomföld mechanikai összetételt vizsgálva az A-szintben azt tapasztaljuk, hogy a legmagasabb agyagfrakcióval a kavicsos váztalajok, a pseudoglejes cseri talajok és a pseudoglejes barna erdőtalajok rendelkeznek, míg a rozsdabarna cseri talajban a legalacsonyabb ez a frakció (16. ábra). Ez a tényező nagy szerepet játszik a változó vízgazdálkodás kialakulásában ezen a területen. Az iszap+agyag frakció aránya a pseudoglejes barna erdőtalajban a legmagasabb, ahol eléri a 40%-ot is. A durva homok frakció aránya a podzolos barna erdőtalajban és a podzolos cseri talajban a legmagasabb, ami

a podzolosodási folyamatokkal van összefüggésben. A finom homok aránya a rozsdabarna cseri talajban a legjelentősebb, ahol ez a frakció a finomföldnek majdnem a felét teszi ki (43 %), aminek köszönhető ennek az altípusnak a kialakulása.



16. ábra: Az átlagos mechanikai összetétel az A-szintben

A B-szintben található finomföld mechanikai összetételét vizsgálva a legmagasabb agyag illetve agyag+iszap frakcióval a podzolos barna erdőtalaj rendelkezik (44 %) (17. ábra).



17. ábra: Az átlagos mechanikai összetétel az B-szintben

Ezt a talajtípust követi csak a pseudoglejes barna erdőtalaj, így a barna erdőtalajok közel tíz százalékkal többet tartalmaznak ebből a két frakcióból azon kívül, hogy a finomföld aránya

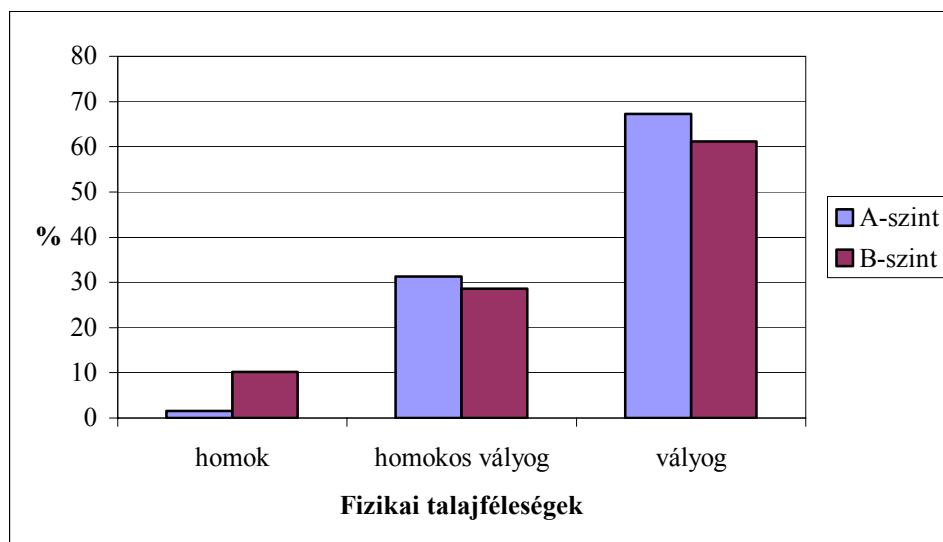


jelentősen nagyobb, mint a többi talajtípusnál. Valószínűleg a nagyobb termőrétegmélység mellett ez az oka annak, hogy ezen talajok diszponibilis víztároló képessége jelentősen meghaladja a területen talált többi talajtípusét. A mérési adatok egyben igazolják a munkám során elvégzett termőhelyi besorolás jóságát is.

Legnagyobb homok frakcióval a kavicsos vázталajok és a rozsdabarna cseri talajok rendelkeznek (17. ábra). Az utóbbi altípusnál ezen belül a durva homok frakció a meghatározó, míg az előbbinél a finom homok frakció. A másik két cseri talajban a homokfrakciók aránya közel azonos, a podzolos cseri talajban a finom homok aránya valamivel magasabb, mint a pszeudoglejes cseri talajban.

A fizikai talajféleség meghatározását mechanikai összetétel vizsgálat segítségével végeztük el. Köhn-féle pipettás eljárás segítségével meghatároztuk az agyag és az iszap frakciót, majd ebből állapítottuk meg a fizikai talajféleséget (BELLÉR, 2000A).

A vizsgált területen a vályog fizikai talajféleség domináns az A-szintben, ahol több mint kétharmados arányt (67 %) képvisel, míg a homokos vályog 31 %-ot, harmadik előforduló fizikai féleség a homok jelentéktelen mennyiségben mindössze 2 %-ban fordul elő (18. ábra). Ha csak a cseri talajokat vizsgáljuk, ugyanezt tapasztaljuk valamivel kisebb vályog dominanciával (vályog 64 %, homokos vályog 34 %, homok 2 %). A barna erdőtalajok esetében a vályog aránya még magasabb 83 %, a maradék 17 %-ot pedig a homokos vályog teszi ki. A kavicsos vázталajok esetében is a vályog az uralkodó fizikai féleség több mint háromnegyedes arányával (77 %), a maradék 23 % ebben az esetben is homokos vályog.



18. ábra: A fizikai féleségek megoszlása az A- és a B-szintben a vizsgált területen

A vizsgált területen a B-szintben, éppúgy a vályog fizikai talajféleség a domináns, mint ahogy az A-szintnél tapasztaltuk, ha nem is olyan nagy mértékben. A vályog aránya ebben a szintben 61 %, a homokos vályog 29 %, míg a homok aránya jelentősen megnő az A-szinthez képest itt már 10% (18. ábra). Ha csak a cseri talajokat vizsgáljuk, ugyanezt tapasztaljuk annyi különbséggel, hogy a vályog itt valamivel nagyobb arányban van jelen (vályog 63 %, homokos vályog 28 %, homok 9 %). A barna erdőtalajok esetében a vályog aránya még magasabb, több mint kétharmada (67 %) ilyen fizikai féleségű, a maradék közel egyharmadot, pedig a homokos vályog teszi ki. A kavicsos váztalajok esetében a legnagyobb arányban a homokos vályog fizikai féleség van jelen 45 %, ezt követi a vályog 36 %-kal, míg a homok majdnem az egyötödös (18 %) arányt képvisel.

A cseri talajoknál tapasztalt magas vályog arány mindkét szintben jó vízgazdálkodásra utal első pillantásra, a valóság evvel éppen ellentétes, amelynek több oka van. Az első, hogy jellemzően sekélyek, tehát alacsony a termőréteg öszsvízkapacitása, a második a magas váztartalom miatt alacsony finomföld arány, amely megtarthatná a vizet a szelvényben. A harmadik a cseri talajokra jellemző cementáció, amelyet vas és alumínium vegyületek okoznak, ennek következtében a víz nem tud beszivárogni a talajba (változó vízgazdálkodás), valamint a mélyebben elhelyezkedő vízhez sem férhetnek hozzá az itt élő növények, mert ez a réteg egyrészt víz- másrészt gyökérszáró is.

#### 4.3.7. Ásványtani összetétel

Az elvégzett ásványtani vizsgálatok célja a podzolosodási jelenségek kimutatása volt a cseri talajoknál, valamint az agyagásvány-tartalmuknak a meghatározása.

##### 4.3.7.1. A mintákban talált ásványok jellemzése

A vizsgált mintákban, legnagyobb mennyiségben, **kvarcot** ( $\text{SiO}_2$ ) találtam. A kvarc, mind a magmatikus, mind az üledékes és a metamorf kőzetek fontos elegyrésze, és nagy mennyiségben marad meg a mállási folyamatok során is. Nagy mennyisége a vizsgált területen talált ásványok erős mállottságára utal. Kicsi a víz- és kationkötő képessége.

Jelentős mennyiségben fordult elő a mintákban **albit** ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ) és az **anortit** ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) is. Mindketten a nátronmészföldpátok (plagioklászok) alkotórészei. Az egyes szintekben mennyiségük eltérő. A savanyú albit mindegyik mintában előfordult 6 és 22 %

közötti arányban, addig a bázikus anortitot csak két mintában találtam meg (3 – 5 % közötti arányban). Ennek oka lehet az is, hogy az albit savakkal, így a mállással szemben ellenállóbb, mint az anortit. Mindkét ásvány igen fontos kőzetalkotó, gyakorlatilag az összes magmás és metamorf kőzetben előfordul. Míg albittal azonban elsősorban a savanyú magmás (alkáligránit, szienit) és a metamorf (csillámpalák, gneisz) kőzetekben találkozhatunk, addig az anortit, inkább a bázikus (kisebb  $\text{SiO}_2$  tartalmú) kőzetek elegyrésze. Ennek ellenére származási helyük igen nehezen határozható meg.

Hasonló a helyzet a káliföldpátokhoz tartozó triklin kristályrendszerben kristályosodó **mikroklinnel** is, amelyet kilenc mintában is megtaláltam, jelentős mennyiségben. Ez a mélységi magmás (gránit, szienit) és a metamorf (gneisz) kőzetek lényeges alkotója. Meglepetés volt a monoklin káliföldpátokhoz tartozó **adulár** ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ) kimutatása, jelentős mennyiségben, egy mintában. Az irodalmi adatok szerint ez a hidrotermális keletkezésű káliföldpát hazánkban csak Gyöngyösorosziiban és Telkibányán fordul elő ércfelvételekben. Bár az Alpok litoklázisában számos lelőhelye ismeretes. Ennek ellenére lehetséges, hogy a vizsgált területen helyi keletkezésű, mivel kálidús üledékekben és nemes agyagokban is keletkezhet (KOCH, SZTRÓKAY, 1989, PÁPAY 1998). Ugyanakkor a többi földpát közül kicsit kilóg, így elképzelhető az is, hogy mesterséges ráhordással (pl. csemeték) került a vizsgált helyre.

Mindegyik mintában, igaz kis mennyiségben, megtalálható volt a **muszkovit (kálicsillám)** ( $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ). Ez a rugalmas rácsú rétegszilikát származhat magmás (gránit) és metamorf (gneisz, csillámpala, fillit) kőzetekből is, de igen gyakran keletkezik más szilikátok elbomlása során is.

A réteg szilikátok közül még a három rétegű **illit**, **vermikulit** és **montmorillonit**, illetve a négyrétegű **klorit**, valamint a kétrétegű **chamosit** (berthierit) volt kimutatható. Mindegyik mennyisége viszonylag kicsi volt. Földpátok és muszkovit mellett nagyon nehéz az agyagásványok kimutatása, ha a derivatográfus felvételeken nem jelenik meg egyértelmű jel. A vermikulit egyetlen – az irodalomban szereplő - röntgendifrakciós vonala a kloritéval egyezik meg.

A **chamosit** vonala jól elkülöníthető volt, a nagy vastartalmú chamosit gyakran kötőanyagként szerepel érc-kőzetekben. Kérdéses, hogy a vizsgált helyen nem játszik-e hasonló szerepet a talajokban.

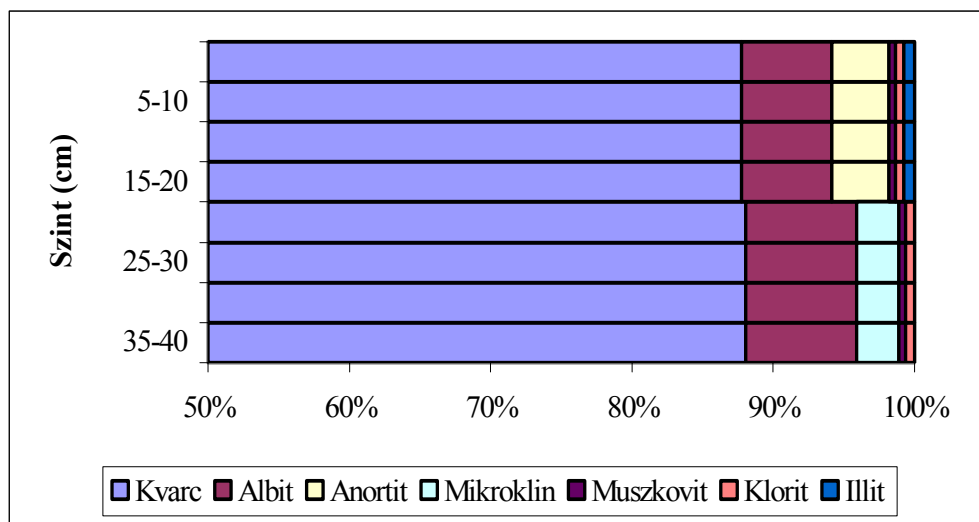
A derivatográfus és a röntgendifrakciós felvételek együttes kiértékelése tette lehetővé, hogy két helyről kristályos **montmorillonitot** is ki tudtam mutatni. Ez a túlguló rétegrácsú

agyagásvány tisztán ritkán fordul elő, leggyakrabban más agyagásványokkal, kvarccal és egyéb ásványtörmelékekkel együtt találjuk. A többi agyagásványhoz hasonlóan ez is más szilikátok mállása során keletkezik. Kristályos kimutatása nehéz, mivel nagyobb kristályokban csak ritkán jelenik meg.

#### 4.6.2. Az egyes szelvények értékelése

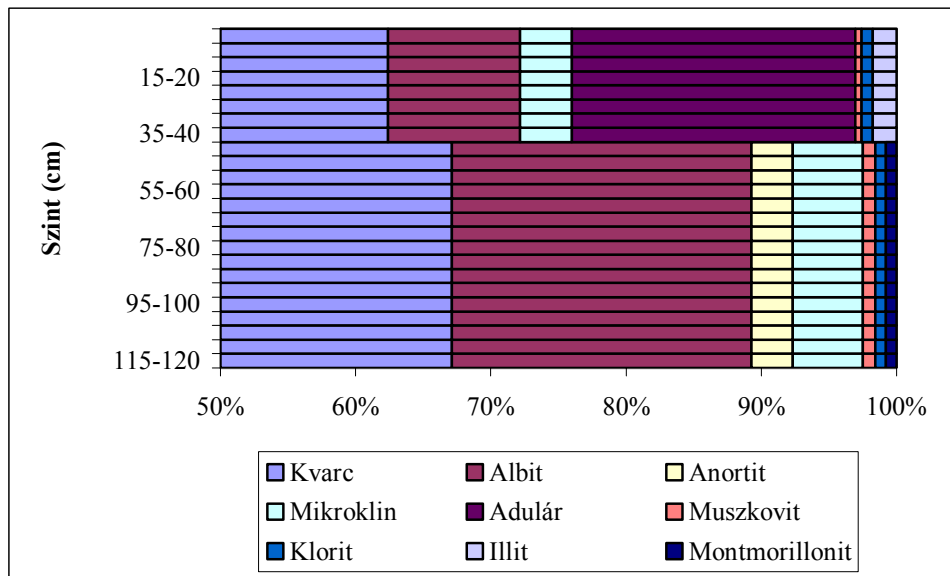
Az egyes minták kristályos részének értékelését szelvényenként végeztem el, hogy a szelvényben lejátszódó folyamatokra is következtetni tudjak. Mivel az előforduló ásványokat már korábban jellemeztem, erre az egyes szelvényeknél már nem térek ki.

#### Kavicsos vázталaj ásványtani összetétele (3. sz. szelvény)



19. ábra: Kavicsos vázталaj (3. szelvény) ásványi összetétele

A kavicsos vázталaj szelvényből vett két mintában a kvarc az uralkodó ásvány. A két szintben gyakorlatilag azonos 88 %-os aránnyal (19. ábra). Ez a magas arány az ásványok teljes mállottságára utal. A kvarc mellett kisebb mennyiségben a földpátok közül albit, anortit és mikroclin is előfordul. Igen kis mennyiségben találtam a szelvényben kristályos réteg szilikátokat, így muszkovitot, kloritot és illitet. A magas kvarc illetve az alacsony ásványtartalom miatt ezen talajok tápelemszolgáltató képessége alacsony.

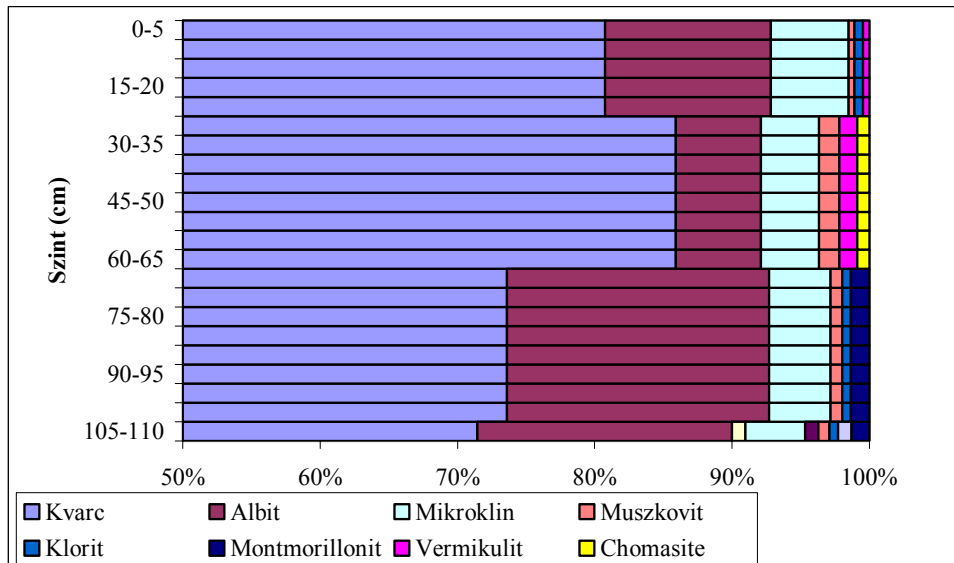
Cseri talaj ásványtani összetétele (5. sz. szelvény)

20. ábra: Podzolos cseri talaj (5. szelvény) ásványi összetétele

A cseri talaj szelvényben két szintnek vizsgáltam meg a kristályos összetételét. A kavicsos váztalajtól eltérően, ebben a szelvényben a kvarc aránya lényegesen kisebb 62 – 67 százalék között volt (20. ábra). A kvarc mellett a szelvényben igen nagy mennyiségben lehetett kimutatni földpátokat, így albitot, anortitot, mikroklint és adulárt. Az utóbbi kimutatása, mint ahogy azt már korábban írtam, meglepetés volt. Elképzelhető, hogy - amennyiben nem mesterségesen került a felső szintbe - az A szint eltérő eredetére utal. A rétegrácsos szilikátok közül muszkovitot, kloritot és illitet tudtam kimutatni kisebb mennyiségben.

Podzolos barna erdőtalaj ásványtani összetétele (12. sz. szelvény)

A podzolos barna erdőtalaj szelvényben az egyes szintek kristályos anyagai közül szintén kvarc volt az uralkodó. Mennyisége 81, 86 és 74 százalék (21. ábra). A kvarc tartalom maximuma a 25 és 65 cm közötti szintben volt. A kvarc mellett a szelvényben jelentős mennyiségű földpát, így albit és mikroklin is előfordult. Kisebb mennyiségben talákoztam a mintákban muszkovittal, klorittal, montmorillonittal, vermikulittal és chamosittal is.



21. ábra: Podzolos barna erdőtalaj (12. szelvény) ásványi összetétele

### A vizsgált szelvények ásványtani összefoglaló értékelése

A vizsgált szelvények mindegyikében – az előzetes várakozásnak megfelelően - a legfontosabb ásvány a kvarc volt. Ennek több oka van, egyrészt a földkéreg egyik leggyakoribb ásványáról van szó, másrészt a legtöbb szilíciumtartalmú ásvány mállásának a „végterméke” a kvarc. Az ásványtani eredmények értékelését nagyban nehezítette, hogy nem tudható, hogy milyen volt a talajok eredeti ásványi összetétele, mivel a terület taljai különböző hordalékokon képződtek. Így nehéz megmondani, hogy az egyes szintekben fellépő ásványi különbségek a talajfejlődés eredményei, vagy a hordalék eltérő összetételéből származnak. Ezért nehéz kimutatni – ásványtani vizsgálatokkal – az elsődleges podzolosodást is. Podzolosodás, azaz agyagszétesés eredményeképpen a felsőbb szintekben a kvarc aránya megnő a síkrácsos és a térrácsos szilikátokhoz képest. Erre utaló nyomokat a podzolos barna erdőtalaj szelvényében találtam. Az irodalomban közölt magyarországi értékeket (40-60%; STEFANOVITS, 1993) jelentősen meghaladó kvarctartalmat (60-90%) tudtam kimutatni a vizsgált szelvényekből. Különösen a gyengén cementált kavicsos váztalajt jellemezte magas kvarctartalom (88%), ami miatt kevés ásványi tápanyagot tartalmaz, ezért termékenysége alacsony. A podzolos cseri talajban és a podzolos barna erdőtalajban talált 2-3-szor több földpát kedvezőbb tápelem ellátottságra utal. Mindhárom talajtípusra jellemző, hogy kevés agyagásványt tartalmaznak. A kavicsos váztalajban illetve a cseri talajban az agyagásványok között uralkodó az illit, amely miatt a talajlazítás hatása rövid élettartalmú, hamar visszatömődik, romlik a vízgazdálkodása (STEFANOVITS, 1993). A barna erdőtalajban viszont

nem találtam illitet, itt a vermikulit és a montmorillonit az uralkodó. A szemkites (montmorillonit) talajban a tömörödés rövid időtartamú, mivel a nedvesedés illetve kiszáradás olyan nagyfokú duzzadást illetve zsugorodást okoz, ami a tömött talajréteg fellazulását okozza (STEFANOVITS, 1993). Ezeket a megállapításokat a gyakorlati szakemberek is megerősítik, MOLNÁR (2001) megfigyelései szerint a cseri talajokon az altalajlazítás pozitív hatása csak rövid ideig jelentkezik, amit a talaj visszatömörödésének, visszacementálódásának tulajdonít.

#### **4.3.8. Az iváni talajok vízgazdálkodása**

A térségbeli talajoknál jellemző probléma, hogy alattuk vastag kavicsréteg húzódik, így a talajvíz általában elérhetetlen mélységben található. A rajtuk álló faállomány csak a csapadékra számíthat, így ezen talajokon álló állományoknál létkérdés a talaj víztartó képessége. A talaj víztartó képessége mellett természetesen nagyon fontos tényező az ott található állományok evapotranspirációja is.

Iván térségében a lehetséges evapotranspiráció 640-660 mm (ORSZÁGOS METEOROLÓGIA INTÉZET, 1960), amely az energetikailag lehetséges maximumot mutatja meg. GÁCSI (2000) alföldi kutatási szerinti egy középkorú erdőfenyves állomány evapotranspirációja téli időszakban (X. 01- II. 28) 0,2 mm/nap, míg a nyári időszakban (III. 01- IX. 30.) 1,5 mm/nap. Ez azt jelenti, hogy abban az állományban az evapotranspiráció a nyári időszakban megközelítőleg 320 mm, a téli időszakban 30 mm, éves szinten 350 mm. Ez a vízmennyiség rendelkezésre állt 1951-1960 között, amikor az átlagos csapadék mennyisége Csapodon 682, a tenyészidőszaki 427 mm volt (OMSZ 1951-1987, OMSZ 1988-1998) (az evapotranspirációhoz még hozzá kell számolni az intercepciót, a mélybeszivárgást és az elfolyást is). Míg a 1981-1990 között ez az érték lecsökkent 613-ra illetve 347-re (OMSZ 1951-1987, OMSZ 1988-1998), amely az előzőekben említett tényezőket is figyelembe véve már kevésnek bizonyult, ennek következményeként egyes gyengébb termőhelyeken álló állományok kiszáradtak. Természetesen a fent említett kb. 320 mm-es vízmennyiségnek közel egyenletesen kell a fák rendelkezésére állnia, hogy ne léphessen fel komolyabb vízhiány a vegetációs időszakban. A szükséges csapadékgyakoriságot elsősorban a talaj hasznosítható vízkészlete határozza meg. Ennek a potenciális hasznosítható vízkészlet mennyiségének a mérésére pF vizsgálatokat végeztem a kiválasztott szelvényekben.

A pF vizsgálatok szerint a térségben található talajoknak nagyon alacsony a diszponibilis vízkészlete (3. táblázat).

<b>Talajtípus</b>	<b>Hasznosítható vízkészlet a termőrétegben (mm)</b>
<b>Kavicsos vázталaj</b>	<b>28,0</b>
<b>Podzolos cseri talaj</b>	<b>35,2</b>
<b>Pszudoglejes cseri talaj</b>	<b>36,2</b>
<b>Podzolos barna erdőtalaj</b>	<b>56,4</b>
<b>Pszudoglejes barna erdőtalaj</b>	<b>85,5</b>

3. sz. táblázat: Az átlagos hasznosítható vízkészlet mennyisége talajtípusonként

A szántóföldi vízkapacitásig feltöltött kavicsos vázталaj képes a legkevesebb vizet tárolni átlagosan 28 mm-t. Ez rendkívül kevés, ha figyelembe vesszük, hogy az alföldi mérések szerint egy erdeifenyő állománynak az átlagos vízigénye vegetációs időszakban, mintegy 1,5 mm/nap (GÁCSI, 2000). Ez azt jelenti, hogy a kavicsos vázталaj ezt az igényét maximum 19 napig tudja biztosítani. Ha ezen időszak alatt nem jön csapadék utánpótlás, vízhiány lép fel. A cseri talajok ennél valamivel tovább tudják biztosítani ezt a vízmennyiséget, mintegy 25 napig. A barna erdőtalajoknak lényegesen jobb a vízszolgáltató képessége a podzolos barna erdőtalaj 38 napig, a pszeudoglejes barna erdőtalaj pedig 57 napig tudná ezt a vízmennyiséget biztosítani. Természetesen a barna erdőtalajokon általában már nem erdeifenyő található, hanem valamilyen vízigényesebb tölgy. SZODFRIDT (1996) 3 mm/nap átlagos vízvesztéssel számol a talajok vízszolgáltató képességének vizsgálatakor, ha ezt az értéket vesszük figyelembe, akkor az itteni talajok a fent leírt időtartamnak csak a felén képesek ezt a vízmennyiséget szolgáltatni.

A célállomány kiválasztásánál figyelembe kellene venni ezen a területen a talaj vízszolgáltató képességét és az ültetendő fafaj vízigényét is. Ez sajnos nehézségekbe ütközik, a vízigényre kevés magyarországi adat áll rendelkezésre. A vízszolgáltató képesség (pF) mérése még nem terjedt el Magyarországon az erdészeti gyakorlatban, aminek a következő okai vannak:

- bolygatatlan mintavételt igényel, ami a nagy vázтartalmú talajoknál nehézséget okoz
- drága
- lassú, időben elhúzódó vizsgálat

Ezen hátrányok kiküszöbölésére fejlesztették ki az úgynevezett pF becslő függvényeket, amelyek segítségével a szokásos talajvizsgálati adatok segítségével



megbecsülhetővé válik a talaj vízszolgáltató képessége. A pF becslő függvényeknek két fő típusa létezik a paraméterbecslő és a pontbecslő.

A becslőfüggvények mindkét típusának az alkalmazhatóságát megvizsgáltam a cseri talajoknál. A pontbecslő függvények közül az alábbi:

$$pF = b_0 + b_1 * X_1 + b_2 * X_2 + b_3 * X_1 * X_2 + b_4 * X_1^2 + b_5 * X_2^2 \quad (\text{BUZÁS, 1993})$$

ahol:  $b_0$ - $b_5$  = regressziós együtthatók  
 $X_1$  = az első helyen korrelatív független változó  
 $X_2$  = a második helyen korrelatív független változó

A paraméterbecslők közül pedig az alábbi:

$$\Theta = \Theta_s / (1 + ((1/\alpha) * \Psi)^n) \quad (\text{RAJKAI, 1996})$$

ahol:  $\Theta_s, \alpha, n$  = együtthatók, amelyek a homok %-tól, agyag %-tól, homok iszap aránytól, térfogattömegtől, iszap %-tól, humusz %-tól, leiszapolható részek %-ától, pF 4,2-től függnek.

Sajnos a két kipróbált hazai becslő függvénnyel nem sikerült megbízható adatokhoz jutni a cseri talajokra, mert a mért és a számított adatok egybevetésénél jelentős, esetenként több mint 300%-os hiba adódott.

A függvények alkalmazhatatlanságának oka valószínűleg az, hogy a függvény kidolgozásakor alkalmazott alapsokaság jelentősen eltér a cseri talajoktól. Ezeket a függvényeket ugyanis a mezőgazdaság részére készítették, csernozjom talajokra.

A kidolgozott becslő függvények adaptációját nem tették lehetővé a cseri talajoknál fennálló speciális problémák, amelyek közül ki kell emelni a nagy vázszázalékot, ami egyrészt a bolygatatlan mintavételnél okoz problémát, másrészt, ezek a függvények nem veszik figyelembe ezt a frakciót, mivel olyan talajokra dolgozták ki, melyeknél a vázrész mennyisége elhanyagolható. A külföldi szakirodalmakban megjelent becslőfüggvények adaptációjánál is az a probléma, hogy a hazaiakhoz hasonlóan nem veszik figyelembe a váz mennyiségét, ami az ilyen magas váztartalmú talajok esetében elengedhetetlen.

A cseri talajokon használható becslőfüggvények kidolgozásához fontos lenne a megfelelően nagy számú pF mérést végezni ezen talajtípusra, valamint a magas váztartalom okozta problémák kezelésére megfelelő eljárás kidolgozása.

#### **4.4. Cseri talajok mezofaunája**

A cseri talajok mezofaunájával kapcsolatban semmilyen információ nem állt rendelkezésre, ezért megvizsgáltam, hogy a mezofauna kvantitav és kvalitatív jellemzői befolyásolhatják-e ennek a speciális talajtípusnak a fejlődését. A talajállatok nagyon fontos szerepet töltenek be a talajra kerülő szerves anyag elbontásában, a jó termőtalaj kialakulása közvetve a talajlakó állatok jelenlétének és aktivitásának függvénye (KÜNHÉLT, 1950, GHILAROV, 1965, BUTCHER ET AL., 1971). Jelentőségük elsősorban táplálkozásukból adódik, amely során a talajra került elhalt növényi maradványokat, polleneket, algákat, gomba micéliumokat, és a makrofauna ürülékét fogyasztják, de számos ragadozó is előfordul közöttük, amelyek fontos szerepet játszanak a populációk közötti egyensúly fennmaradásában (HAYES, 1963, MAHUNKA, 1980). Aprózó tevékenységükkel jelentősen gyorsítják az avarbomlást.

A hazai erdőkben évenként 760-3160 kg/ha friss avar kerül a talajfelszínre, mely a régi még el nem bomlott avarral 1531-6693 kg avart jelent hektáronként (GERE, 1971). Ez a hatalmas mennyiségű szerves anyag halad át a tápcsatornájukon előkészítve azt a mikrobiális lebontáshoz (KUBIENA, 1955, SZABÓ, 1992). Az avar lebontásának ideje függ a termőhelytől, évszaktól. Meszes, tápanyagban gazdag talajon 1 év alatt lebomolhat az avar, de ez a folyamat savanyú erdőtalajon sokkal tovább tart. Mérsékelt övi mull esetén a tölgy avar 8-15 hónap alatt bomlott le. (EDWARDS ET AL., 1970). Ha a talajfaunát kizárjuk a lebontásból, akkor az avar lebomlása hatszor annyi ideig tart, mint annak segítségével (EDWARDS ET AL., 1970, BUTCHER ET AL., 1971, BEHAN ET AL., 1978).

A talajfauna a humuszképződés segítségével hozzájárul a jó talajszerkezet, a jó termőtalaj kialakulásához. Legfontosabb szerepük a mikroorganizmusok populációinak szabályozásában van, valamint a humifikáció elősegítésében. (WOLTERS, 1991, KISS, 1993). Mivel generációs idejük általában rövid, és nagy tömegben élnek a talajban, elhalt szervezetük nagy tömegű táplálék és tápanyagforrást jelent egyéb szervezeteknek.

A vizsgálataim során arra voltam kíváncsi, hogy ezen a speciális talajtípuson extrém körülmények között a mezofauna két legnagyobb létszámú csoportjának milyen elemei élnek. A vizsgálatokhoz a mintákat 2000 ősszén vettük Iván 72A ill. a 71 C erdőrészletből. A fajlistában 45 mintában talált fajok szerepelnek (4. sz. táblázat, 5. sz. táblázat) (Az ugróvillásokat DR. TRASER GYÖRGY, a páncélos atkákat SZEMEREY TAMÁSNE határozta meg.)

Ugróvillások

<b>Fajlista</b>
<i>Ceratophysella</i> sp.
<i>Entomobrya lanuginosa</i> (NICOLET, 1841)
<i>Folsomia candida</i> (WILLEN, 1902)
<i>Folsomia manolachei</i> (BAGNALL, 1939)
<i>Heteromurus nitidus</i> (TEMPLETON, 1835)
<i>Isotomiella minor</i> (SCHÄFFER, 1896)
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> (Gmelin, 1788) s. Gisin, 1964
<i>Mesaphorura critica</i> (ELLIS, 1976)
<i>Mesaphorura italica</i> (RUSEK 1971)
<i>Mesaphorura hylophila</i> RUSEK 1982
<i>Mesaphorura krausbaueri</i> (BÖRNER, 1901)
<i>Mesaphorura macrochaeta</i> RUSEK 1976
<i>Orchesella multifasciata</i> STSCHERBAKOW, 1898
<i>Parisotoma notabilis</i> (SCHÄFFER, 1896)
<i>Proisotoma minima</i> (ABSOLON, 1901)
<i>Proisotoma</i> sp.
<i>Protaphorura cancellata</i> (GISIN, 1956)
<i>Pseudosinella alba</i> (PACKARD, 1873)
<i>Pseudosinella</i> sp.
<i>Sminthurinus elegans</i> (FITCH, 1863) s. STACH 1956
<i>Sminthurinus aureus</i> (LUBBOCK, 1862)
<i>Sminthurus viridis</i> (LINNÉ, 1758)
<i>Sphaeridia pumilis</i> (KRAUSBAUER, 1898) s. STACH 1956
<i>Xenylla corticalis</i> (BÖRNER, 1901)

4. sz. táblázat: A cseri talajokban talált ugróvillások listája

A begyűjtött 45 mintában mindössze 345 ugróvillást találtunk, amelyek 24 fajba tartoztak (4. sz. táblázat). Ez rendkívül alacsony példányszámot jelent, amikor egy liter erdei földben átlagosan 1000 példány fordul elő (TRASER, 1996). A talált fajszám is alacsony, az általunk tapasztalt mintánkénti 1-9 fajjal ellentétben 15 faj az általános (Traser, 2004). A kis egyedszám arra utal, hogy a cseri talajok kedvezőtlen talajszerkezete, porozitása erőteljesen korlátozza a tevékenységüket, ezáltal a talajfejlődést. A mezofauna egyik legfontosabb életfeltétele ugyanis a megfelelő táplálék mellett a megfelelő talajszerkezet, porozitás (BEGON ET AL., 1986).

A leggyakoribb fajnak *Mesaphorura macrochaeta* RUSEK 1976 bizonyult, amely az összes egyednek több mint 1/3-át tette ki (35%). Gyakorik voltak még a többi talált fajhoz viszonyítva a *Mesaphorura hylophila* RUSEK 1982 (15%), *Protaphorura cancellata* (GISIN, 1956) (13%) és a *Sminthurinus elegans* (FITCH, 1863) s. STACH 1956 (10%) fajok. A többi faj

kis egyedszámban fordult elő a mintákban. A talaj kedvezőtlen vízgazdálkodására utal a xerofil fajok jelenléte, mint a *Mesaphorura critica* (ELLIS, 1976), a *Mesaphorura italica* (RUSEK 1971), és az *Orchesella multifasciata* STSCHERBAKOW, 1898. A talált fajok közül figyelemreméltónak számít az alábbi fajok előkerülése: *Lepidocyrtus lanuginosus* (GMELIN, 1788) s. GISIN, 1964, *Proisotoma minima* (ABSOLON, 1901), *Protaphorura cancellata* (GISIN, 1956).

### Páncélos atkák

<b>Fajlista</b>
<i>Autognetha longilamellata</i> (MICHAEL, 1885)
<i>Belba</i> sp.
<i>Dissorhina ornata</i> (OUDEMANS, 1900)
<i>Eporibatula rauschenensis</i> (SELLNICK, 1908)
<i>Galumna</i> sp.
<i>Hypochthonius rufulus</i> (C. L. KOCH, 1835)
<i>Insculptoppia insculpta</i> (PAOLI, 1908)
<i>Liacarus coracinus</i> C. L. KOCH 1840
<i>Liebstadia humerata</i> SELLNICK, 1928
<i>Medioppia obsoleta</i> (PAOLI, 1908)
<i>Medioppia subpectinata</i> (OUDEMANS, 1900)
<i>Micreremus gracilior</i> WILMANN, 1931
<i>Micropopia minus</i> (PAOLI, 1908)
<i>Nothrus anaunuensis</i> CANESTRINI ET FANZAGO 1876
<i>Oppiella nova</i> (OUDEMANS, 1902)
<i>Phthiracarus</i> sp.
<i>Podoribates longipes</i> (BERLESE, 1887)
<i>Quadroppia quadricarinata</i> (MICHAEL, 1885)
<i>Scheloribates latipes</i> (C. L. KOCH, 1844)
<i>Sellnickochthonius</i> sp
<i>Subiasella quadrimaculata</i> (EVANS, 1952)
<i>Suctobelba</i> sp.
<i>Suctobelbella</i> sp
<i>Tectocepheus sarekensis</i> TRAGARDH 1910

5. sz. táblázat: A cseri talajokban talált páncélos atkák listája

A begyűjtött 45 mintában mindössze 1045 páncélosatkát találtunk, amely szintén nagyon alacsony egyedszámot jelent, amikor egy barna rendzina talajban átlagosan 219 példányt találtak mintánként a Bükk hegységben (SZEMEREYNÉ, 1976), a Soproni hegységben pedig barna erdőtalajban átlagosan 323 példányt mintánként (BELLÉR, 2000B). A fajsám is alacsonynak bizonyult, mindössze 24 faj egyedeit tudtuk kimutatni (5. sz. táblázat), az

átlagosnak tekinthető 45 fajjal szemben (SZEMEREYNÉ, 2003). A kis egyedszám okai megegyeznek az ugróvillásoknál leírtakkal.

A leggyakoribb fajnak az *Oppiella nova* (OUDEMANS, 1902) bizonyult, amely az előforduló egyedeknek közel 60%-át alkotta. Gyakorinak mondható még, bár jóval kisebb mértékben, mint az előző faj a *Suctobelbella* sp., amely közel 15%-ot tett ki. Jelentős számban fordult még elő a *Dissorhina ornata* (OUDEMANS, 1900) faj, amely majdnem 5%-kal részesedett a mintákból. A többi faj képviselői alacsony egyedszámban fordultak csak elő. A ritkaságuk miatt figyelemreméltónak számít az alábbi páncélos atkák előkerülése: *Autognetha longilamellata* (MICHAEL, 1885), *Liebstadia humerata* SELNICK, 1928, *Podoribates longipes* (BERLESE, 1887). A fenti eredményekből kitűnik, hogy a cseri talajokban a mezofauna kis egyedszámban és fajszámban van jelen. Ennek következményeként a biológiai lebontás lassú, a mineralizáció korlátozott, ezért a rendelkezésre álló tápanyagok feltáródása is nehézségekbe ütközik. A tápelemkörfogalom lassúsága minden bizonnyal hozzájárul a cseri talajokon tapasztalható tápanyagszegénység kialakulásához.

#### 4.5. Faterméstani vizsgálatok

Faterméstani kiértékelést a két legnagyobb terület- és elegyarányal jelen lévő fafajra végeztem el, az erdeifenyőre és a csertölgyre.

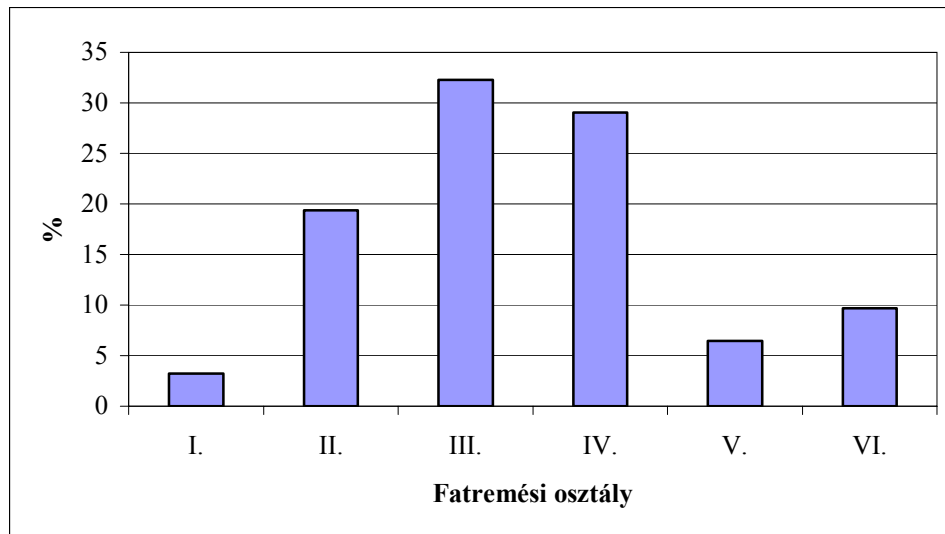
##### 4.5.1. Csertölgy

Az általam megvizsgált iváni tömbökben a fatermési osztályok (Sopp, 1974) eloszlása nem volt egyenletes. A legkisebb arányban (3%) az I. fatermési osztály képviseltette magát, míg a legnagyobb aránnyal a III. fatermési osztályt találtam (22. ábra). A II., III., IV. fatermési osztály volt a legjellemzőbb a területre, együttes térfoglalásuk meghaladta a 80%-ot.

A fatermési osztályokba felsőmagasság alapján történő állomány besorolásoknál meglepően jó eredményeket kaptam, ezért részletesebb vizsgálatokat végeztem az egyes jellemzőkre.

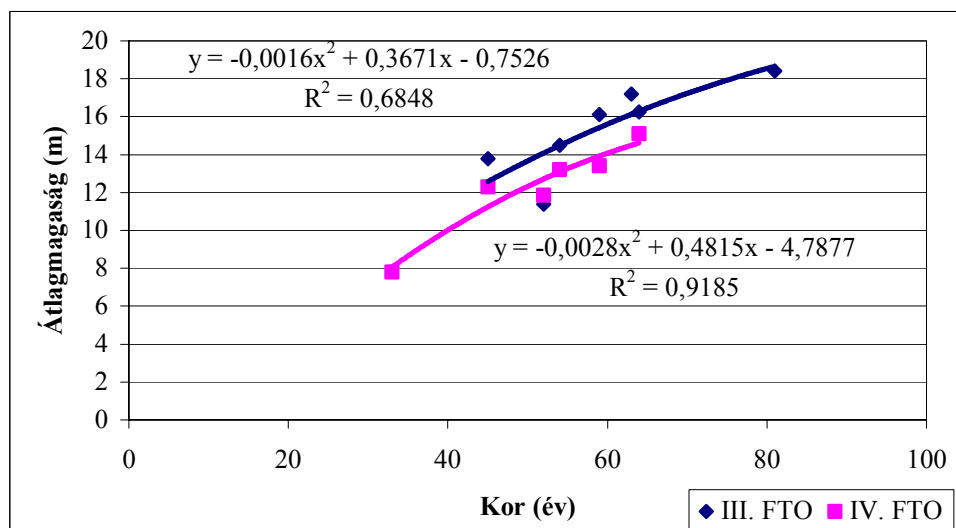
Az átlagmagasságra jellemző, hogy a fiatalabb állományok rosszabb fatermési osztálynak megfelelő magassággal rendelkeznek, mint az idős állományok. Az itt található állományok átlagátmérői elmaradnak a fatermési táblában meghatározott értékektől, ennek oka nem biztos, hogy csak a termőhelyben keresendő (pl. a kedvezőtlen időjárás miatti

növekedés elmaradásban), hanem az is közrejátszik, hogy a fatermési táblákat országos átlagra készítették, nem pedig attól elmaradó - cseri talajokon álló - állományokra.



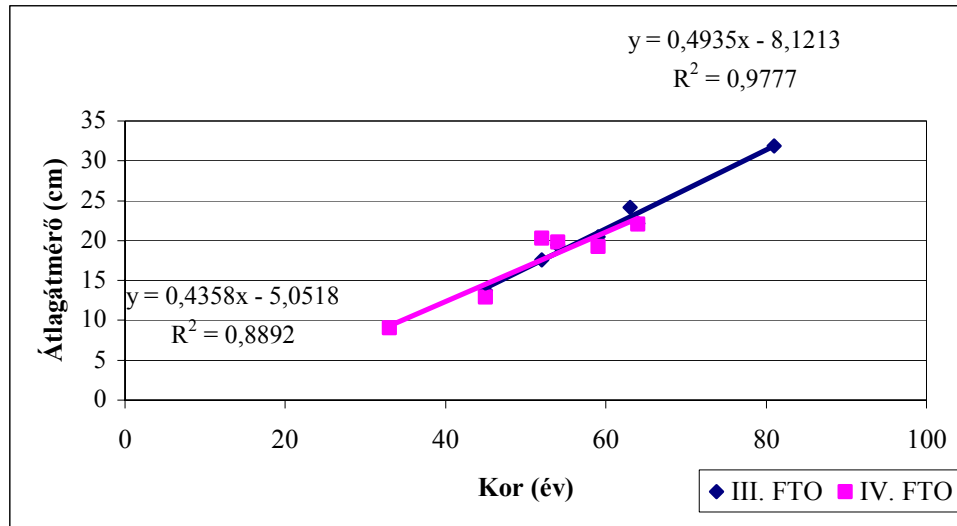
22. ábra: A csertölgy fatermési osztályok megoszlása a vizsgált területen

Ha a két legnagyobb résszel képviselt fatermési osztály az előzőekben tárgyalt jellemzőinek átlagadataira illesztett regressziós görbéket vizsgáljuk, azt tapasztaljuk, hogy míg a magasságnál jól elkülönül egymástól a III. ( $R^2=0,68$ ) és a IV. ( $R^2=0,92$ ) fatermési osztály (23. ábra), addig az átlagátmérő esetében nem ( $R^2_{III.}=0,89$ ;  $R^2_{IV.}=0,98$ ) (24. ábra).



23. ábra: A csertölgy állományok jellemző átlagos átlagmagasságai a III. és a IV. FTO-ban

Ez utóbbit megvizsgálva azt tapasztaljuk, hogy gyakorlatilag a két fatermési osztály átlagátmérője megegyezik. Ez annak a következménye, hogy a III. fatermési osztályba tartozó állományok átlagátmérői jóval alacsonyabbak a fatermési táblában megadottaknál.



24. ábra: A csertölgy állományok jellemző átlagos átlagátmérői a III. és a IV. FTO-ban

A területen található 40 évnél fiatalabb állományokra jellemző, hogy a törzsszámuk jelentősen meghaladja még a VI. osztályú értékeket is, majd fokozatosan belesimul, lecsökken a III-IV. osztálybeli értékekre. Ebből a trendből kiugranak az 50 év feletti állományok, amelyeknek azért ilyen alacsony a törzsszáma, mert a kavicsos vázталajon az utóbbi évek aszályos időszakának köszönhetően jelentős mértékű fapusztulás történt, így az egészségügyi termelések hatására lecsökkent a törzsszám. Így fordulhat elő, hogy ezeken a gyenge termőhelyeken álló állományok törzsszáma alatta marad a legjobb termőhelyi osztály értékeinek is.

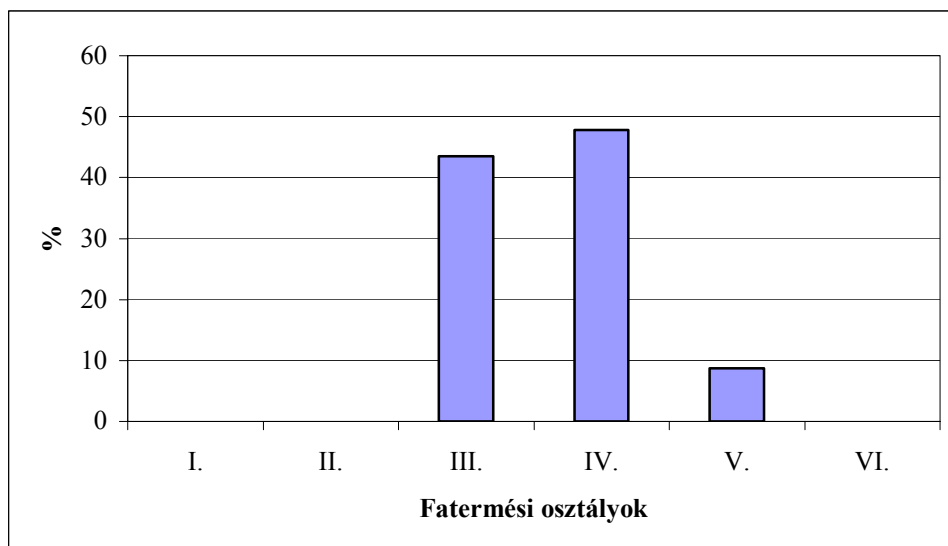
A területen található cseresek fatérfogataira jellemző, hogy a fiatalabb korosztályok alacsonyabb fatermési osztályokban helyezkednek el zömében, mint az idősebbek. Ennek egyik lehetséges magyarázata, hogy az ötvenes években felhagyott leromlott, rossz minőségű mezőgazdasági területekre telepített erdők nem fejlődnek úgy, mint az erdőgazdálkodásban maradt területeken fekvő cseresek.

A cseresek közepesnek mondható véghasználati fatérfogata (200-250 m<sup>3</sup>) kis átlagátmérővel párosul, ezért, de még inkább a rossz egészségi állapot miatt (4.6. fejezet) a választékeloszlás rendkívül kedvezőtlen. A letermelt faanyagának mindössze 2-3%-át lehet

alacsonyabb rendű ipari választékként értékesíteni, a maradék 97-98% megközelítőleg háromnegyedét tűzifaként, a fennmaradó egynegyedét, pedig forgácsfaként lehet csak eladni.

#### 4.5.2. Erdeifenyő

Az általam megvizsgált iváni tömbökben a fatermési osztályok (SOLYMOS, 1993) eloszlása az erdeifenyő esetében sokkal egyenletesebb volt, mint a csertölgy esetében. A legkisebb arányban (9%) az V. fatermési osztály képviseltette magát, míg a legnagyobb aránnyal a III. fatermési osztályt találtuk, de ezzel majdnem azonos nagyságú volt a IV. osztály is (25. ábra). Az I., II., és a VI. fatermési osztály nem képviseltette magát az általam megvizsgált területeken.



25. ábra: Az erdeifenyő fatermési osztályok megoszlása a vizsgált területen

A fatermési osztályok eloszlása az egyes korcsoportokban erdeifenyő esetében egyenletesnek mondható. Ez valószínűleg abból következik, hogy mindegyik állományt a második világháború után telepítették a mezőgazdaságtól átvett földeken.

Az vizsgált területen található 30-50 év közötti erdeifenyő állományok jellemzően a III.-IV. fatermési osztálynak megfelelő átlagátmérő adatokkal rendelkeztek, így nem léptek fel olyan anomáliák, mint amit a cser esetében tapasztaltunk. Az átlagmagasságnál sincs nyoma a csernél tapasztalt nagy szórásnak, az átlagátmérőhöz hasonló egyenletes képet mutat.

Az erdeifenyő esetében a tapasztalt törzsszámok is jobban illeszkednek a táblai értékekhez, mint a csernél. A mintaterületeken tapasztalt értékek megfelelnek a táblai



besorolásnak, tehát zömében a III-IV. osztályhoz tartoznak. Azokban az idősebb állományokban, ahol még az első osztálynál is alacsonyabb volt ez a jellemző, véleményem szerint az aszályos időjárás miatti egészségügyi gyérítések okozták ezt a jelenséget.

A területen található erdeifenyvesek fatérfogataira jellemző, hogy néhány kiugró állománytól eltekintve a IV.-II. fatermési osztályban helyezkednek el. A hatodik osztálynál is rosszabb állományok mindegyike nagyon gyenge minőségű kavicsos vázталajon helyezkedik el. A vizsgálatban szereplő 12 éves állományok egy kavicsbányát ölelnek körül.

Az iváni erdeifenyvesek 40-50 éves korosztály jellemző átlagos fatérfogata 300-350m<sup>3</sup>. A fatérfogat stagnálás illetve csökkenés 40 év fölött, annak tulajdonítható, hogy ebben a korban az erdeifenyvesek ezeken a termőhelyeken már jelentős mértékben gyérülnek. Ez akár olyan méreteket is ölthet, hogy a gyengébb termőhelyeken álló állományokat le kell termelni, mivel nagyon magas lesz a száradék mennyisége.

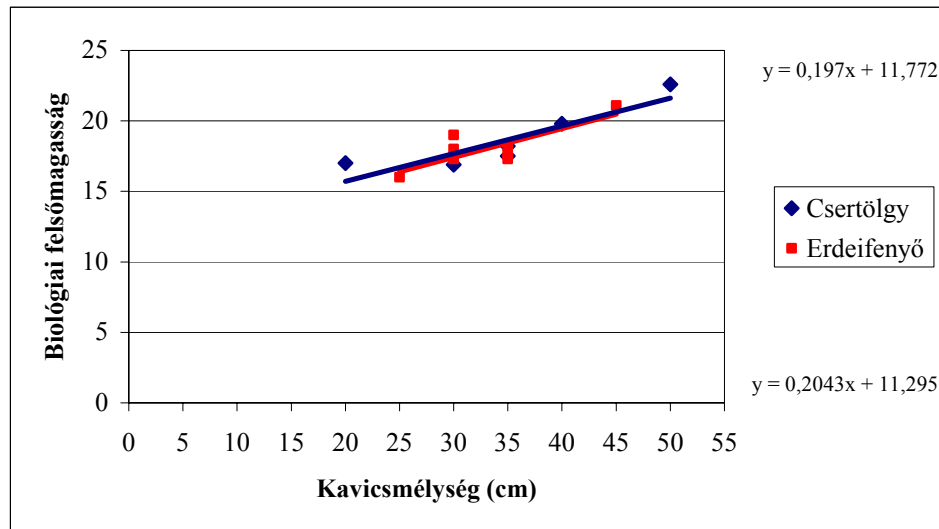
Az erdeifenyvesek az egészségi állapotuk miatti alacsony vágáskor következtében kis átlagátmérővel jellemezhetők, ezért a választékmegoszlás rendkívül kedvezőtlen. A letermelt faanyagból ipari választékot nem termelnek. A jellemző választék a forgácsfa és a papírfa, amelynek aránya a piaci helyzet függvénye, de átlagosan 60:40. A letermelt állományok az állandó egészségügyi gyérítések és a kedvezőtlen termőhelyi adottságok miatt nem érik el a fent bemutatott átlagértékeket sem, hanem mindössze csak 200 m<sup>3</sup> /ha-t.

#### **4.5.3. Talajvizsgálati eredmények és a faállomány jellemzők közötti összefüggések**

A cseri talajok és a faállomány kapcsolatának vizsgálata során az állományok biológiai felsőmagasságát használtam fel, mivel ezt a jellemzőjüket befolyásolják legkevésbé a különböző erdőnevelési eljárások. A talajjellemzők közül legjobban a termőréteg ill. az 50%-nál nagyobb kavicstartalom (váz) bizonyult jelentősnek, hasonlóképpen, mint a PALLAG (1963) vizsgálatainál a Soproni hegyvidéken. A vizsgálathoz a két legjelentősebb fafajnak a felvételeknél legnagyobb számban levő korosztályát használtam fel, amely a csertölgynél 59 éves, az erdeifenyő esetében 45 éves korú állományokat jelentett. A mintaszám mindkét esetben tíz volt.

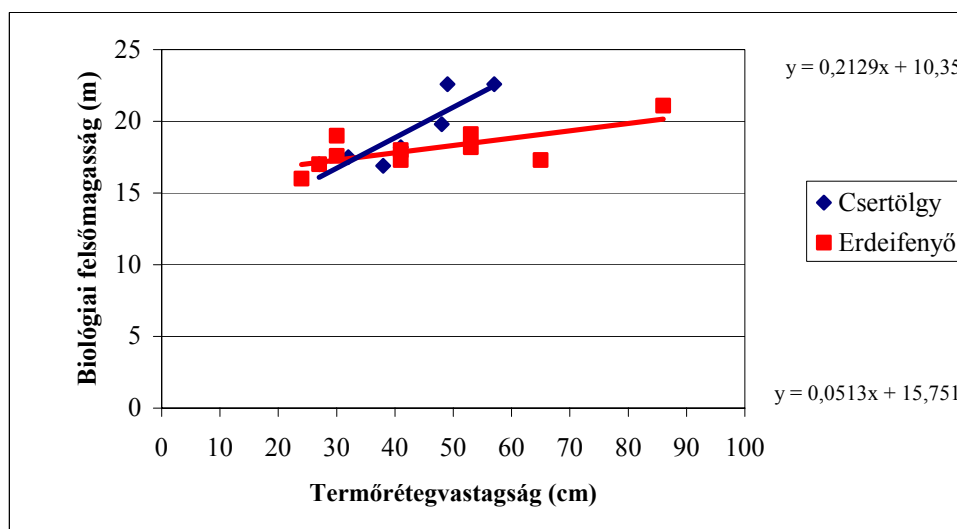
A kavicsmélységre mindkét fafaj ugyanúgy reagált (26. ábra), a csertölgy esetében a trendvonal illeszkedése jobb ( $r=0,895$ ), mint az erdeifenyő esetében ( $r=0,810$ ). A két trendvonal majdnem fedi egymást, ami azt is jelenti, hogy a majdnem 15 év korkülönbség

ellenére közel azonos a biológiai felsőmagasságuk. Ez arra utal, hogy az erdeifenyő gyorsabb magassági növekedést mutat, mint a csertölgy.



26. ábra: A kavicsmélység és a biológiai felsőmagasság alakulása a cseri talajokon

A termőréteg mélysége és a biológiai felsőmagasság esetében a két faj eltérően viselkedik (27. ábra). Vizsgálataim szerint a csertölgy jóval erőteljesebben reagál a nagyobb termőréteg mélységre, mint az erdeifenyő. Ezt bizonyítja az adatokra illesztett trendvonalak jelentősen eltérő meredeksége is, amely az erdeifenyőnél 0,05 ( $r=0,712$ ), a csertölgynél ennek az értéknek a négyszeresét tapasztaltuk 0,21 ( $r=0,887$ ). Ezek az eredmények arra utalnak, hogy az erdeifenyő nem képes kihasználni a mélyebb termőhelyeket ezen a területen.



27. ábra: A termőrétegvastagság és a biológiai felsőmagasság alakulása a cseri talajokon

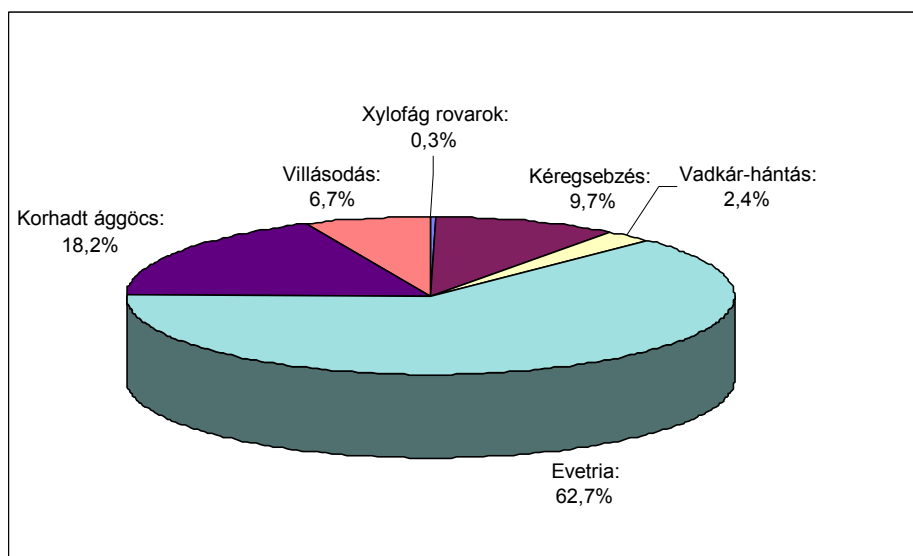
A mélyebb cseri talajokra a csertölgy ültetése célszerűbbnek tűnik, mivel levelének magas kalciumtartalma pozitív hatást fejt ki a savanyú talajok szerkezetére, a pH csökkenés megakadályozása révén a benne található tápanyagok felvehetőségére. Ezeken a talajokon mutatott jobb fatermőképessége gazdaságilag is indokolttá teszi ennek a fafajnak nagyobb mértékű térfoglalását a területen található fenyők rovására.

#### 4.6. A cseri talajokon álló faállományok egészségi állapota

A faállományok felvétele során a legjellemzőbb károsítások is rögzítésre kerültek. A jellemző károsítások jól elkülönülnek a fenyőknél és a lombosoknál ezért külön kerülnek ismertetésre.

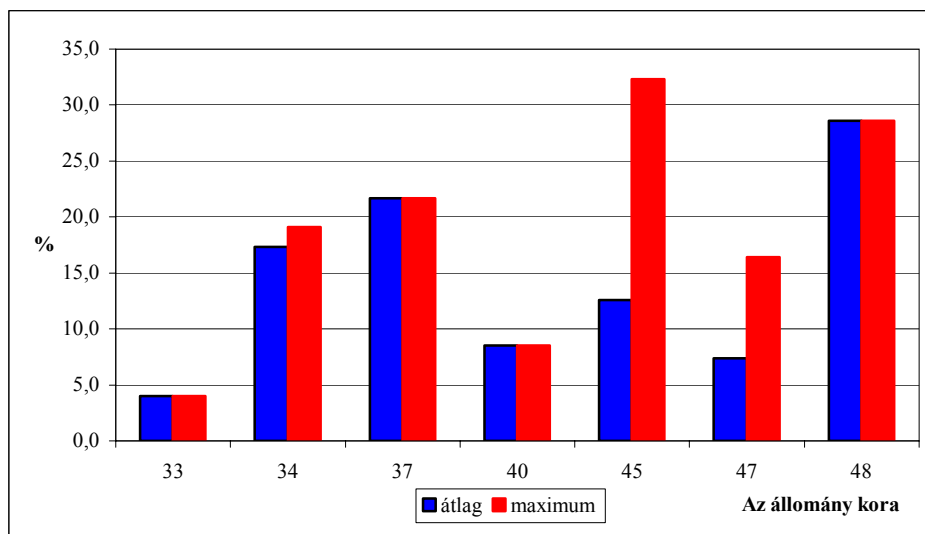
##### 4.6.1. Fenyők

A területen előforduló két fenyőfaj közül az erdeifenyőn tapasztaltam jelentősebb károsításokat. Vizsgálataim szerint a legnagyobb károkat a fenyőilonca (*Rhyacionia buoliana* Schiff.) okozza az iváni erdeifenyvesekben. Ez az eredmény megegyezik a korábbi vizsgálatok eredményeivel is (28. ábra), amelyben kimutatták, hogy a törzskárosítások közül ez a legjelentősebb ezen a környéken (ALI, 2000)

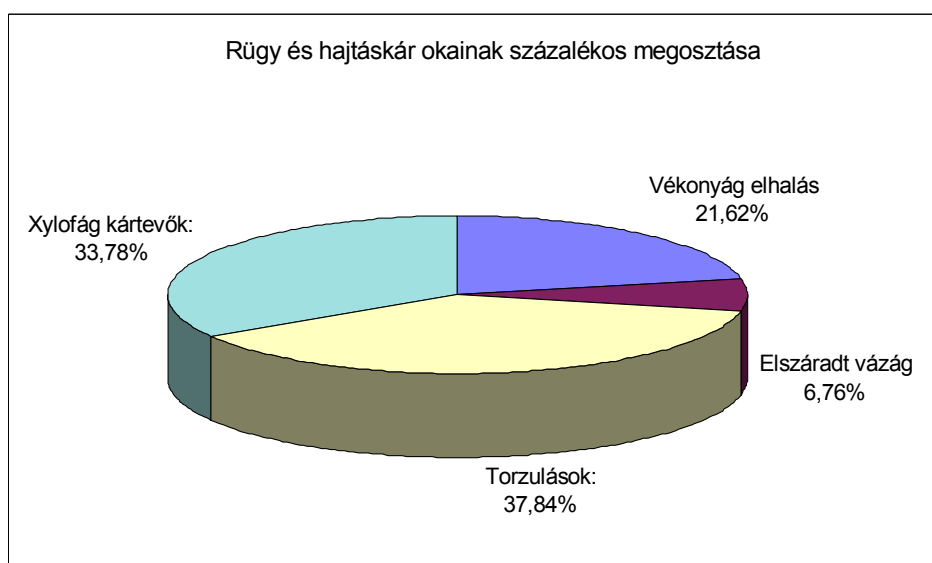


28. ábra: A törzskárosítások megoszlása az iváni erdeifenyvesekben (ALI, 2000)

A vizsgálataim szerint a fenyőilonca okozta kártételt jelző jellegzetes alakú fenyők mennyisége elérheti egyes mintavételi helyeken az egyharmados arányt is. Ezzel jelentősen rontva a fenyők műszaki felhasználhatóságát. Sajnálatos módon ennek a károsítónak ideális élőhelyet nyújtanak ezek száraz meleg klímájú, tápanyagban szegény termőhelyeken tenyésző ritka erdefenyvesek (TALLOS, 1966). A későbbiekben célszerű lenne megvizsgálni, hogy a tápanyagellátottság és a fertőzöttség között van-e kimutatható összefüggés. Az átlagos fertőzöttségi arány a vizsgált 30-50 éves korcsoportban jellemzően 10-20% között mozgott (29. ábra)



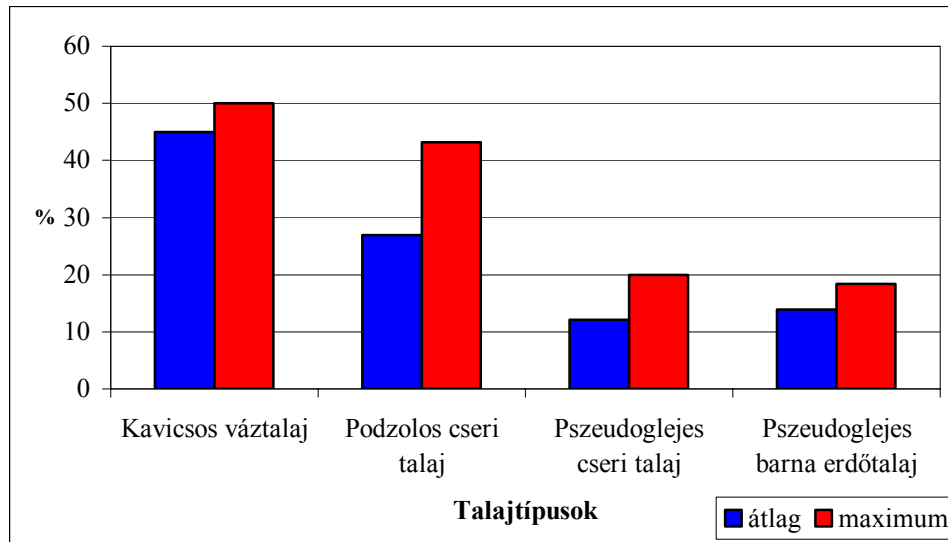
29. ábra: A fenyőilonca okozta kártétel aránya az erdefenyő állományokban



30. ábra: A legjellemzőbb rügy és hajtáskárok megoszlása az iványi erdefenyvesekben

(ALI, 2000)

A rügy és hajtáskárosításokat nem vizsgáltam a területen, de ALI (2000) adatai alapján megállapíthatjuk, hogy a legjellemzőbb ilyen károk: a torzulások és a xilofág rovarok okozta kártételek (30. ábra), amelyek közül a legjelentősebb a fenyőrontó fenyődarázs (*Neodiprion sertifer* GEOFFR.).



31. ábra: A száradék aránya talajtípusonként 45 éves erdeifenyő állományokban

Az általam vizsgált másik probléma az erdeifenyvesek száradása volt, amit a száradék mennyiségén keresztül próbáltam jellemezni. A legnagyobb mértékű száradás a kavicsos vázталajon és a podzolos cseri talajon jelentkezett (31. ábra). Ebben minden bizonnyal szerepet játszik az is, hogy ezen talajtípusoknak nagyon alacsony a hasznosítható vízkészlete.

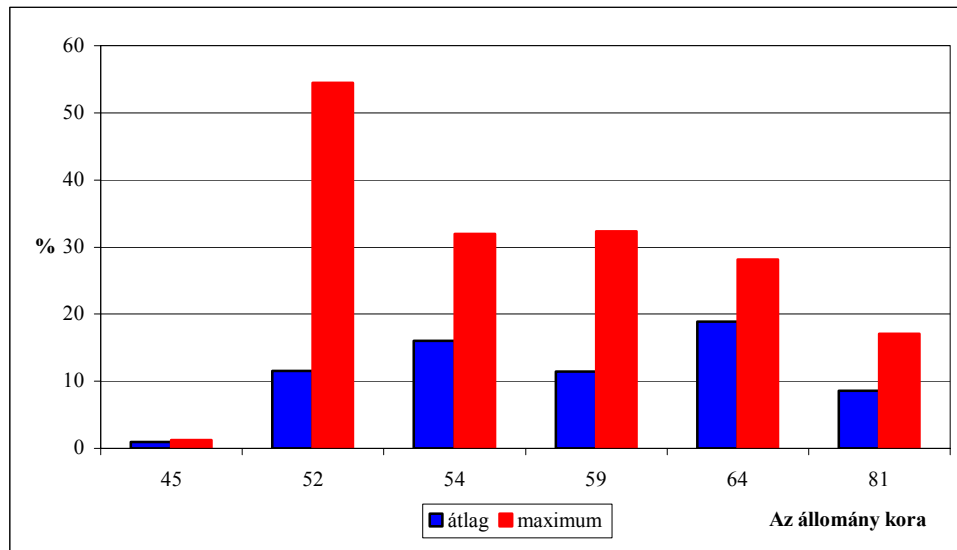
Az erdeifenyvesekben a csúcsszáradás nem volt jellemző mindössze 1-3 %-os arányban fordultak elő.

A feketefenyő esetében nem tapasztaltam jelentősebb károsításokra utaló nyomot, ami megegyezik ALI (2000) eredményeivel.

#### 4.6.2. Lombosok

A lombosok közül a legnagyobb területet a csertölgy foglalja el. Ennél a tölgyfajnál tapasztaltam a legtöbb faanyag minőségét rontó károsodást. A legjellemzőbb ilyen jól látható egészségügyi probléma a fagylécesség volt. Ez a kártétel a negyven év feletti állományokban figyelhető meg, átlagosan a fák 10-20 százalékát érintette a területen (32. ábra), a magasabb

értékek jellemzően a kavicsos vázталajokon fordultak elő. A maximális értéket egy középkorú cseresben találtam, ahol a fák 55 %-a szenvedett ettől a jelenségtől.



32. ábra: A fagyléc előfordulási gyakorisága a vizsgált iváni cseresekben

A másik csak ennél a fafajnál előforduló speciális probléma a tőkorhadás volt, amely valószínűleg a sarjeredet és valamilyen gomba károsításának a következménye. Ez a probléma a középkorú állományokat érinti elsősorban, ahol jellemzően az állomány 5-10 % szenvedett a kártételtől, az előfordult maximum érték 25 % volt.

A száradék átlagos aránya 8,2 %-ra adódott, ennél jóval nagyobb arányt mértünk az Iván 71-72 tagokban elhelyezkedő kavicsos vázталajokon, ahol az arányuk helyenként meghaladta a 40 %-ot.

A csúcsháradás nem volt jellemző erre a fafajra, átlagos aránya 2,1 %-volt.

A kocsánytalan tölgy és a kocsányos tölgy esetében komolyabb egészségügyi problémával nem találkoztam, a száradék illetve a csúcsháradás aránya elfogadható 2-3 % volt átlagosan.

A virágos kőris és az akác egészségi állapota nagyon változatos volt, elsősorban a két szélsőség jelentkezett: vagy semmilyen problémájuk nem volt, vagy pedig kiszáradtak. Az utóbbi helyeken valószínűleg éppen egy-egy csapadékos év okozta a pusztulásukat, mivel nem bírják az időszakos víztöbbletet.

#### 4.7. A cseri talajokon álló faállományok tápelemtartalma

A tápelem vizsgálataink során a 95%-nál nagyobb szignifikancia szintű összefüggéseket tekintettem statisztikailag megbízhatónak. A különböző fajokban mért tápelemtartalmakat t-próbával hasonlítottam össze.

##### 4.7.1. A cseri talajokon álló faállományok azévi leveleinek tápelemtartalma

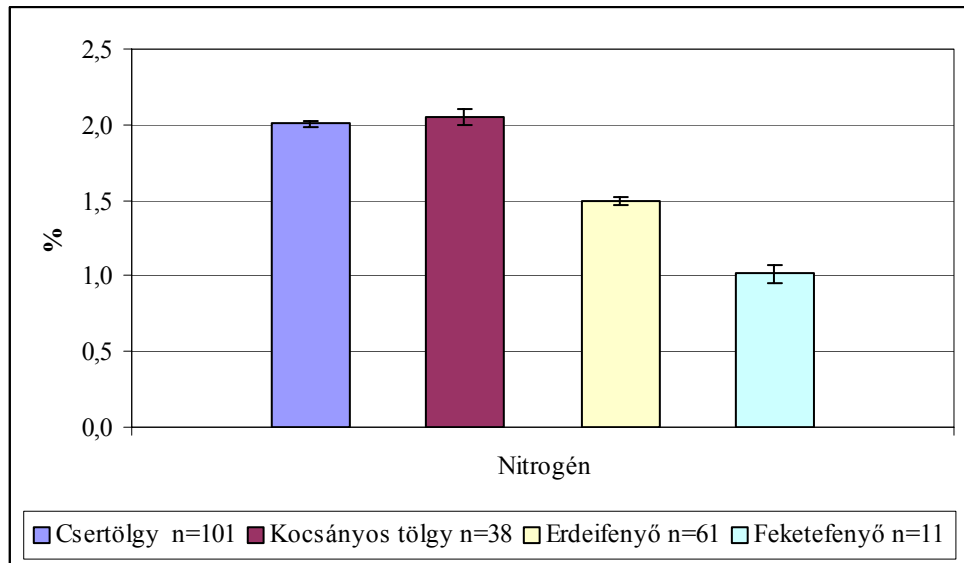
A cseri talajokon álló állományok gyenge egészségi állapotának a vizsgálata során kezdtem el foglalkozni a növények tápelemtartalmának kérdésével. A legfontosabb megválaszolandó kérdés az volt, hogy a talajban található tápelemekből az itt lévő állományok fel tudnak-e venni annyi tápelemet, amennyi optimális a fák számára. A vizsgált területen előforduló fontosabb fafajok, a kocsányos tölgy (*Quercus robur*), a csertölgy (*Quercus cerris*), az erdeifenyő (*Pinus sylvestris*) és a feketefenyő (*Pinus nigra*) levélmintáit elemeztem a 3.3. fejezetben leírt módszerek segítségével.

A vizsgálatok során a fenyőkben található tápelem tartalom a réz kivételével, mindenhol élesen eltért a tölgyekben mért tápelem koncentrációtól.

###### 4.7.1.1. Makrotápelemek

A tölgyek leveleinek nitrogéntartalma között statisztikai különbség nem mutatható ki, a kocsányos tölgnél 2,1 %-ot a csertölgynél 2,0 %-ot mértem (33. ábra). Ezek az eredmények a megfelelő ellátottsági értékek alsó határán (2,0 %) helyezkednek el (ULRICH, 1990). Az Északi-középhegységben a beteg fák klorotikus leveleiben 1,7 % nitrogént találtak (BERKI, 1991), Az egészséges kocsánytalan tölgy levelében Magyarországon átlagos 2,46 % nitrogén található (BERKI, 1991, 1999) ennek az általam mért érték alig több mint a háromnegyedét teszi ki.

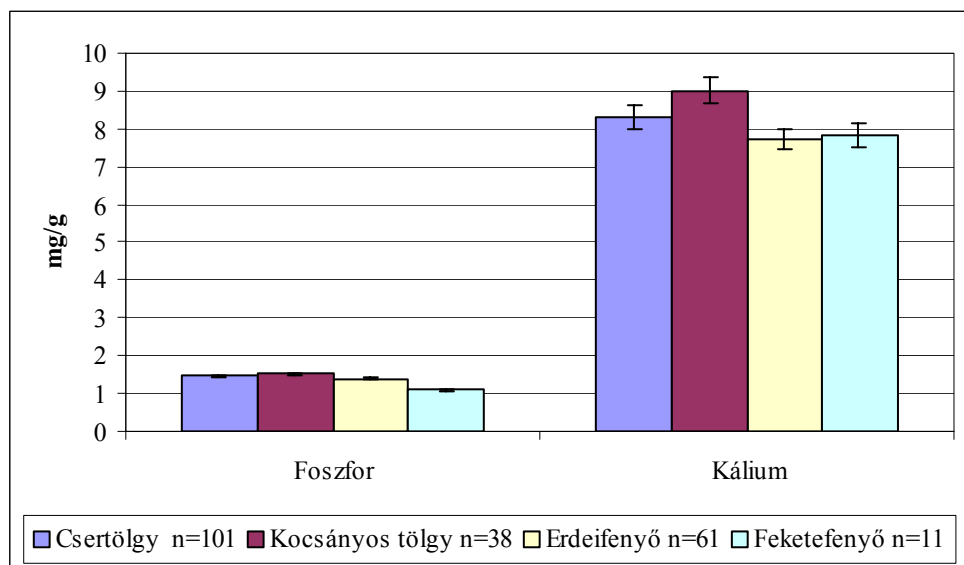
A két fenyőfaj tűiben talált értékek statisztikailag is különböztek, az erdeifenyőnél 1,5 %-ot, a feketefenyőnél csupán 1,0 %-ot mutattunk ki.(33. ábra). Az erdeifenyő eredményei a tölgyekhez hasonlóan a megfelelő ellátottsági értékek alsó határán mozognak (1,4 %, ULRICH, 1990).



33. ábra: A vizsgált fajok levelének átlagos nitrogéntartalma, valamint standard hibája

A tölgyek foszfortartalom szempontjából egységesnek tekinthetők, közöttük statisztikai különbség nem mutatható ki (34. ábra). A megfelelő ellátottsági szint alsó határán (1,5 mg/g, ULRICH, 1990) mozognak.

A két fenyőfaj között statisztikailag is igazolható különbségeket találtam. Az erdeifenyő esetében 1,4 mg/g-ot mértem (34. ábra), amely megfelelő ellátottsági szint alsó értékének felel meg (1,-4-2,0 mg/g, ULRICH, 1990). A feketefenyő esetében még az erdeifenyőnél is alacsonyabb értéket kaptam, mindössze 1,1 mg/g-ot (34. ábra).



34. ábra: A vizsgált fajok levelének foszfor- és káliumtartalma, valamint standard hibáik



A tölgyek levelének káliumtartalmát vizsgálva azt tapasztaltam, hogy a csertölgy és a kocsányos tölgy levelei között statisztikailag igazolható különbség nem mutatható ki. A legnagyobb káliumtartalommal a kocsányos tölgy rendelkezett 9,0 mg/g-mal (34. ábra), de ez az érték sem éri el a megfelelő ellátottsági értékek alsó határát, amely 10 mg/g (ULRICH, 1990). A csertölgynél mért 8,3 mg/g-os érték is elmarad a kívánatos mennyiségtől. A magyarországi adatok alacsonyabb káliummennyiséget mutatnak, mint a németországiak, BERKI (1991) szerint a kocsánytalan tölgyben 8,3 mg/g PAPP (1985) szerint 7,8 mg/g az átlagos káliumtartalom. A csertölgyre a PAPP (1985) 7,9 mg/g-os átlagos értéket közöl. Az én mérési eredményeim ezeket az értékeket meghaladják, így a magyarországi viszonyok között nem tekinthetők hiánytünetesnek ezek a fák.

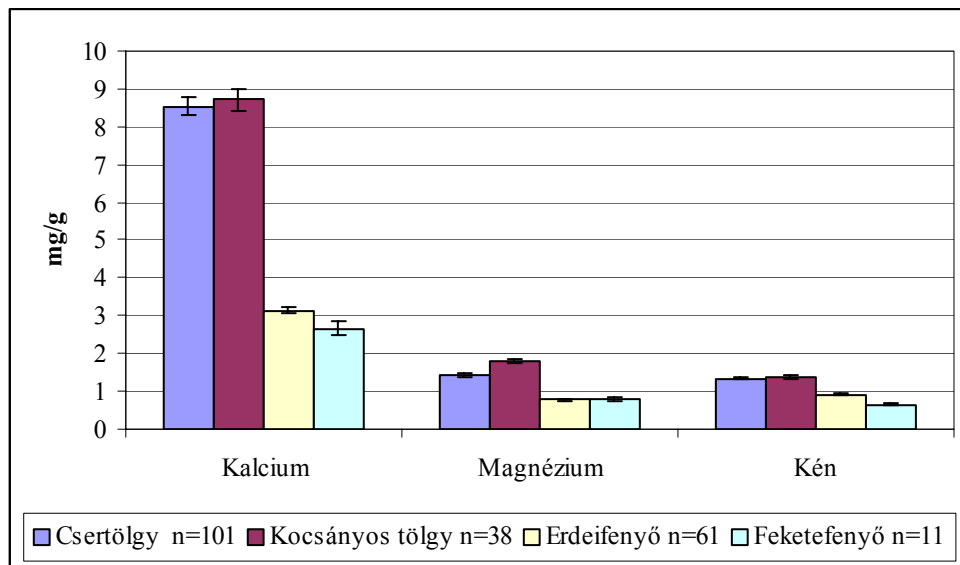
A két fenyőfaj statisztikailag egységes képet mutat, az erdeifenyőnél 7,7, mg/g-ot a feketefenyőnél 7,8 mg/g-ot mértem (34. ábra). Ezek az értékek az erdeifenyőre megállapított megfelelő ellátottsági tartománynak (5-10 mg/g, ULRICH, 1990) a közepén helyezkednek el, jelentősen meghaladva természetesen a hiánytünetek határát jelentő 3,5 mg/g-os értéket (HARTMANN ET AL., 1995).

A növények megfelelő káliumellátottságához hozzájárul az is, hogy a talajban viszonylag kevés kalcium található, ugyanis a káliumnak az egyik legjelentősebb antagonistája a kalcium (MENGEL, 1976).

#### 4.7.1.2. Mezőtápelemek

A tölgyek levelének kalciumtartalma statisztikailag azonosnak tekinthető, a csertölgyé 8,5 mg/g, a kocsányos tölgyé 8,7 mg/g (35. ábra). Ezek az értékek a tölgyekre megállapított megfelelő ellátottsági tartománynak (3-15 mg/g, ULRICH, 1990) a közepén helyezkednek el, így biztosak lehetünk abban, hogy a talaj az alacsony pH-ja ellenére a tölgyek számára megfelelő mennyiségű kalciumot tud biztosítani. Ezek az értékek megfelelnek a BERKI (1991) által közölt kocsánytalan tölgy átlagértékeknek, amelyet ő 9,0 mg/g-nak állapított meg.

A fenyők tűiben, a tölgyek lombjában található kalciumnak csak közel egyharmadát tudtam kimutatni, az erdeifenyő esetében 3,1 mg/g-ot, feketefenyőnél pedig mindössze 2,7 mg/g-ot (35. ábra). A két fenyőfajban talált tápelem mennyiségek statisztikailag elkülönülnek. Az erdeifenyőnél tapasztalt érték épp meghaladja a megfelelő ellátottsági szint alsó határát (3,0 mg/g, ULRICH, 1990), a feketefenyő pedig alatta marad az erdeifenyőre megadott határértéknek.



35. ábra: A vizsgált fafajok levelének kalcium-, magnézium- és kéntartalma, valamint standard hibáik

A tölgyek levelének magnéziumtartalma már korántsem mutat olyan egységes képet, mint a kalcium esetében (35. ábra). A legnagyobb magnéziumtartalommal rendelkező kocsányos tölgnél majdnem 1,8 mg/g-ot mértem, amely meghaladja – ha nem is sokkal – a megfelelő ellátottsági szintnek az alsó határértékét 1,5 mg/g (ULRICH, 1990). A csertölgynél tapasztalt valamivel több, mint 1,4 mg/g-os érték viszont alatta marad, de magasabb, mint a hiánytüneti határérték 1,1 mg/g (HARTMANN ET AL., 1995). A csertölgy ezzel a tápelem tartalommal statisztikailag élesen elkülönül a kocsányos tölgytől. A magnézium esetében a hazai szakirodalom mind a kocsánytalan tölgy, mind pedig a csertölgy esetében 1,6 mg/g-ra teszi az átlagos értéket (BERKI 1991, PAPP 1985).

A fenyők magnéziumtartalma statisztikailag nem különbözik egymástól. A tűikben a tölgyeknél tapasztalt értékek csak felét találtam, mindkét fenyőfaj esetében 0,8 mg/g-ot. Ez az érték jóval alatta marad a megfelelő ellátottsági szint az alsó határértékénél, amely 1,0 mg/g (ULRICH, 1990), azonban kétszer olyan magas, mint az erdeifenyőre megállapított HARTMANN ET AL. (1995) által közölt akut hiánytüneti határérték, amely 0,4 mg/g, és másfélszer magasabb MENGEL (1976) által megadott 0,6 mg/g-nál is.

A viszonylag alacsony magnéziumellátottságnak egyik oka lehet a növényekben található magas mangánmennyiség, amely a gátolja a magnézium felvételét (MENGEL, 1976).

A csertölgy és a kocsányos tölgy leveleinek kéntartalma között statisztikai különbség nem mutatható ki, a kocsányos tölgy esetében 1,4 mg/g-ot, a csertölgynél pedig 1,3 mg/g-ot

mértem (35. ábra). Ezek az értékek a kénhiányra utalnak, BERKI (1991) szerint az egészséges kocsánytalan tölgyek levelében a kén mennyisége 1,7 mg/g, míg a hiánytünetes fákra 1,5 mg/g-os értéket közöl. A kénhiány oka valószínűleg az elégtelen mineralizációban keresendő.

A két fenyőfaj tűinek kén tartalma statisztikailag élesen elkülönül, míg az erdeifenyő kén tartalma 0,9 mg/g, addig a feketefenyőé csak 0,65 mg/g (35. ábra). Ez a kénmennyiség az erdeifenyő esetében alacsony-közepesnek tekinthető (ARB.GEM. FORSTEINRICHT., 1996).

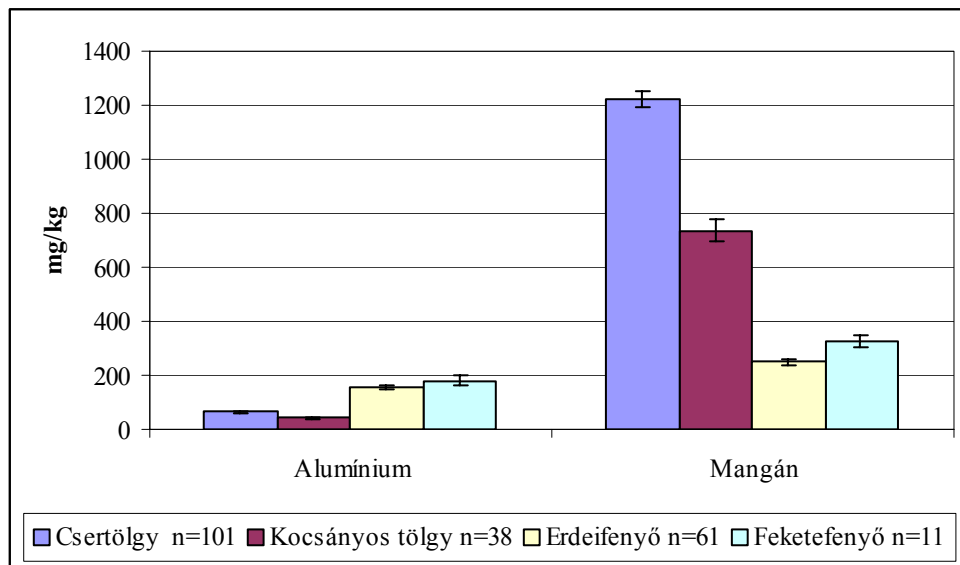
#### 4.7.1.3. Mikrotápelemek

A két tölgyfaj levelei mangántartalom szempontjából statisztikailag igazolhatóan elkülönülnek egymástól. Míg a csertölgy leveléből 1225 mg/kg-ot tudtam kimutatni, addig a kocsányos tölgy esetében 737 mg/kg-ot mértem (36. ábra). Ezek az értékek 20-30 szorosai a hiánytüneti értéknek, amely tölgnél 40 mg/kg (HARTMANN ET AL., 1995) és már a mezotápelemek nagyságrendjét közelítik. A mért értékek ULRICH (1990) szerint már túl vannak a megfelelő ellátottsági szint felső határán, amelyet ő 150 mg/kg-nak ad meg, de HARTMANN ET AL. (1995) szerint a sáv jóval szélesebb 60-1400 mg/kg, és így ebbe beférnek még az általam talált értékek. A csertölgyre vonatkozó hazai értékek lényegesen magasabbak az általam mértéknél, PAPP (1985) mérései során 3912 mg/kg-nak találta ezt az értéket.

A fenyők tűiben mért értékek statisztikailag elkülönülnek, az erdeifenyő tűiben 249 mg/kg-ot, a feketefenyőéiben 327 mg/kg-ot találtam (36. ábra). Ezek az értékek három-öttszöröse -a tölgnél majdnem kétszer nagyobb- erdeifenyő hiánytüneti határértéknek, a 70 mg/kg-nak (HARTMANN ET AL., 1995). A megfelelő ellátottsági szint két határértéke közé esnek az általam mért értékek, mert az erdeifenyő esetében ez 50 mg/kg illetve 500 mg/kg (ULRICH, 1990).

Az alumínium esetében azt tapasztaltam, hogy a látszólagos különbségek ellenére statisztikailag nem különül el a csertölgy és a kocsányos tölgy, aminek a háttérében a mért értékek viszonylag nagy szórása állhat. A kocsányos tölgy esetében 43,7 mg/kg-os, a csertölgnél pedig 63,8 mg/kg-os értéket mértem (36. ábra).

Mindkét fenyőfaj tűiben kétszer-háromszor annyi alumíniumot találtam, mint a tölgyekben. Az erdeifenyő tűiben 158 mg/kg-ot, a feketefenyőében még többet 180 mg/kg (36. ábra). Sajnos az optimális alumíniumtartalomra nem állnak rendelkezésünkre adatok. A két faj között statisztikailag igazolható különbséget nem sikerült kimutatni.



36. ábra: A vizsgált fafajok levelének mangán- és alumíniumtartalma, valamint standard hibáik

A réztartalom az alumíniumhoz hasonló képet mutat, statisztikailag igazolható különbségeket ebben az esetben sem sikerült kimutatni. A csertölgy leveleiben 49,6 mg/kg találtam ebből a tápelemből, a kocsányos tölgyben pedig 51,5 mg/kg-ot (37. ábra). Az általam mért réztartalom jelentősen meghaladja a megfelelő ellátottsági szint felső határát 12 mg/kg-ot (ULRICH, 1990). A mért értékek több mint négyszeresei a felső határértéknek, és jelentősen meghaladják a csertölgyre közölt hazai értéket a 8,7 mg/kg-ot (PAPP, 1985)

A vizsgált két fenyőfaj tűinek réztartalma között statisztikailag kimutatható különbséget nem találtam. Az erdeifenyőben 54,7 mg/kg-ot mértem, amely meghaladja a tölgyeknél tapasztaltat, addig a feketefenyőnél csak 49,5 mg/kg-ot, de mindkét érték jelentősen (több mint négyszeresen) meghaladja az erdei fenyőre megadott megfelelő ellátottsági szint felső határát 12 mg/kg-ot (ULRICH, 1990).

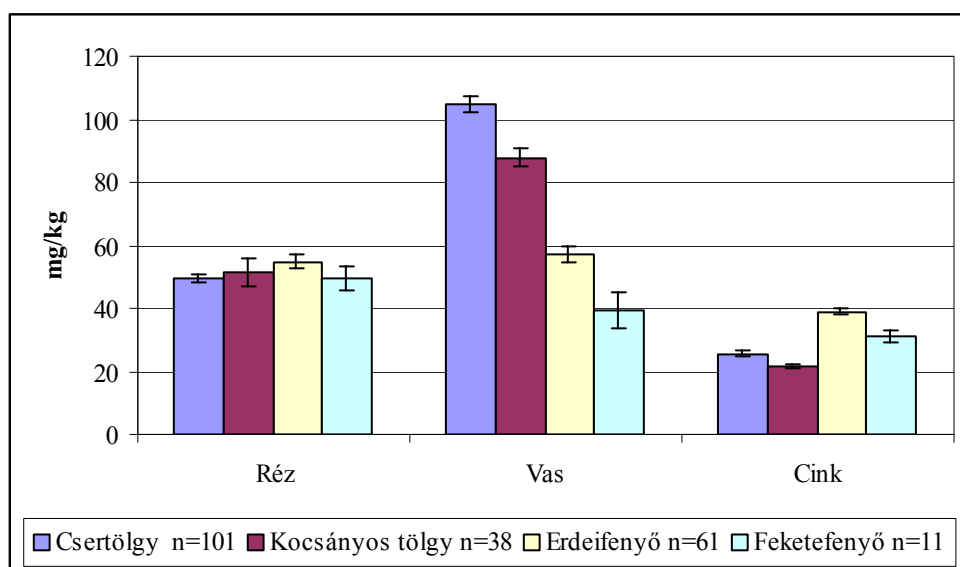
A réztartalom volt az egyetlen, amelynél a tölgyek és a fenyők között nem lehetett statisztikailag különbséget igazolni.

A magas fémtartalomnak valószínűleg az az oka, hogy a savanyú kémhatás miatt jelentős mennyiségű réz, alumínium, vas, mangán található könnyen felvehető formában a talajban.

A tölgyekben többszörösét találtam a fenyőkben kimutatható vasmennyiségnek, ellentétben az alumíniummal, amely inkább a fenyőkben halmozódott fel. A tölgyek között statisztikailag igazolható különbség mutatható ki, a csertölgy esetében 105 mg/kg-ot, a kocsányos tölgyenél pedig 88 mg/kg-ot mértem (37. ábra). A vasra nem álltak rendelkezésemre

a megfelelő ellátottsági szint értékei, de az általam mért értékek jelentősen meghaladják a hiánytüneti határnak tekintett 60 mg/kg-ot (HARTMANN ET AL., 1995). A kapott eredmény lényegesen alacsonyabb, mint a PAPP (1985) által csertölgyre közölt 253 mg/kg-os érték.

A két fenyőfaj, a tűikben talált vastartalom alapján statisztikailag is elkülönülnek. Az erdeifenyőben 57,4 mg/kg-ot mértem, míg a feketefenyőben ennek mintegy kétharmadát 39,6 mg/kg-ot (37. ábra). Az erdeifenyő tűiben mért adatok valamivel magasabbak a ZECH (1970) által egészséges tűlevelekre megadott 50 mg/g-os átlagértéknél, de alacsonyabbak a HARTMANN ET AL. (1995) által megadott gyenge hiánytüneti határértéknél, amely 70 mg/kg. Mindkét szerző 20 mg/kg-ra teszi azt a határértéket, amikor komoly hiánytünetek jelentkeznek a fákon.



37. ábra: A vizsgált fajok levelének réz-, vas-, és cinktartalma, valamint standard hibáik

A csertölgy és a kocsányos tölgy leveleiben mért cinktartalom statisztikailag különbözik, a csertölgynél ebből a tápelemből 25,7 mg/kg-ot, kocsányos tölgnél pedig 21,8 mg/kg-ot mértem (37. ábra). Ezekkel az értékekkel mindkét tölgyfaj a megfelelő ellátottsági szint alsó határértékét jelentősen meghaladja, amely 15 mg/kg (ULRICH, 1990). A mérési eredményeim jól harmonizálnak a PAPP-féle (1985) vizsgálattal, amely során csertölgy esetében ebből a tápelemből 23,5 mg/kg-ot mutattak ki.

A tűikben mért cinktartalom alapján statisztikailag a két fenyőfaj is elkülönül. Az erdeifenyőben 39,0 mg/kg-ot, a feketefenyőben pedig 31,1 mg/kg-ot találtam (37. ábra). Ezek az értékek magasabbak a tölgyeknél kapott eredménynél, de még a megfelelő ellátottsági szint két határértéke közé esik, amely az erdeifenyő esetében 13-50 mg/kg (ULRICH, 1990).

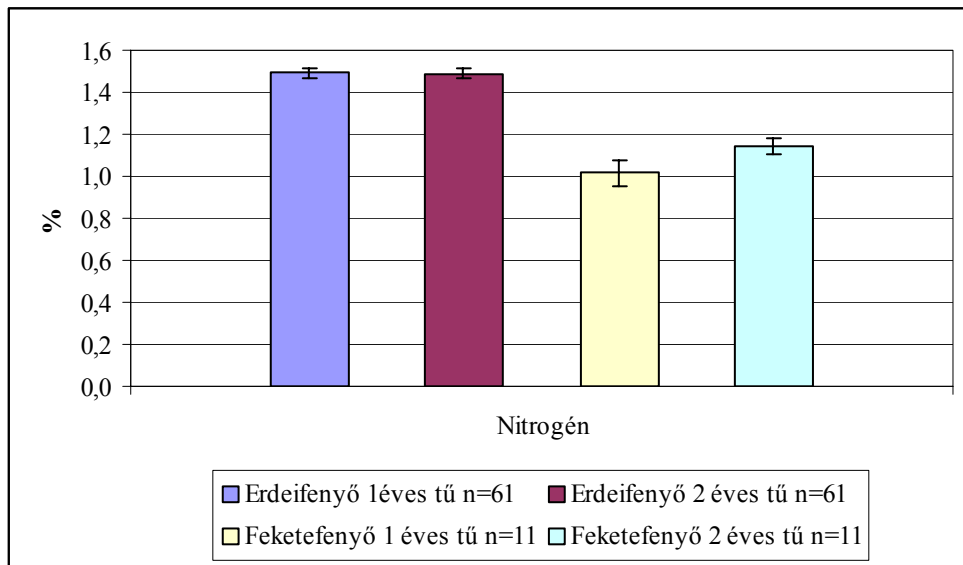
A cseri talajokon álló állományok makrotápelem ellátottsága alsó határérték közelében mozog, éppúgy mint a mezotápelemek esetében, ahol kénből már hiány mutatkozik. A kalcium esetében, amely kiemelt fontossággal bír ezeken a savanyú talajokon azt tapasztaltam, hogy míg a tölgyek esetében közepes ellátottságról lehet beszélni, addig a fenyők esetében éppen eléri a megfelelő ellátottsági szintet (ami 1/3-a tölgyekének). Ez mindenképp arra utal, hogy a tölgyek kalciumfeltárási képessége jobb ezen viszonyok között, mint a vizsgált fenyőfajoké. A mikrotápelemek esetében a fémionok felhalmozódását tapasztaltam, a lombosok inkább a mangánt és a vasat halmozták fel, míg a fenyők az alumíniumot. A rezet mindkét csoport felhalmozta. A fentiek alapján mindenképp javasolom a tápanyagutánpótlást, amennyiben van rá lehetőség az erdősítésekben, valamint a tölgyek előnyben részesítését a vizsgált fenyőfajokkal szemben.

#### **4.7.2. A cseri talajokon álló fenyőállományok egy és többéves tűleveleinek tápelemtartalma**

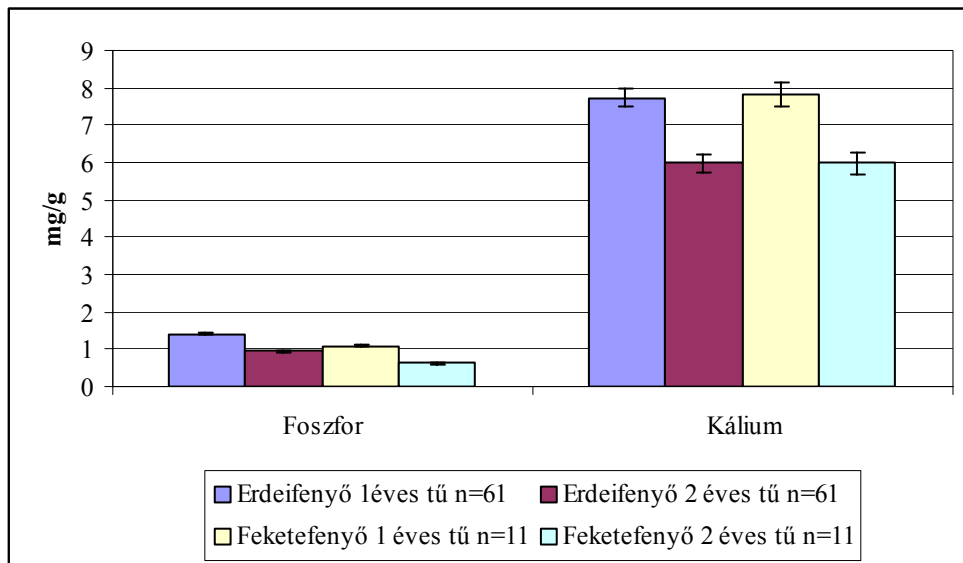
A növényminták vizsgálata során az egy és kétéves erdeifenyő illetve feketefenyő tűlevelekben található tápelemeket is megvizsgáltam azért, hogy a tűk öregedése folyamán lejátszódó változásokat is nyomon tudjam követni. A vizsgálatok során számos eltérést találtam mind az egyes tápelemek viselkedésében, mind pedig a két fenyőfajban lejátszódó folyamatok között.

##### **4.7.2.1. Makrotápelemek**

Az erdeifenyő esetében azt tapasztaltam, hogy a különböző korú tűlevelek között statisztikailag kimutatható különbség nincs (38. ábra). Ez azzal magyarázható, hogy a nitrogén reutilizálhatósága ellenére nem volt szükség az idősebb levelekből kivonni ezt a tápelemet, mivel a nitrogénellátottság elérte megfelelő ellátottsági szintet (lásd 4.7.1.1. fejezet). A feketefenyő idősebb tűiben statisztikailag kimutathatóan több volt a nitrogén, mint a fiatalabbakban (38. ábra), de abszolút értékben még így is kevesebb volt benne, mint az erdeifenyőben. A feketefenyőben talált nitrogéntartalom alapján – annak ellenére, hogy nem állnak rendelkezésünkre, e fafajra határértékek- azt mondhatjuk, hogy kisebb a nitrogén igénye, mint az erdeifenyőnek és nem szenved nitrogénhiányban, ellenkező esetben a kétéves tűkből az egyévesekbe csoportosította volna át ezt a reutilizálható tápelemet.



38. ábra: A vizsgált fenyőfajok különböző korú tűinek átlagos nitrogéntartalma, valamint standard hibája



39. ábra: A vizsgált fenyőfajok különböző korú tűinek átlagos foszfor- és káliumtartalma, valamint standard hibáik

A különböző korú tűlevelek foszfortartalmát vizsgálva mindkét fenyőfajnál statisztikailag kimutatható különbséget tapasztaltam. A kétéves tűkben, az egyéves tűk foszfortartalmának mindössze közel kétharmadát találtam (39. ábra).

Az erdeifenyőnél a megfelelő ellátottsági határnak tekintett 1,4 mg/g (ULRICH, 1990) foszfort mértem az egyéves tűkben, a kétévesekben jóval kevesebbet (39. ábra), ez arra utal, hogy ezt a reutilizálható elemet a fa átcsoportosította a fiatalabb tűkbe. A feketefenyő esetében is ezek a folyamatok figyelhetők meg, csak egy alacsonyabb foszforszint (1,1 mg/g; 0,6 mg/g) mellett (39. ábra). Mindez arra utal, hogy a cseri talajok nem tudnak kellő mennyiséget biztosítani a növényeknek ebből a tápanyagból.

A kálium vizsgálata során a foszforhoz hasonló jelenséget tapasztaltam, vagyis statisztikailag kimutathatóan a kétéves tűkben jelentősen kevesebb volt e tápelemből, majdnem 25%-kal, mint az egyéves tűkben (39. ábra). A két fenyőfaj tűiben tapasztalt átlagos káliummennyiség majdnem teljesen megegyezett az egyéves, és a kétéves tűkben. A fákban annak ellenére lezajlott a reutilizáció, hogy mindegyik tűkorcsoport átlaga a szakirodalom által közölt megfelelő ellátottsági sávban található, amely erdeifenyő esetében 5-10 mg/g (ULRICH, 1990). Ez a folyamat arra utal, hogy a növények káliumellátottsága még így sem tökéletes, de megfelel annak az általános növényélettani szabálynak, hogy a fiatal levelekben nagyobb a káliumkoncentráció, mint az idősebbekben (MENGEL, 1976).

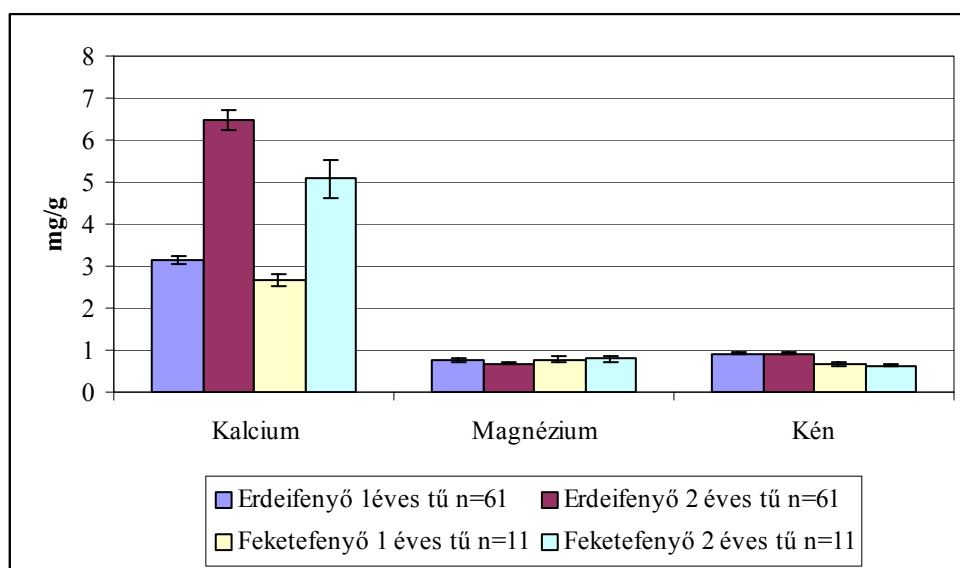
#### 4.7.2.2. Mezőtápelemek

A káliummal ellentétes megoszlást találtam a kalcium esetében, amikor is az idősebb tűkben statisztikailag igazolhatóan több mutatható ki ebből a tápelemből mindkét fenyőfajnál. A kétéves tűkben megközelítőleg kétszer annyi kalcium volt, mint az egyéves tűkben (40. ábra). Az erdeifenyő fiatal tűleveleiben mért értékek éppen elérik a megfelelő ellátottsági sáv alsó határértékét, míg az idős tűlevelekben található értékek a sáv felső határát is meghaladják (3,0-6,0 mg/g, ULRICH, 1990). Mennyisége elsősorban a kortól, és a talajból felvehető tápelem mennyiségtől függ, az idős levelekben azért találunk többet, mert hosszabb ideje veszik fel és építik be a gyökerekből odaszállított kalciumot, mint a fiatalabbak. A kalcium nem reutilizálható tápelem, így hiánytünetek akkor is felléphetnek a fiatal levelekben, ha az idősebbekben bőven van ebből a tápelemből (MENGEL, 1976).

A magnézium szempontjából a két fenyőfaj viselkedése különbözőnek tűnik, ugyanis az erdeifenyő esetében az idősebb tűkben több mint 10%-kal alacsonyabb értékeket tapasztaltam, bár ez nem bizonyult statisztikailag kimutatható eltérésnek. A feketefenyőnél viszont a magnéziumtartalom nagysága minden korcsoportban közel azonosnak bizonyult



(40. ábra). A magnézium reutilizálható tápelemek közé tartozik, így valószínű, hogy az erdeifenyőnél megjelenő –de statisztikailag nem bizonyítható- eltérés abból adódik, hogy a fák magnéziumhiányban szenvednek, és idősebb tűikből a fiatalabba szállítják át ezt a tápanyagot, így a magnéziumhiány először az idős levelekben jelentkezik (MENGEL, 1976). Ezt igazolja, hogy az erdeifenyőben mért érték nem éri el a megfelelő ellátottsági sávnak az alsó értékét sem, amely 1 mg/g (ULRICH, 1990). A magnéziumhiány kialakulásában szerepet játszik nagy valószínűséggel a talaj mangántartalma, amely gátolja ennek az elemnek a felvételét. (MENGEL, 1976). A feketefenyő viselkedése arra enged következtetni, hogy ennek fajnak a magnéziumigénye jóval alacsonyabb, mint az erdeifenyőé.

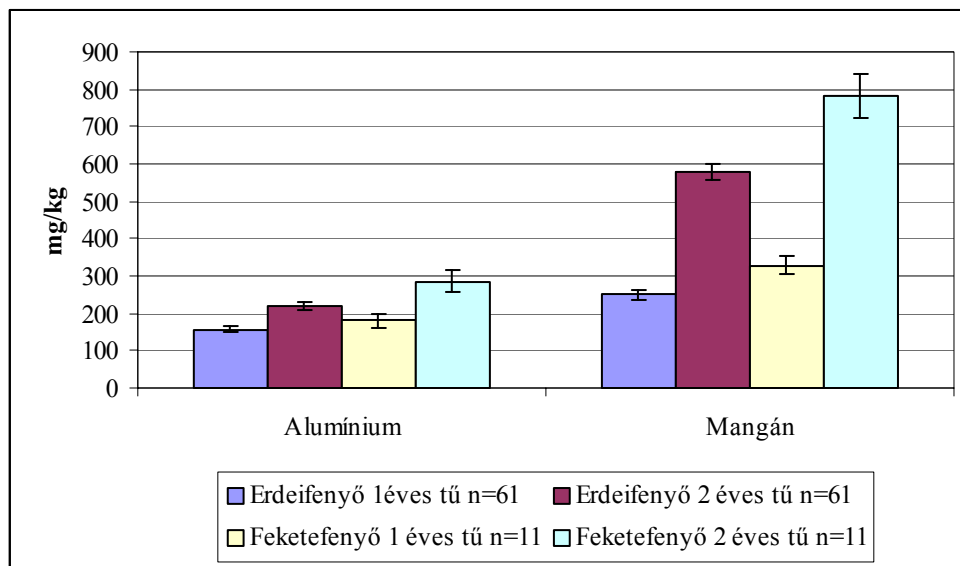


40. ábra: A vizsgált fenyőfajok különböző korú tűinek átlagos kalcium-, magnézium- és kéntartalma, valamint standard hibáik

Sem az erdeifenyő, sem pedig a feketefenyő két korcsoportja között nincs statisztikailag kimutatható kéntartalom különbség. Mindkét fajnál nagyon egységes képet mutatnak a korcsoportok (40. ábra). Ez a jelenség arra vezethető vissza, hogy mindkét faj valószínűleg rendelkezik a számára szükséges kénmennyiséggel, felvétele és beépülése kiegyenlítettnek tekinthető. A két faj tűi között meglévő statisztikailag kimutatható éles különbség, arra utal, hogy a két faj kénigénye, kénfelvétele jelentősen eltér egymástól.

## 4.7.2.3. Mikrotápelemek

Az alumínium viselkedése a kalciuméra hasonlít. Az idősebb kétéves tük elemtartalma mind a két fenyőfaj esetében megközelítőleg másfélszerese az egyéves tükének (41. ábra). A két korcsoport elkülönülése egymástól mind az erdeifenyőnél, mind pedig a feketefenyőnél statisztikailag igazolható. Valószínű, hogy az idősebb tűlevelekben tapasztalt magasabb elemkoncentráció itt is azzal magyarázható, hogy ott a felvétel és a beépülés már hosszabb ideje zajlik. Az alumínium élettani szerepéről még nem sokat tudunk, de hiánya nem okoz problémát, inkább a toxicitása miatt ismert (DEBRECZENI, 1999A). Felvehetősége a savanyú talajokon nagyon megemelkedik, ilyen helyeken a növények felhalmozzák magukban az alumíniumot, különösen a gyökerekben. Ez gyökérkárosodást okoz és rontja a többi tápelem felvételét, különösen a foszforét, amellyel reakcióba lépve kicsapódnak az oldatból (MENGEL, 1976)

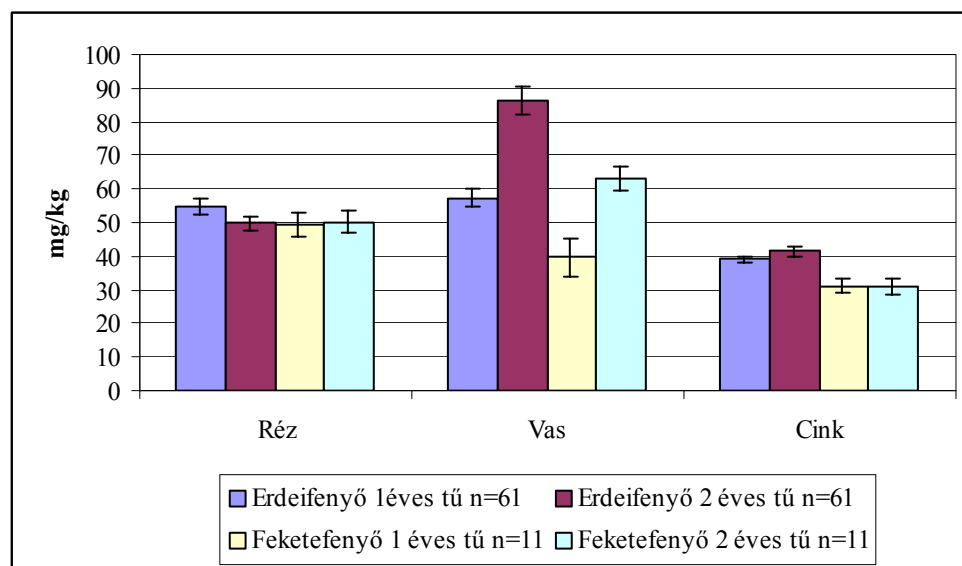


41. ábra: A vizsgált fenyőfajok különböző korú tűinek átlagos alumínium- és mangántartalma, valamint standard hibáik

Az erdeifenyő esetében mangántartalom szempontjából statisztikailag is bizonyíthatóan külön csoportot alkotnak az egyéves és a kétéves tűlevelek (41. ábra). A feketefenyő esetében, amely e tápelem tartalom tekintetében szignifikánsan eltér a másik fenyőfajtól (lásd 4.7.1.3. fejezet) ugyanez mondható el. Az egyéves tükben mért mangántartalom az ULRICH (1990) által megadott megfelelő ellátottsági tartományban (50-500 mg/kg) helyezkednek el, de a kétéves tűlevelekben tapasztalt értékek meghaladják e

sáv felső határértékét. Ez a magas mangánkoncentráció valószínűleg már nehezíti a vas és magnézium felvételt, sőt már a vas enzimikus hatását is gátolja (MENGEL, 1976). A növényben a vashoz hasonlóan ennek az elemnek is alacsony a mozgékonyasága, így itt is elsősorban fiatal leveleken jelentkezik a hiánya. Az erdeifenyő tűleveleiben a vegetációs időszak alatt nagyon megemelkedik a mangán tartalom (MENGEL, 1976), amelyet közvetve az én méréseim is megerősítenek, hiszen a kétéves tűk több mint kétszer annyit tartalmaznak ebből az elemből, mint az egy évvel fiatalabbak.

Réz esetében sem a két fenyőfaj tűinek réztartalma, sem pedig a korcsoportok között nem sikerült statisztikailag igazolható különbségeket kimutatnom (42. ábra). A növényekben kimutatott réztartalom a megfelelő ellátottsági sáv felső határának (12 mg/kg, ULRICH, 1990) többszöröse. Ez a magas érték a savanyú talaj magas réztartalmával függ össze, ugyanis a tápelemnek a felvétele elsősorban a talaj rézion tartalmától függ, más ionok konkurenciája gyakorlatilag jelentéktelen (MENGEL, 1976). A növényben réztoxicitás ritkán - elsősorban erősen savanyú talajokon (SÁRDI, 1999B) - fordul elő, a vizsgált területen nem találtunk a fák mérgezésre utaló nyomokat.



42. ábra: A vizsgált fenyőfajok különböző korú tűinek átlagos réz-, vas- és cinktartalma, valamint standard hibáik

Vastartalom szempontjából az erdeifenyő tűlevelek két korcsoportja statisztikailag igazolhatóan különbözik (42. ábra), ugyanez a jelenség figyelhető meg a feketefenyő esetében is. Az erdeifenyőnél mért értékek meghaladják MENGEL (1976) által egészséges fákra közölt

50 mg/kg-os alsó határértéket, így valószínűleg megfelelő a fák vas ellátottsága. Hiánya egyébként is elsősorban a magas pH-jú karbonátos talajokon jelentkezik, ahol szinte kizárólag csak nehezen oldható alakban van jelen (MENGEL, 1976). Felvételét ezen a savanyú talajon nehezítheti a magas mangántartalom. A vashiány elsősorban a fiatal leveleken jelentkezik, amelynek nem tapasztaltuk nyomát, annak ellenére, hogy HARTMANN ET AL. (1995) szerint a hiánytüneti határérték 70 mg/kg. ZECH (1970) vizsgálatai szerint az erdeifenyő tűleveleiben lévő vaskoncentráció egészséges tűlevelek esetében 30-60 mg/kg között változik májustól - októberig, míg klorotikus tűleveleknél 18-50 mg/kg között. Augusztusban előbbieket 50 mg/kg-nak találta, az utóbbiakét pedig majdnem 40 mg/kg-nak.

Az egyéves és a kétéves tűlevelekben talált cinktartalom egyik fenyőfaj esetében sem különül el statisztikailag megbízhatóan (42. ábra). A cinkfelvételt a többi fémion -különösen a réz - akadályozza, míg a növényen belüli szállítást a nagy foszfáttartalom gátolhatja (Mengel, 1976). Az általunk vizsgált fenyőkben a nagy réztartalom ellenére a cinkellátottság megfelelőnek tűnik. Ehhez biztosan hozzájárul a talaj savanyúsága - amely megkönnyíti a cink felvételét -, és az alacsony foszforellátottság.

#### **4.8. A talajmeliorációs kísérlet eredményei**

##### **4.8.1. A csemeték leveleinek átlagos tápelemtartalma**

A növények tápelem tartalmának vizsgálata során a 3.3. fejezetben leírtak szerint jártam el. A tápelem tartalmakat vizsgálva elmondható, hogy a tápelem-ellátottság valamennyi makrotápelem esetében alacsonyabb a kívánatosnál, a mezotápelemek esetében megfelelő az ellátottság, míg egyes mikroelemekből az optimálisnál több található a növényekben, de toxicitásra utaló jeleket nem tapasztaltunk (6. táblázat). Hazai sorozatmérések hiányában, az irodalomban széles körben elfogadott tápanyag-ellátottsági határértékeket vettem alapul (ULRICH, 1990), de ezeknek az értékeknek a hazai viszonyokra történő adaptációja még további vizsgálatokat igényel.

A növényben található egyes tápelemek közötti összefüggést az egyes elemek közötti korrelációs együtthatóval vizsgáltam. Az összefüggéseket akkor tekintettem statisztikailag megbízhatónak, ha a szignifikancia szintje meghaladta a 95%-t.

tápelem	Átlag	Szórás	Optimális értékek*
N(mg/100mg)	1,9	0,2	2-3
P(mg/100mg)	1,3	0,2	1,5-3
K(mg/100mg)	6,7	2,1	10-15
Ca (mg/100mg)	10,3	1,6	3-15
Mg(mg/100mg)	2,5	0,4	1,5-3
S(mg/100mg)	1,3	0,18	
Fe(mg/kg)	134	33	
Mn(mg/kg)	1101	524,1	35-150
Cu(mg/kg)	82	23	6-12
Zn(mg/kg)	21	6	15-50
Al (mg/kg)	70	26	

\* ULRICH, (1990)

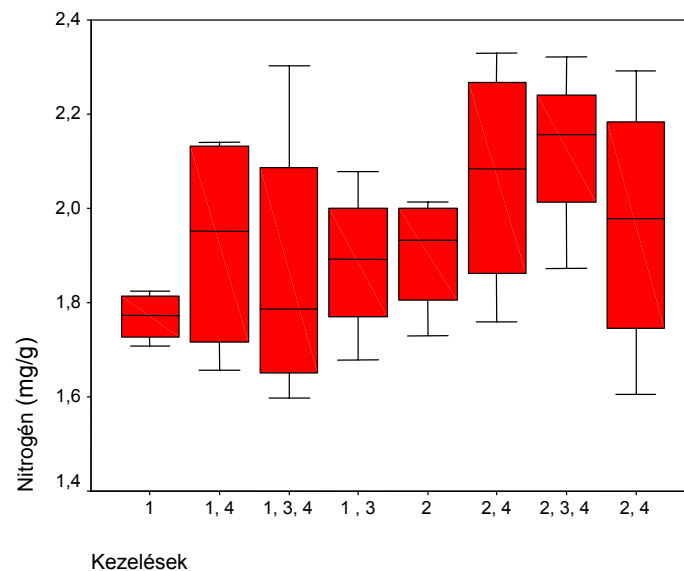
6. táblázat: Átlagos tápanyagtartalmak és szórásuk (n=32)

Valamennyi kezelés hatását egyszerre vizsgálva, ismervén az egyes minták heterogenitását, a tápelem-koncentrációk között igen szoros összefüggés nem mutatkozott. A legszorosabb korreláció a növényminták Al és Fe ( $r=0,72$ ), valamint B és Zn ( $r=0,76$ ) tartalmában adódott. Ez jól magyarázható az alumínium és a vas esetén azzal a ténnyel, hogy a savanyú termőhelyeken az alumínium mind az oldatban, mind pedig az adszorpciós komplexekben uralkodó kation és ennek megfelelően a vas oldhatósága is megnövekszik. A bór és a cink esetén hasonló a helyzet, csak nem a savanyú, hanem inkább a semleges kémhatás felé tolódott talajállapot esetén figyelhető meg mindez.

A kapcsolat szorosságát tekintve gyenge, azonban mindenképpen tendencia értékkel figyelembe veendő, a P és S ( $r=0,65$ ), P és N ( $r=0,60$ ), S és N ( $r=0,66$ ) közötti kapcsolat, ami jelzi a makrotápelemek közötti szoros összefüggést. Ez egyben arra is rámutat, hogy a tápanyagban jól vagy jobban ellátott termőhelyeken jelentősen javul az egyes egyedek, ezáltal az állományok tápanyag-ellátottsága, aminek következtében stabilabb, a különböző környezeti behatásokra ellenállóbb, dimenziójukban több faanyagot adó állományok jönnek létre.

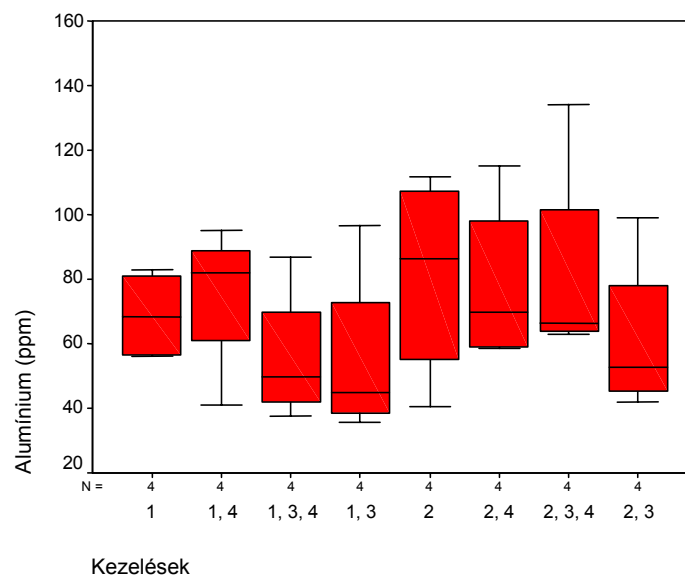
Hasonló mondható el tendencia jelleggel a Mg és P ( $r=0,47$ ), Mg és Zn ( $r=0,52$ ), P és K ( $r=0,52$ ) közötti kapcsolatról. A savanyú talajok kedvezőtlen tápanyag-felvételi lehetőségét mutatja az Al és P ( $r=-0,47$ ) negatív korrelációja, miszerint a savanyú talajokon, ahol nő az Al-mennyisége, erősen megnehezül a foszforfelvétel, ennek következtében a foszforellátottság. Ennek elsősorban az az oka, hogy az alumínium kötést létesítve a foszforral felvehetetlen formában kicsapódik a talajoldatból. Erre a tényre a melioráció és a talajelőkészítések során érdemes figyelmet szentelni.

A növényanalízis során kapott értékek kiértékelésekor figyelembe vettem az egyes kezeléseket is. A 43. ábrán látható, hogyan alakul az egyes kezelések hatására a növények nitrogén tartalmára. A nitrogéntartalom az altalajlazított és mésszel valamint tápanyaggal kezelt parcellákon volt a legmagasabb, ami a tápanyag-utánpótlás és meliorációs meszezés hatásosságát mutatja. A kén és a magnézium hasonló képet mutat, ami jelzi ezen tápelemek szoros kapcsolatát a nitrogénnel.



Jelmagyarázat: 1: tárcsázás; 2: altalajlazítás; 3: meszezés; 4: műtrágyázás

43. ábra: Különböző kezelések hatása a növény nitrogéntartalmára



Jelmagyarázat: 1: tárcsázás; 2: altalajlazítás; 3: meszezés; 4: műtrágyázás

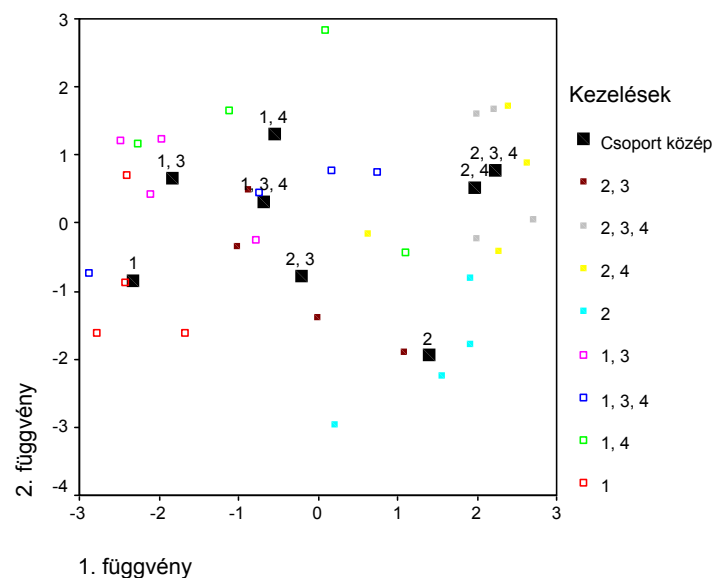
44. ábra: Különböző kezelések hatása a növény alumíniumtartalmára

A meszezett területeken kevesebb alumíniumot találtam a növényekben, aminek a magyarázata a kalcium okozta pH emelkedésben keresendő, ugyanis ennek hatására az alumínium felvehetősége lecsökkent (44. ábra). A foszfor- és a káliumtartalom hasonlóan viselkedett, szignifikáns különbség nem volt kimutatható, azonban a maximumok mindkét elemnél az altalajlazított területeken volt. A cinknél, mangánál és a vasnál nem találtam különbségeket.

#### 4.8.2. A kezelések hatásának vizsgálata diszkriminancia analízissel

A diszkriminancia analízissel a talajelőkészítések, a tápanyag-kijuttatás valamint a mészmelioráció hatásának vizsgálatát végeztem a diszkriminancia függvény által leírt tápelem-térben. Az elvégzett statisztikai vizsgálatnál csoportba sorolás jósága 69%-nak adódott.

A diszkriminancia elemzés alapján a legszembevetőbb különbségnek a talajelőkészítés hatása mutatkozik (45. ábra). A függvényterben az első függvényértékek pozitív értékei alapján az altalaj lazított területrészek tápanyagtartalma különül el, a csupán tárcsázott és nem altalajlazított területektől. Ennek oka vélhetően az, hogy az altalajlazítás és tárcsázás hatására a teljes gyökérszóna levegőssé vált. Ezért a felhalmozódott tápanyagok egy részének a mineralizációja felgyorsulhatott, így nagyobb lett a tápanyag-kínálati oldal.



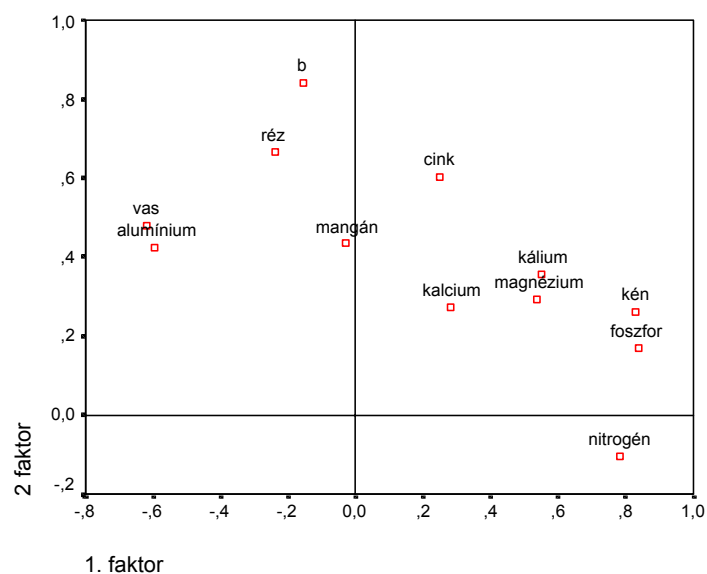
Jelmagyarázat: 1: tárcsázás; 2: altalajlazítás; 3: meszezés; 4: műtrágyázás

45. ábra: Különböző kezelések a függvényterben

Ezek az eredmények a talajelőkészítések pozitív hatását mutatják, mégpedig olyan nagyságrendben, amely sem a meszezés, sem pedig a tápanyag-utánpótlás vonatkozásában nem volt kimutatható.

#### 4.8.3. A kezelések hatásának vizsgálata főkomponens analízissel

Az egyes tápelemeket közös csoportba soroltam a főkomponens analízis segítségével. Az analízis eredményeként létrejött modell megbízhatóságát jelző KMO érték 0,54-nek adódott ebben a vizsgálatban. A sajátérték vizsgálatból látható, hogy a komponensek közül négy esetben találjuk a sajátértéket egynél nagyobbak (3,6; 2,5;1,5;1,2). Az első komponens a variancia 30 %-át, míg a második 21 %-át magyarázza, így ez a két komponens képviseli az összes variancia felét. Ezért a többi tényező szinte elhanyagolható. A főkomponens elemzés alapján a modell egy faktorba sorolta a nitrogén, foszfor és kén és kálium elemeket, valamint ellenkező előjellel a vasat és az alumíniumot. A második csoportba a bór, cink és a réz került. Ezzel az elkülönítéssel az egyes termőhelyek tápanyagszolgáltató képessége közötti különbségekre utalnak a növényvizsgálati eredmények. Az első csoportba sorolta a makrotápelemeket, valamint azok felvehetőségét befolyásoló egyéb elemeket negatív előjellel. Ez a besorolás megegyezik a korrelációvizsgálatnál tapasztalt eredményekkel. Az egyes tápelemek elemtérben történő ábrázolását láthatjuk a 46. ábrán.



46. ábra: Tápanyag elemtér az 1. és 2. faktor függvényében



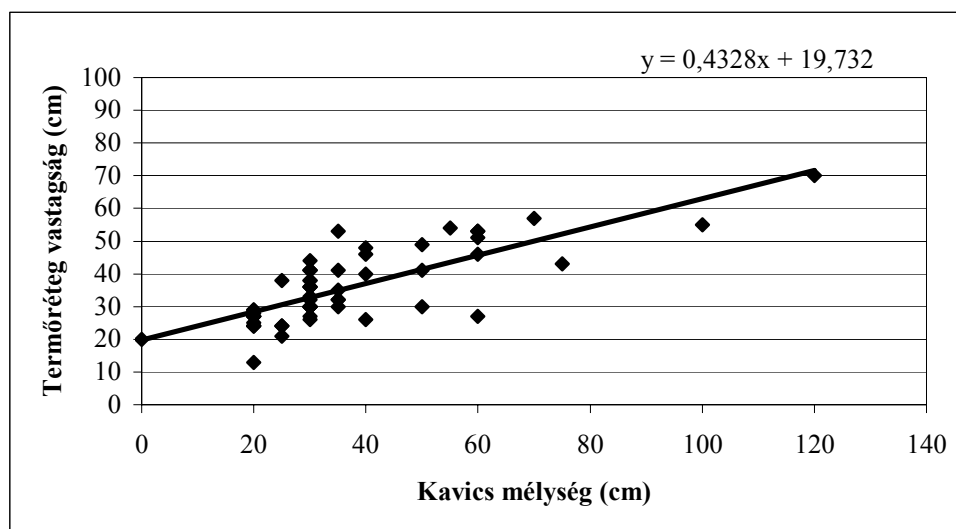
## 4.9. Talajvizsgálati és növényvizsgálati eredmények közötti összefüggések

### 4.9.1. Talajvizsgálati eredmények közötti összefüggések

A statisztikai kiértékelésbe a korábban már említett 64 szelvény talajvizsgálati eredményeit vontam be. Vizsgálataim során a 95%-nál nagyobb szignifikancia szintű összefüggéseket tekintettem megbízhatónak.

Az egész vizsgálati területre jellemző probléma a felszínhez közel elhelyezkedő kavicsrétegek miatti sekély termőréteg, valamint az ebből adódó kedvezőtlen tápanyag-, víz-, és levegőgazdálkodás. A kavicsréteg eme meghatározó szerepe miatt vizsgáltam, hogy milyen mélységben jelenik meg először ez a réteg és az milyen hatással van a termőrétegmélységre.

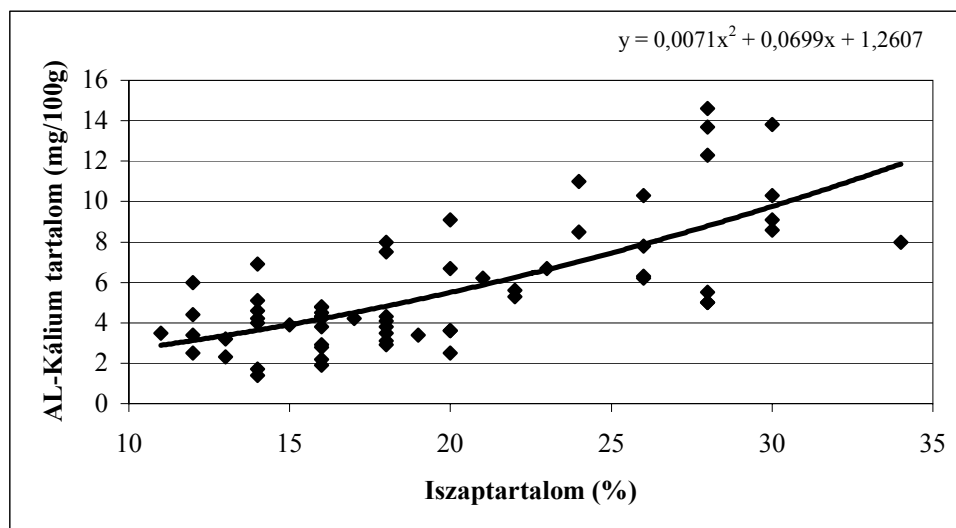
A kavicsréteg megjelenési helyének azt a mélységet vettem, amelyben a vázszerkezet elérte vagy meghaladta az 50%-ot, ez már olyan magasnak tekinthető, hogy az érdeemben korlátozza a növények fejlődését. A 47. ábrán látható, hogy a várakozásoknak megfelelően, viszonylag szoros összefüggés ( $r=0,78$ ) mutatkozott a termőrétegmélység és az 50% váztartalom elérése között. Természetesen minél vastagabb és magasabb váztartalmú ez a réteg, annál szorosabb ez az összefüggés, hisz egyre átjárhatatlanabb falat képez a növények előtt. Az összefüggés alapján kijelenthetjük, hogy a vizsgált termőhelyeken a kavicsréteg megjelenési mélysége határozza meg elsősorban a kialakult talajok termőrétegmélységét.



47. ábra: A termőrétegvastagság és a kavicsmélység közötti összefüggés

Az A-szint humusztartalma és pH-ja között szignifikáns negatív kapcsolat figyelhető meg ( $r=-0,458$ ). A szerves anyag felhalmozódással együtt jár az erősen savas karakterű humuszvegyületek mennyiségének növekedése is, amely pH csökkenést eredményez. Ezeken a sekély termőrétegű talajokon a lebontás korlátozott, amelynek az oka, hogy gyorsan kiszáradnak a nyári melegben. A nedvesség hiánya gátolja a lebontó szervezetek működését, valamint a kiszáradás kedvez az ellenálló humuszanyagok képződésének, a szerves molekulák polimerizációjának és kondenzációjának (STEFANOVITS, 1992), ami tovább csökkenti a mineralizáció sebességét. A kedvezőtlen továbbá, hogy a mostoha körülmények (szárazság, talaj tömödöttség) hatására a cseri talajokban a szerves anyag felaprózódásában komoly szerepet játszó mezofauna alacsony egyedszámban található meg (lásd 4.4. fejezet). A mineralizáció sebességét nem csak a sekély termőréteg befolyásolja kedvezőtlenül, hanem az alacsony pH is, amikor jellemzően gombák végzik a lebontási folyamatokat, mivel a többi lebontó szervezet működésére hátrányosan hatnak a savanyú körülmények.

Az A-szint pH-ja és az ammónium-laktátban oldható kálium tartalma között szignifikáns pozitív kapcsolat mutatkozik ( $r=0,483$ ). Ez a kapcsolat igazolja azokat a kutatási eredményeket (SÁRDI, 1999A), melyek szerint az alacsony pH akadályozza a kálium felvehetőségét.



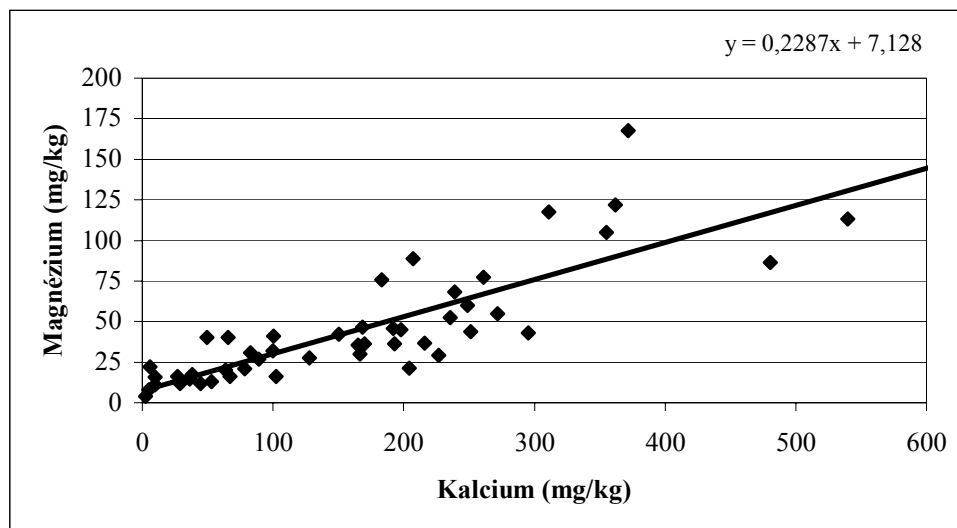
48. ábra: Az A-szint iszap és ammonlaktátban oldható káliumtartalma közötti összefüggés

Az A-szintben a leiszapolható részek közül az iszap játszik meghatározó szerepet, amely szignifikáns negatív korrelációt mutat a humusztartalommal ( $r=-0,591$ ) és pozitív kapcsolatot a káliumtartalommal ( $r=0,711$ ) (48. ábra). Ez arra utal, hogy a káliumtartalmat meghatározó ásványi anyagok ebben a mérettartományban helyezkednek el.

A leiszapolható részek kapcsolata a humusztartalommal és a káliumtartalommal gyengébb, mint az iszapé ( $r_H=-0,506$ ,  $r_K=0,644$ ), ami azt mutatja, hogy az agyagtartalom bevonása csökkenti az összefüggés szorosságát, annak ellenére, hogy a szignifikancia szint továbbra is megfelelő.

A talajban található makrotápelemek között nem találtam olyan összefüggést, amely statisztikailag megbízható lett volna.

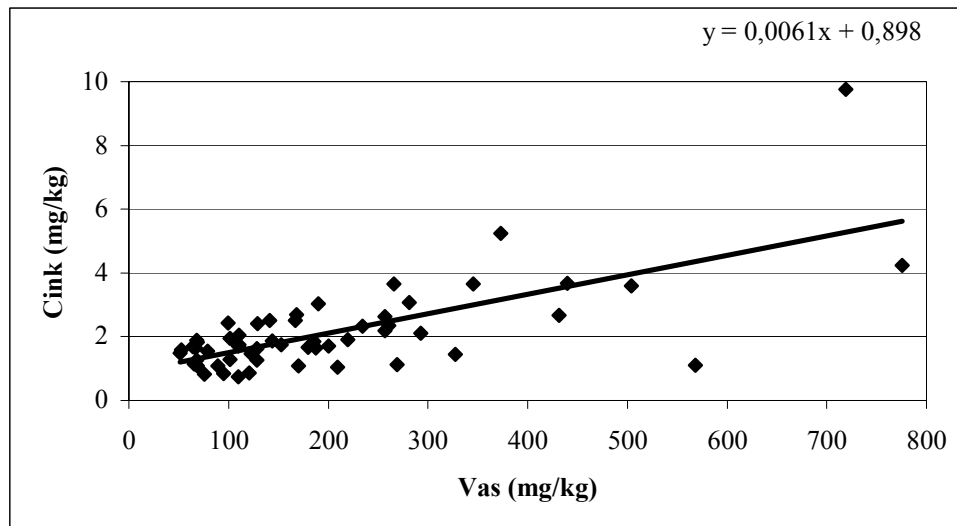
A talaj felvehető kalcium és magnézium tartalma között szoros szignifikáns pozitív kapcsolatot tudtam kimutatni ( $r=0,747$ ), ami arra utal, hogy ez a két tápelem hasonlóképpen viselkedik a talajban (49. ábra), valamint, hogy előfordulásukat hasonló tényezők határozzák meg.



49. ábra: A talaj kalcium és magnéziumtartalma közötti összefüggés

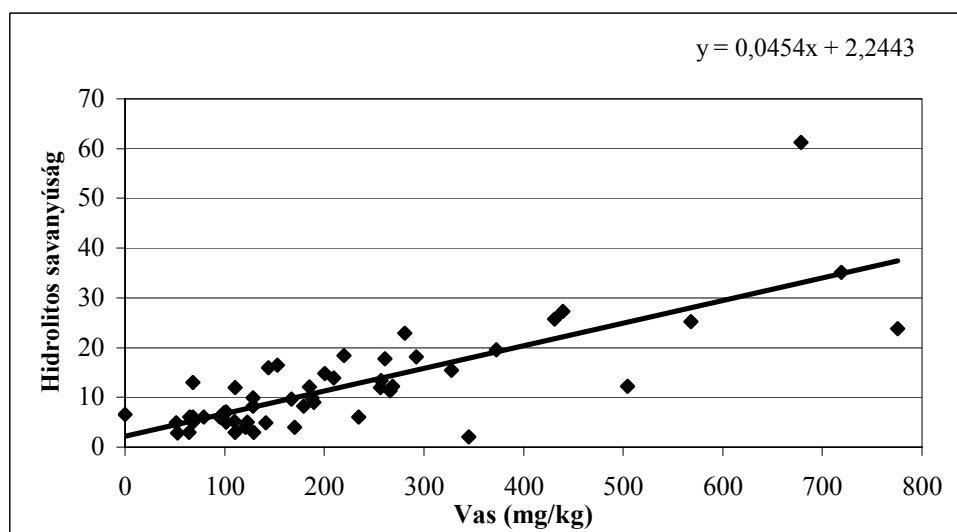
A vas esetében szoros kapcsolatot tudtam kimutatni a cinkkel ( $r=0,704$ ) (50. ábra), ez abból adódik, hogy mindkét elem hasonlóképpen viselkedik alacsony pH tartományban.

Mindkét elem esetében a kémhatással gyenge, de szignifikáns negatív összefüggés mutatható ki ( $r_{\text{vas}}=-0,442$ ;  $r_{\text{cink}}=-0,398$ ), amely azt bizonyítja, hogy ezek az elemek az alacsony pH esetén mobilizálódnak és válnak felvehetővé (SÁRDI, 1999B).



50. ábra: A talaj vas és cink tartalma közötti összefüggés

Ennél jóval szorosabb szignifikáns pozitív összefüggés mutatkozott a vas ill. cink és a hidrolitos savanyúság ( $r_{\text{vas}}=0,785$ ;  $r_{\text{cink}}=0,714$ ), valamint a vas és a kicserélődési savanyúság között ( $r=0,468$ ) (51. ábra). Ez arra utal, hogy ezen elemek esetében a hidrolitos savanyúság jobban jellemzi a vas és a cink oldódási viszonyait, mint a hagyományos pH érték.



51. ábra: A talaj vastartalma és a hidrolitos savanyúsága közötti összefüggés

A humusztartalommal szoros pozitív kapcsolat mutatható ki a vas, a cink és a mangán esetében ( $r_{\text{vas}}=0,600$ ;  $r_{\text{cink}}=0,872$ ,  $r_{\text{Mn}}=0,488$ ). Ez arra utal, hogy a szerves anyagokban nagy mennyiségben található, ennek egyik oka, hogy a lehulló levelekben magas koncentrációban fordulnak elő, a másik lehetséges ok az, hogy savanyú talajok esetében szerves anyagok adszorbeálják őket, mint az alumíniumot (DEBRECZENI, 1999B).

A jelenség azt is bizonyítja, hogy a talaj mélyebb rétegeiben talált jelentős mennyiségű vas ill. mangánkiválások ellenére a növényzet számára felvehető formában ezek az elemek a felső, humuszos, levegőzöttebb szintekben találhatók meg nagyobb mennyiségben, míg a mélyebb rétegekben felvehetetlen formában halmozódnak fel.

A mangán esetében negatív kapcsolat figyelhető meg a kalciummal ( $r=-0,504$ ), ami arra enged következtetni, hogy jóval érzékenyebb a kalciumtartalom (ezzel együtt a pH) növekedésére, mint a vas és a cink, amelyeknél ezt a jelenséget nem tudtam kimutatni.

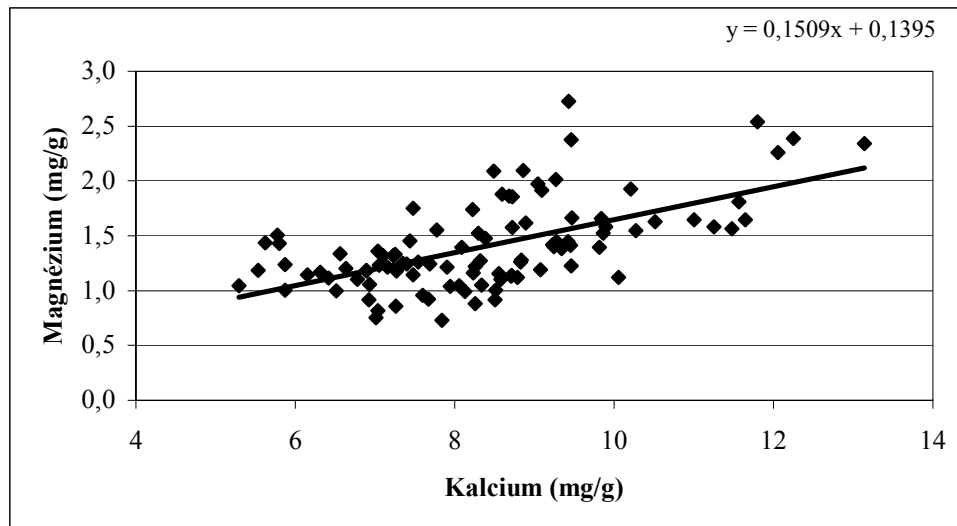
#### **4.9.2. Növényvizsgálati eredmények közötti összefüggések**

##### 4.9.2.1. A csertölgy levelek tápelem tartalmai közötti összefüggések

A makrotápelemek között nem találtam szignifikáns összefüggést kétváltozós elemzésnél. Többváltozós módszerek alkalmazásával a foszfor esetében lehetett statisztikailag igazolható összefüggést kimutatni. A foszfor vizsgálataim szerint a kalciummal, a mangánnal és a káliummal pozitív kapcsolatban áll, míg a vassal negatív összefüggés figyelhető meg. A regressziós egyenlet a következő volt:  $P=0,56+0,461*Ca+0,355*Mn+0,186*K-0,185*Fe$ , korrelációja a foszfor értékekhez 0,702. Az egyenletből egyértelműen kitűnik, hogy a foszfortartalommal a legszorosabb kapcsolatot a kalcium- és a mangántartalom mutatja, amelyeknek a korrelációs értéke: 0,653.

A mezotápelemek esetében többváltozós módszerekkel csak kalciumnál tudtam összefüggést kimutatni, miszerint a magnéziummal, a foszforral és a mangánnal áll pozitív kapcsolatban, amelynek korrelációja: 0,762. A regressziós egyenlet következő volt:  $Ca=5,044+0,484*Mg+0,313*P+0,236*Mn$ .

A fenti összefüggés legerősebbike kétváltozós elemzés esetén is kimutatható volt, vagyis szignifikáns pozitív korreláció (0,608) mutatható ki a levelek kalcium és magnéziumtartalma között. A jobb magnéziumellátottság, tehát növeli a kalciumfelvételt (DEBRECENI, 1999B), ezt a tényt mindenképp figyelembe kellene venni a savanyú erdőtalajok, köztük a cseri talajok meliorációja során is (52. ábra).



52. ábra: A csertölgy levelének kalcium és magnézium tartalma közötti összefüggés

A kalcium és a magnézium mennyisége pozitív hatással van a foszfor felvehetőségére is ( $r_{Ca}=0,547$ ;  $r_{Mg}=0,399$ ), ami különösen fontos ezeknél a foszforszegény talajoknál, ugyanis a foszforfelvételt gátolja a talaj tömődöttsége és a savanyúsága is (DEBRECZENI, 1999C).

A mikrotápelemek közül csak a cink esetében sikerült, a többváltozós elemzéssel, statisztikailag megbízhatóan kapcsolatot kimutatni a többi tápelemmel ( $r=0,798$ ). A cink várakozásnak megfelelően a vassal mutatott szoros pozitív kapcsolatot, valamivel gyengébb összefüggést pedig a kénnel, a mangánnal, és a magnéziummal. Ez utóbbi esetben a kapcsolat negatívnak bizonyult.

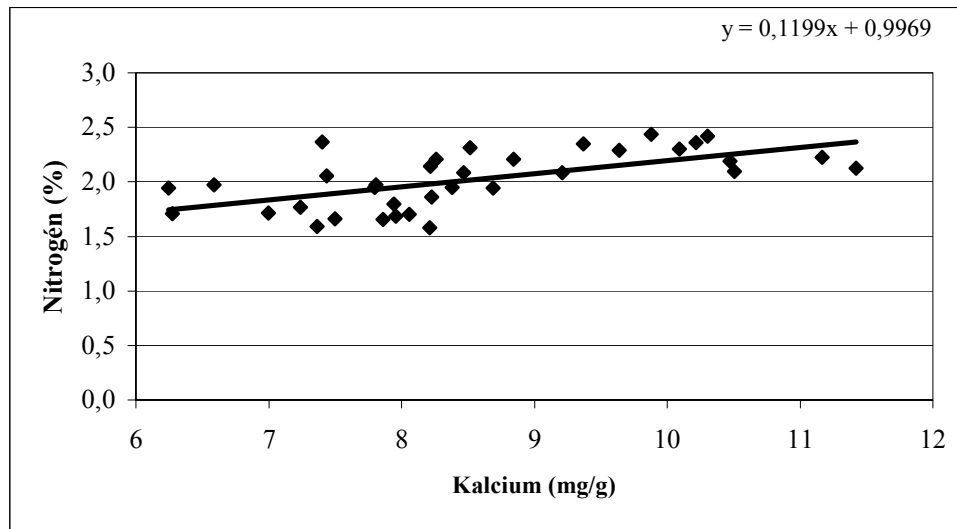
A felállított regressziós egyenlet:  $Zn=-6,691+0,455*Fe+0,353*S+0,266*Mn-0,200*Mg$ .

#### 4.9.2.2. A kocsányos tölgy levelek tápelem tartalmai közötti összefüggések

A kocsányos tölgy esetében, a csertölgyhöz hasonlóan, a makrotápelemek közül a foszfor esetében találtam többváltozós összefüggést, ennél a növényfajnál azonban a káliumnál is sikerült ilyen, statisztikailag igazolható összefüggést kimutatni.

A foszfor vizsgálataim szerint a káliummal, a vassal, a nitrogénnel, és a kénnel pozitív kapcsolatban áll, míg a rézzel negatív összefüggés figyelhető meg. A regressziós egyenlet a következő volt:  $P=-0,183+0,473*N+0,447*Fe+0,375*K+0,113*S-0,266*Cu$ , korrelációja a foszfor értékekhez 0,813. A csertölgygel ellentétben, ahol a kalcium volt a meghatározó

tápelem az összefüggésben, itt a nitrogén az. A kocsányos tölgy foszfor modelljének korrelációja magasabbnak bizonyult, mint a csertölgyé.



53. ábra: A kocsányos tölgy levelének kalcium és nitrogén tartalma közötti összefüggés

A kétváltozós vizsgálatoknál a nitrogén a kalciummal erősebb kapcsolatot mutatott, mint a foszforral, annak ellenére, hogy a többváltozós vizsgálatok azt bizonyították, hogy a foszfortartalom erősen függ a nitrogéntartalomtól. A nitrogénnek a kalcium-, (53. ábra), foszfor- és káliumtartalommal fennálló szignifikáns kapcsolata ( $r_{Ca}=0,531$ ;  $r_P=0,506$ ;  $r_K=0,395$ ), felhívja a figyelmünket arra, hogy ezen tápelemek jelentős befolyással vannak egymásra, így a melioráció során kiemelt figyelmet kell fordítani a helyes arányok kialakítására.

A kocsányos tölgnél is sikerült kimutatni a kalcium és a foszfortartalom közötti pozitív összefüggést ( $r=0,419$ ), de szignifikancia szintje alacsonyabb, mint a csertölgyé.

A kálium a kénnel, a vassal és a magnéziummal mutat szoros kapcsolatot a többváltozós regresszióanalízis szerint. Az egyenlet meghatározó tagja a kén ( $r=0,700$ ). A felállított regressziós egyenlet:  $K=-0,974+0,723*S+0,266*Mg-0,460*Fe$ , korrelációja: 0,839.

A többváltozós vizsgálatokhoz hasonlóan a kétváltozós vizsgálatok is igazolták a kálium és kéntartalom ( $r=0,686$ ), szignifikáns kapcsolatát a kocsányos tölgy leveleiben.

A mezotápelemek közül a kén esetében sikerült megbízható ( $r=0,895$ ) kapcsolatokat kimutatni többváltozós módszerekkel. A felállított regressziós egyenlet a következő:  $S=-0,204+564*K+0,362*Fe+0,299*N+0,281*Cu$ . A kén és a kálium közötti kapcsolat kétváltozós módszerekkel kimutatható (lásd: kálium).

A vizsgálataim szerint a kén jelentős befolyással van a kocsányos tölgy foszfortartalmára, de foszfortartalomnak nincs jelentős hatása a kéntartalomra.

A mikrotápelemek közül a vas esetében sikerült többváltozós módszerrel statisztikailag megbízható eredményt ( $r=0,718$ ) kimutatni. A felállított regressziós egyenlet a következő:  $Fe=37,83+0,678*Al-0,523*Cu+0,368*Mg+0,263*Zn$ . A kétváltozós módszerrel is sikerült a regressziós egyenlet legerősebb kapcsolatát kimutatni. Így csertölgyhöz hasonlóan a kocsányos tölgy esetében is megfigyelhető egy szignifikáns pozitív korreláció az alumínium és a vas között ( $r=0,462$ ).

A kocsányos tölgnél az alumínium és a réz között is fennáll egy pozitív kapcsolat ( $r=0,494$ ), amelyet a csertölgy esetében nem sikerült kimutatnom.

#### 4.9.2.3. Az erdeifenyő tűlevelek tápelem tartalmi közötti összefüggések

A makrotápelemek közül a foszfor és a kálium esetében sikerült statisztikailag megbízható kapcsolatokat kimutatni többváltozós regresszióanalízis segítségével az egyéves erdeifenyő tűkben.

Foszfor esetében a legjobb korrelációval ( $r=0,863$ ) rendelkező modellben 7 másik elem szerepel, tehát a tűk foszfortartalma nagyon sok tényezőtől függ. A foszfortartalomra felállított regressziós egyenlet a következő:

$$P=-0,02+0,44*S+0,325*Mg+0,302*Ca+0,211*K+0,200*N-0,289*Cu-0,243*Fe$$

A kétváltozós elemzés során is sikerült igazolnom a foszfor és kén közötti pozitív kapcsolatot, amely a többváltozós elemzésben a legerősebb volt ( $r_1=0,630$ ), ezt az összefüggést a kétéves tűkben már nem sikerült kimutatni. Ennek az a magyarázata, hogy a foszfor reutilizálható, így gyenge foszforszolgáltató képességű cseri talajokon a fa a foszfort kivonja az idős tűkből, így a fiatal levelekben még fennálló kapcsolat megszűnik.



A második kapcsolat, amit sikerült kimutatnom a kétváltozós regresszióval a foszfor és a magnézium közötti pozitív kapcsolat az egyéves tükben, ez az összefüggés, azonban ha gyengébben is, de szignifikánsan a kétéves tüknel is megfigyelhető ( $r_1=0,586$ ;  $r_2=0,393$ ).

A kálium esetében a többváltozós analízis megbízhatósága gyengébb ( $r=0,733$ ), és a modellbe bevont elemszám is kevesebb, mint a foszfor esetében. A felállított regressziós egyenlet a következő:  $K= 4,89-0,732*Ca+0,536*P+0,375*Mn+0,314*Cu$ . Az egyenletből nagyon jól látszik az erős kálium és a kalcium antagonizmus (SÁRDI, 1999A). Ezt az antagonizmust a kétváltozós módszerekkel is ki tudtam mutatni ( $r_1=-0,448$ ), ez az összefüggés azonban csak az egyéves tükben jelenik meg. A kétéves tükben azért nem tudtam ilyen negatív kapcsolatot kimutatni, mivel a kálium nagyon mozgékony elem a növényekben, így nagyon könnyen reutilizálható (SÁRDI, 1999A).

A kétváltozós vizsgálatokkal is ki tudtam mutatni a kálium és a réz között mindkét korosztályban a pozitív kapcsolatot, ez a kapcsolat a kétéves tükben erősebb, mint fiatalabb társaikban ( $r_1=0,441$ ;  $r_2=0,580$ ).

A mezotápelemek közül a többváltozós regresszióanalízis a kalcium és a kén esetében hozott szignifikáns eredményt. A kalcium esetében mindkét korosztályban megbízható regressziós egyenleteket sikerült felállítani. Az egyéves korosztály egyenlete a következő volt:  $Ca=2,49+0,556*Mn-0,467*K+0,390*P-0,150*Zn$ , korrelációja 0,852. Itt is megfigyelhetjük a káliumnál már tárgyalt ionantagonizmus jelenségét. A kétéves korosztályban csak ennél az elemnél sikerült megfelelő szignifikancia szintű regressziós egyenletet kidolgozni, amelynek korrelációja 0,700. A felállított egyenlet:  $Ca=4,182+0,443*Mg+0,396*Mn-0,384*K$ , hasonlóan a fenti összefüggéshez itt is negatív előjellel szerepel a kálium.

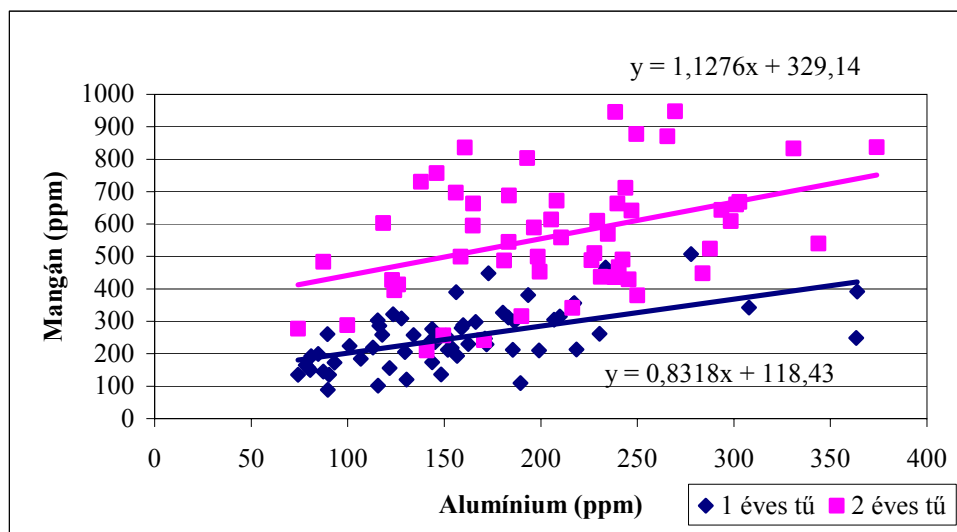
A kén esetében csak a többváltozós módszerrel tudtam kapcsolatot kimutatni. Az, így felállított regressziós egyenlet a következő:

$S=0,133+0,630*P+0,388*Fe+0,222*Zn-0,217*Ca$ , a korrelációja: 0,745.

A mikrotápelemek közül a vas és a mangán esetében sikerült többváltozós regresszióanalízissel összefüggéseket kimutatni egyéves erdefenyő túlevelek tápelemtartalma között.

A mangán esetében a korreláció 0,810, a regressziós egyenlet a következő:  
 $Mn=-309,137+0,578*Ca+0,299*Al+0,254*K+0,252*Zn+0,201*B$ .

A kétváltozós módszer segítségével ki lehetett mutatni a többváltozós eljárásban legnagyobb hatású változók és a mangán közötti összefüggéseket. Mind az 1 éves, mind 2 éves tűk mangán és kalcium tartalma között szignifikáns pozitív kapcsolat mutatkozott ( $r_1=0,643$ ;  $r_2=0,421$ ), valamint az alumínium tartalom között is megfigyelhető egy szignifikáns összefüggés ( $r_1=0,582$ ;  $r_2=0,399$ ). Ez a kapcsolat a két korosztályban, annak ellenére fennáll, hogy az abszolút mennyiségük a kétéves tükben másfél-kétszerese az egyéveseknek (54. ábra).



54. ábra: Az erdefenyő tűinek alumínium és mangán tartalma közötti összefüggés

A vas esetében valamivel alacsonyabb korrelációt ( $r=0,774$ ) kaptam a modellre, mint a mangánál. A regressziós egyenlet a következő:

$$\text{Fe} = 2,755 + 0,414 * \text{Mg} + 0,386 * \text{S} - 0,350 * \text{P} + 0,343 * \text{B} + 0,246 * \text{Al}$$

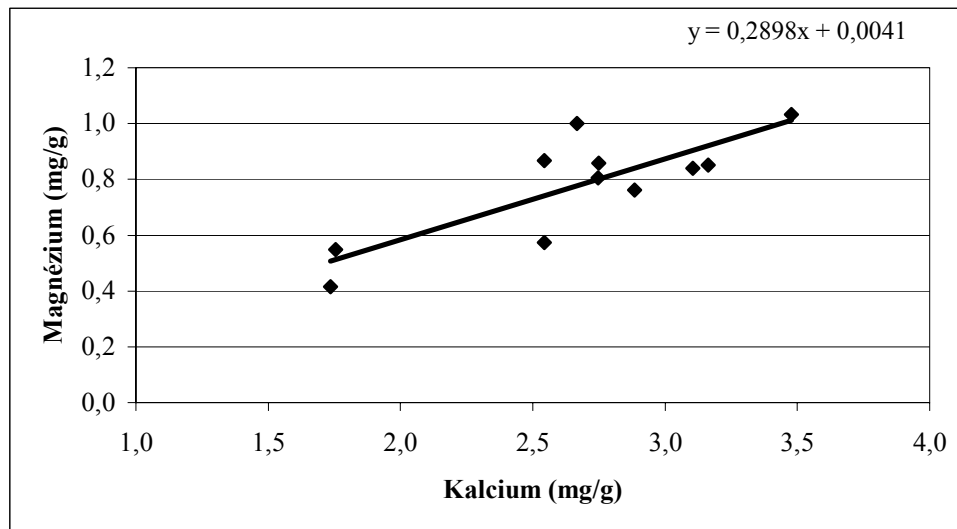
A kétváltozós analízis során a pozitív kapcsolatokat sikerült kimutatni a modelltől. Így a korrelációs számítás szerint statisztikailag igazolható összefüggés van a vas és a magnézium ( $r=0,488$ ), a bór ( $r_1=0,543$ ) és az alumínium ( $r_1=0,462$ ) között. A negatív kapcsolata a foszforral nem jelent meg ezzel a módszerrel.

A vas és a bór esetében a kétéves tükben az összefüggés erőssége azonosnak tekinthető az egyévesekben tapasztalttal ( $r_2=0,545$ ). Ez valószínűleg annak köszönhető, hogy a bór is immobilis a növényekben (SÁRDI, 1999B) és azonos intenzitású felvételt feltételezve az arányuk többé-kevésbé állandó.

## 4.9.2.4. A feketefenyő tűlevelek tápelem tartalmi közötti összefüggések

A feketefenyő esetében, az alacsony mintaszám miatt csak kétváltozós regresszióanalízist végeztem.

A kalcium és a magnézium között az 1 éves korosztályban pozitív kapcsolat mutatható ki (55. ábra). Az összefüggés igen szoros és szignifikáns ( $r_1=0,815$ ).



55. ábra: A feketefenyő 1 éves tűinek kalcium és magnézium tartalma közötti összefüggés

A kalcium és a réz között negatív kapcsolatot találtam 1 éves korcsoportban, az összefüggés szoros és szignifikáns ( $r_1=-0,711$ ).

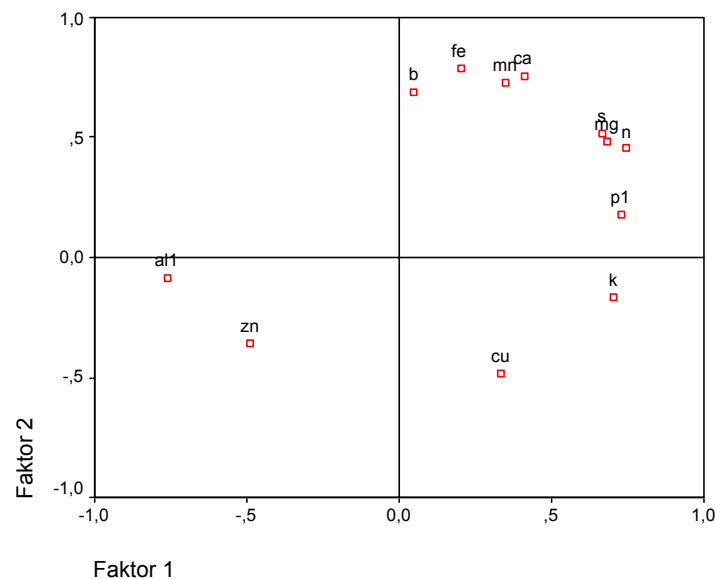
A magnézium és a réz között szintén viszonylag szoros negatív kapcsolat mutatható ki mind az egyéves, mind pedig a kétéves tűkben ( $r_1=-0,673$ ;  $r_2=-0,651$ ). Mindkét kapcsolat közel azonos erősségű és szignifikancia szintű.

A magnézium és a foszfor közötti összefüggés ennél a fenyőfajnál is kimutatható az egyéves tűk esetében ( $r_1=0,563$ ), bár a szignifikancia szintje alacsonyabb, mint az erdőfenyőnél, ami itt is az alacsonyabb mintaszám következménye.

Az alumínium és a vas között csak a kétéves tűkben tudtam pozitív kapcsolatot kimutatni ( $r_2=0,536$ ) ellentétben az erdőfenyővel, ahol mindkét korcsoportban megtaláltam az összefüggést. Az itt kimutatott kapcsolat jóval erősebb, de szignifikancia szintje alacsonyabb, mint a másik fenyőfaj esetében, aminek a kisebb mintaszám lehet az oka.

### 4.9.3. A növényi tápelemek vizsgálata főkomponens analízissel

A főkomponens analízissel az egyes tápelemeket csoportba soroltam, így jóval kisebb számú ún. független háttérváltozóval magyarázható a növényben található tápelemek közötti összefüggések. A főkomponens analízis eredményeként létrejött modell megbízhatóságát a KMO érték 0,841, valamint az „anti-image” korrelációs mátrix főátlójában található korrelációs koefficiensek jelzik ( $r=0,61-0,89$ ). Ezek alapján megállapítható, hogy a modellben található valamennyi elem megbízhatóan járul hozzá a modell jóségához.



56. ábra: Növényi tápelemek az 1. és 2. faktor függvényében

A főkomponens analízis alapján az egyes tápelemeket a két főfaktorba sorolta a modell. Egyik ilyen faktorba sorolta az Al, Mg, P, S, Zn, K, és a N tápelemeket, amelyek közül az Al és a Zn negatív előjelűek, a másik faktorba pedig a B, Ca, Cu, Fe, Mn, amelyekből egyedül a Cu kapott negatív előjelet. Az egyes tápelemek elemtérben történő ábrázolása látható az 56. ábrán.

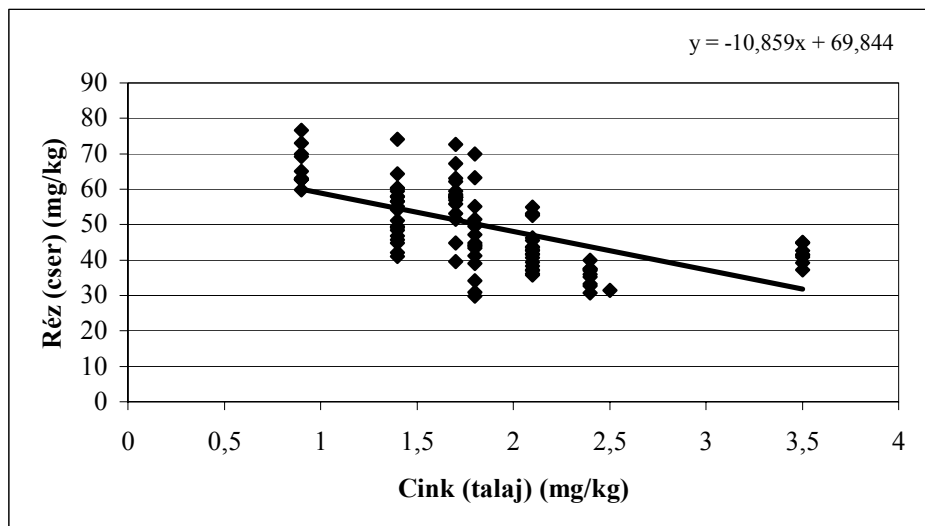
A módszer eredményeképpen létrejött 1. faktorban található meg az összes makrotápelem és a kalcium kivételével a mezotápelemek is. A mikrotápelemek közül ebbe a csoportba került a cink valamint egyéb elemek közül az alumínium, ennek a két tápelemnek a negatív előjele arra utal, hogy gátolják makro- és mezotápelemek felvételét. A 2. faktor elemeinek többsége is a pozitív első térszékben található, de jól elkülönülnek az 1. faktor itt található részeitől (56. ábra). Ebben a faktorban a réz a többi faktorelemmel szembeni antagonizmusa figyelhető meg.

#### 4.9.4. Növényvizsgálati és a talajvizsgálati eredmények közötti összefüggések

##### 4.9.4.1. A csertölgy levelek tápelem tartalmai és a talajvizsgálati eredmények közötti összefüggések

A tápelemek közül ennél a fafajnál csak a mikrotápelemek között sikerült kapcsolatot kimutatni.

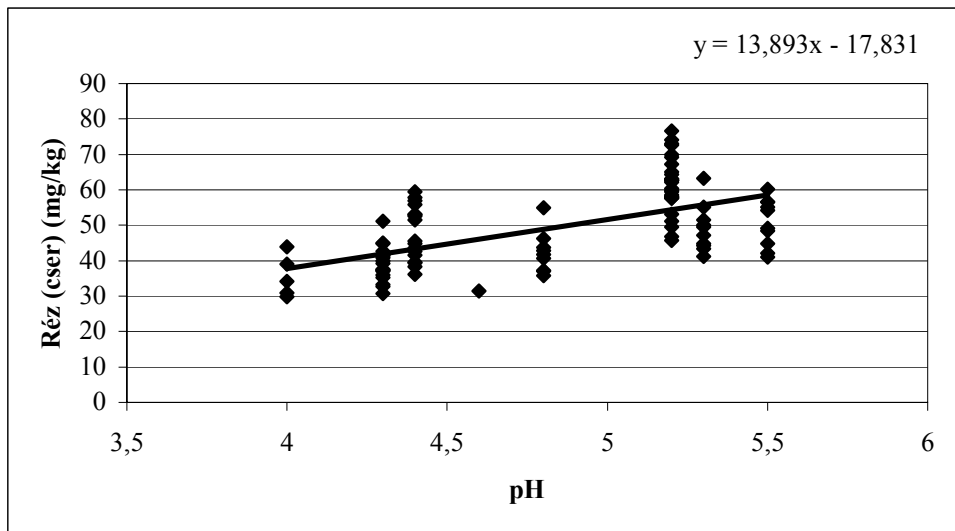
A tápelemek közül a levél réz tartalma mutatta a legszorosabb kapcsolatot a talajjellemzőkkel. A réz negatív korrelációban van a vassal és a cinkkel (57. ábra) ( $r_{Fe}=-0,583$ ;  $r_{Zn}=-0,592$ ), ezek kationok azonos carrierhelyekért versengenek, ezzel gátolják egymás felvételi folyamatait (SÁRDI, 1999B).



57. ábra: A csertölgy levelének réz- és a talaj cinktartalma közötti összefüggés

A réz szignifikáns negatív korrelációban van humusztartalommal ( $r=-0,477$ ), míg az ammónlaktátban oldható káliumtartalommal pozitív összefüggést mutat ( $r=0,544$ ).

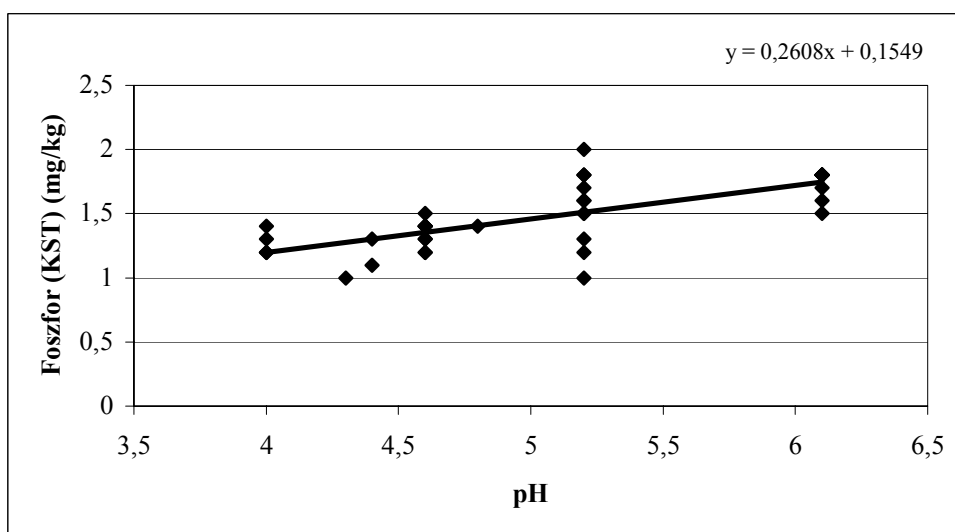
A rézfelvétel lehetősége a pH emelkedésével javul (SÁRDI, 1999B), ezt bizonyítja az általam talált szignifikáns pozitív kapcsolata a pH-val (58. ábra) ( $r=0,553$ ) és negatív kapcsolata a hidrolitos savanyúsággal ( $r=-0,399$ ).



58. ábra: A csertölgy levelének réztartalma és a talaj pH-ja közötti összefüggés

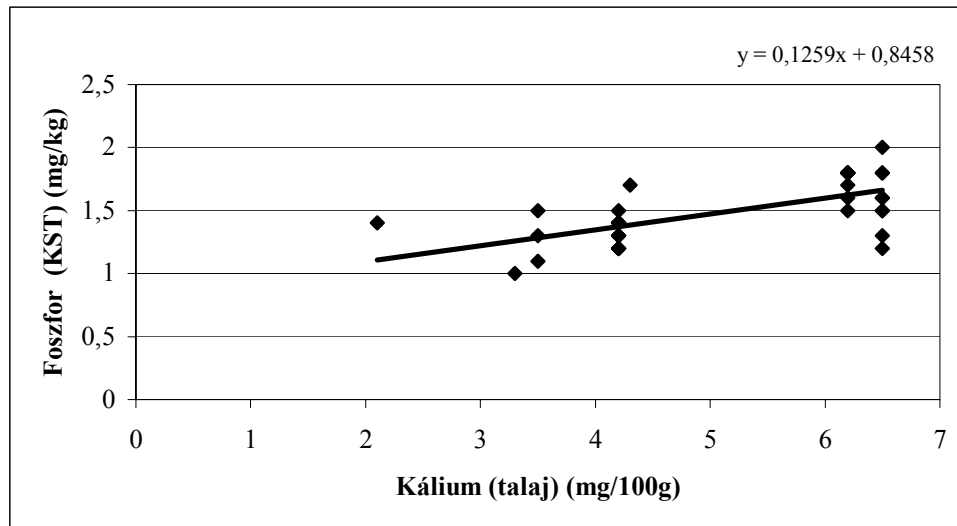
#### 4.9.4.2. A kocsányos tölgy levelek tápelem tartalmai és a talajvizsgálati eredmények közötti összefüggések

A kocsányos tölgy leveleinek foszfortartalma pozitív összefüggést mutat a talaj pH-val (59. ábra) ( $r=0,454$ ), ami annak a következménye, hogy az itt található talajok pH-ja jóval alacsonyabb, mint a foszformobilitás szempontjából ideálisnak tekintett 6-6,5 pH (DEBRECZENI, 1999C), így a talaj pH-jának emelésével (meszezés) jelentősen javítható a növények foszforellátottsága.



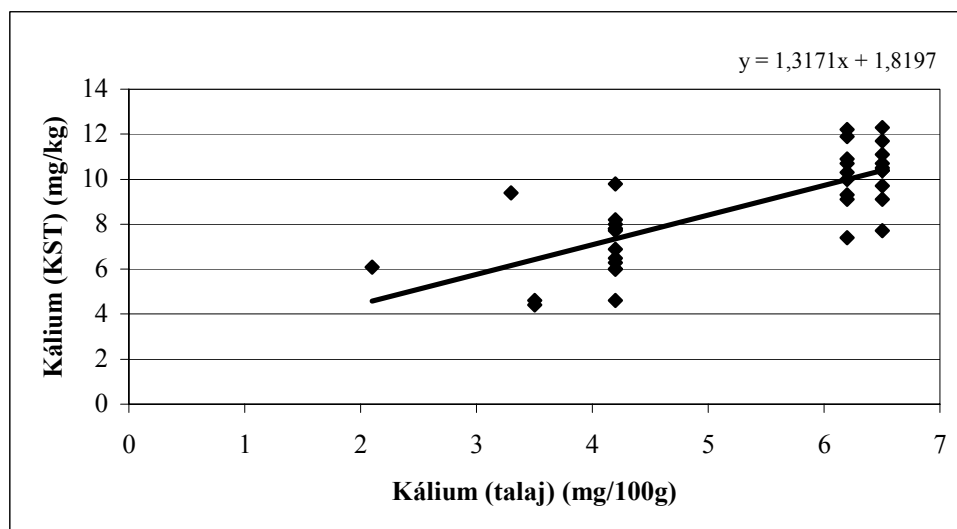
59. ábra: A kocsányos tölgy levelének foszfortartalma és a talaj pH-ja közötti összefüggés

A foszfortartalom további pozitív összefüggéseket mutatott a talaj magnézium ( $r=0,474$ ) és ammónlaktátban oldható káliumtartalmával (60. ábra) ( $r=0,529$ ). A foszforfelvételre nagy befolyással vannak a fent említett elemek, elsősorban a kation-anion egyensúlyon keresztül segítik elő a  $H_2PO_4^-$  felvételét (DEBRECZENI, 1999C).



60. ábra: A kocsányos tölgy levelének foszfor- és a talaj káliumtartalma közötti összefüggés

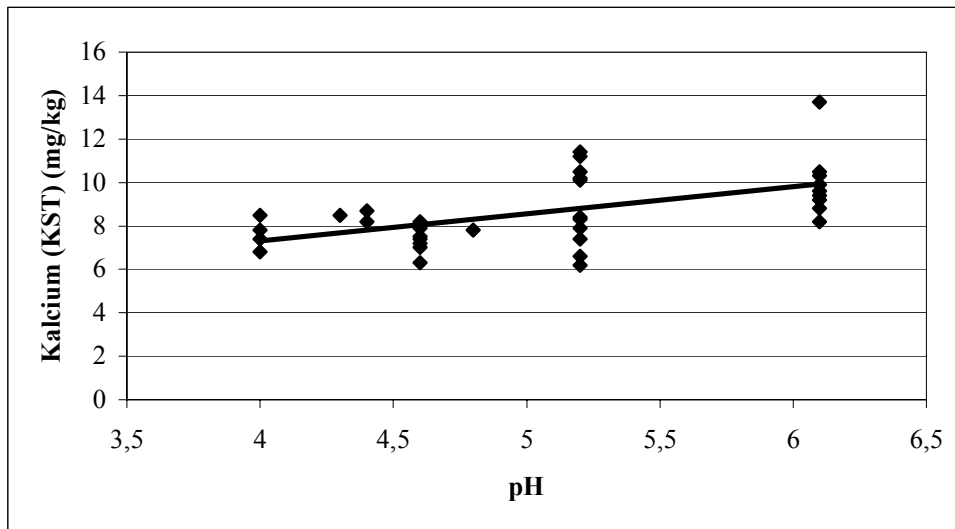
A levelek káliumtartalma és a talaj ammónlaktátban oldható káliumtartalma között viszonylag szoros pozitív korrelációt ( $r=0,636$ ) tapasztaltam ennél a fajnál (61. ábra).



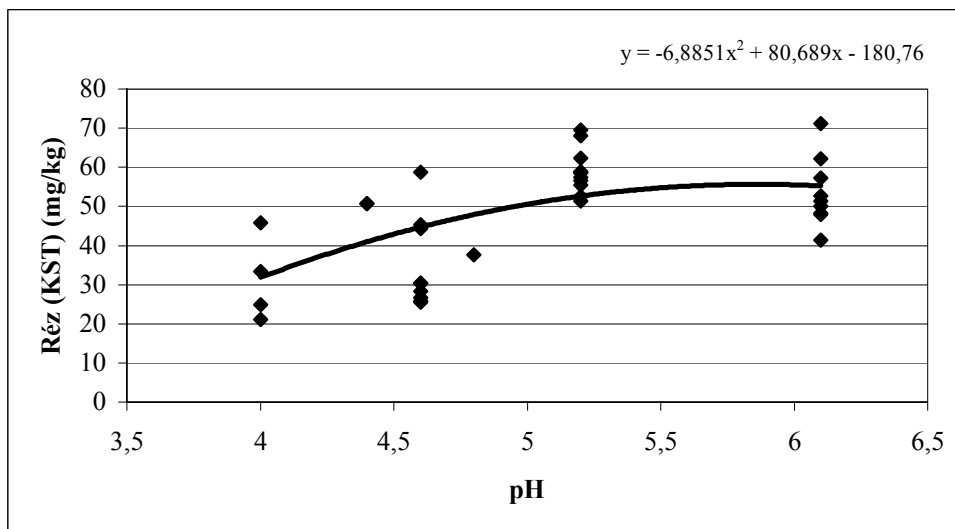
61. ábra: A kocsányos tölgy levelének kálium- és a talaj káliumtartalma közötti összefüggés

A káliumtartalom pozitív összefüggést mutat még a talaj pH-jával ( $r=0,424$ ) és viszonylag szoros negatív kapcsolat fedezhető fel a hidrolitos savanyúsággal ( $r=-0,653$ ).

A kalcium esetében szignifikáns pozitív kapcsolatot találtam a pH-val (62. ábra) ( $r=0,477$ ) és ebből következőleg negatív összefüggést a hidrolitos savanyúsággal ( $r=-0,480$ ).



62. ábra: A kocsányos tölgy levelének kalciumtartalma és a talaj pH-ja közötti összefüggés



63. ábra: A kocsányos tölgy levelének réztartalma és a talaj pH-ja közötti összefüggés

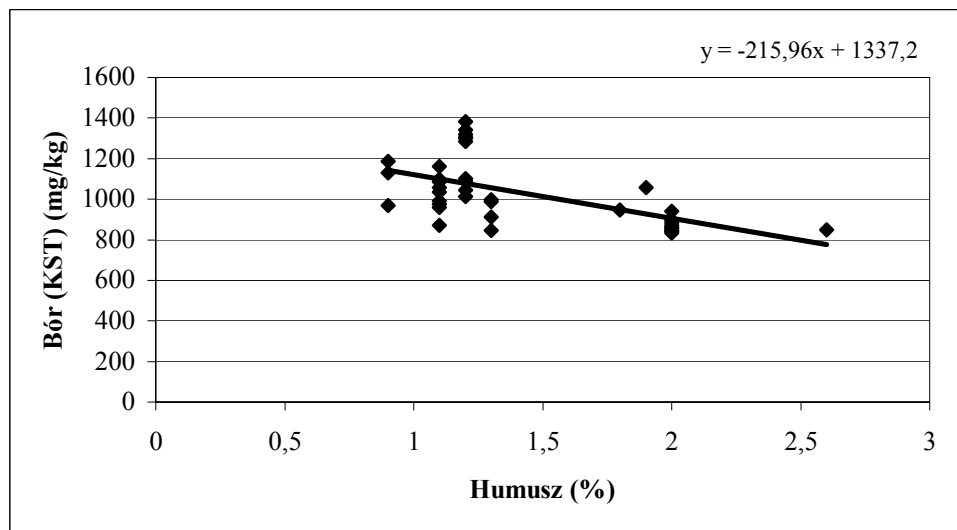
A kocsányos tölgy esetében éppúgy, ahogy a csertölgynél szignifikáns pozitív kapcsolatot találtam a réz és a talaj pH-ja között ( $r=0,526$ ). Az 63. ábrán jól látható, hogy 5-5,5 pH felett a réztartalom nem növekszik a növényekben, ez arra utal, hogy az ekkor felvett rézmennyiség kielégíti a kocsányos tölgy igényeit és a továbbiakban a pH emelkedésével hiába javul a réz felvehetősége (SÁRDY 1999B), a növény nem vesz fel jelentősen többet belőle. A csertölgynél tapasztaltnál jóval erősebb negatív összefüggést találtam a réz és a hidrolitos savanyúság között ( $r=-0,565$ ).



A cserhez hasonlóan szignifikáns negatív összefüggés mutatkozott a réz és a humusztartalom között ( $r=-0,578$ ), valamint az ammónlaktátban oldható káliumtartalommal szintén pozitív korreláció figyelhető meg ( $r=0,608$ ).

A levelek mangántartalma pozitív korrelációban van a talaj vastartalmával ( $r=0,449$ ), ami arra utal, hogy a mangánfelvehetőségre komoly befolyása van a talaj vastartalmának.

Szignifikáns negatív kapcsolatot sikerült kimutatnom a bór és a hidrolitos savanyúság ( $r=-0,554$ ), valamint a humusztartalom között (64. ábra) ( $r_{KST}=-0,622$ ).

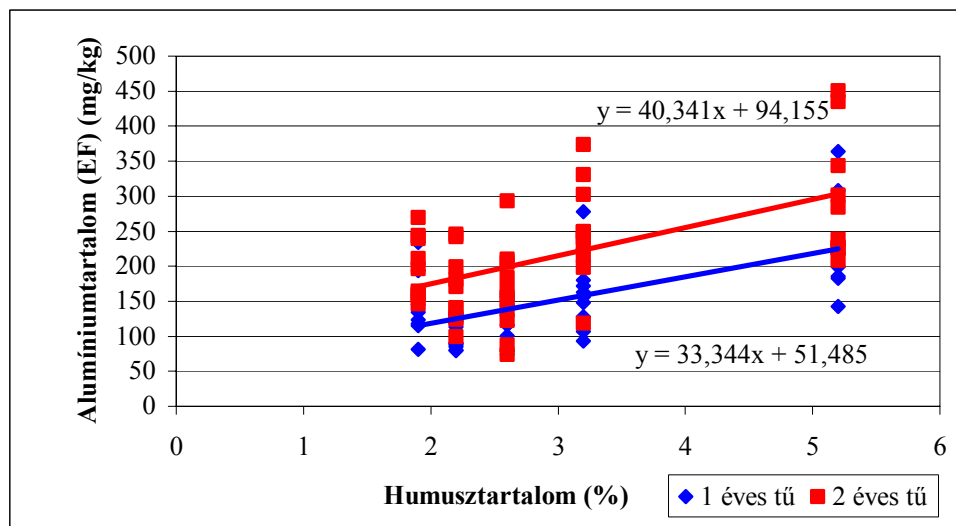


64. ábra: A kocsányos tölgy levelének bór- és a talaj humusztartalma közötti összefüggés

#### 4.9.4.3. Az erdeifenyő tűlevelek tápelem tartalmi és a talajvizsgálati eredmények közötti összefüggések

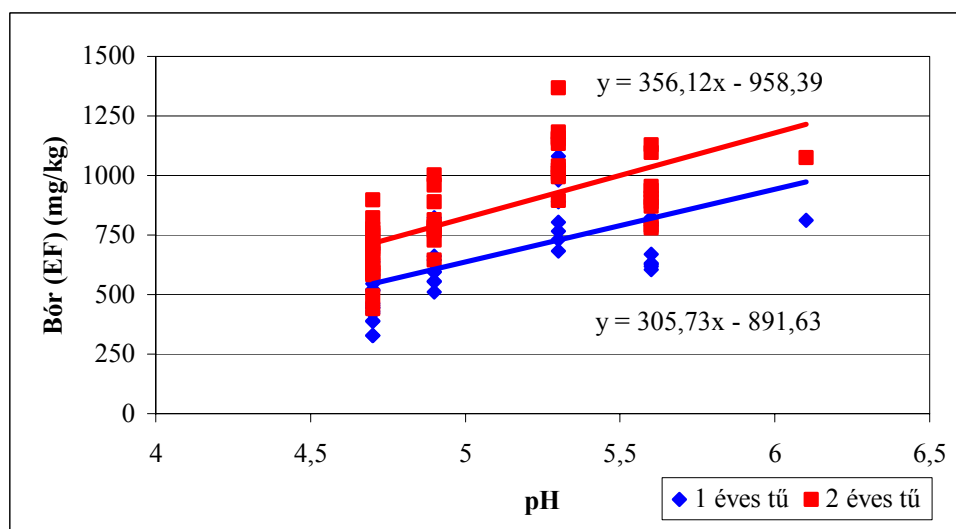
Erdeifenyő esetében csak a mikrotápelemek között találtam statisztikailag megbízható kapcsolatokat.

Az erdeifenyő egyéves és a kétéves tűiben található alumínium tartalom szignifikáns pozitív kapcsolatot mutat a talaj humusztartalmával (65. ábra) ( $r_1=0,574$ ;  $r_2=0,545$ ). Ennek az az oka valószínűleg, hogy az átlagosan 220 mg/kg alumíniumtartalmú lehullott tűlevelek bomlása során keletkező alumínium mennyisége meghatározó a humuszos szint ezen elemtartalmában.



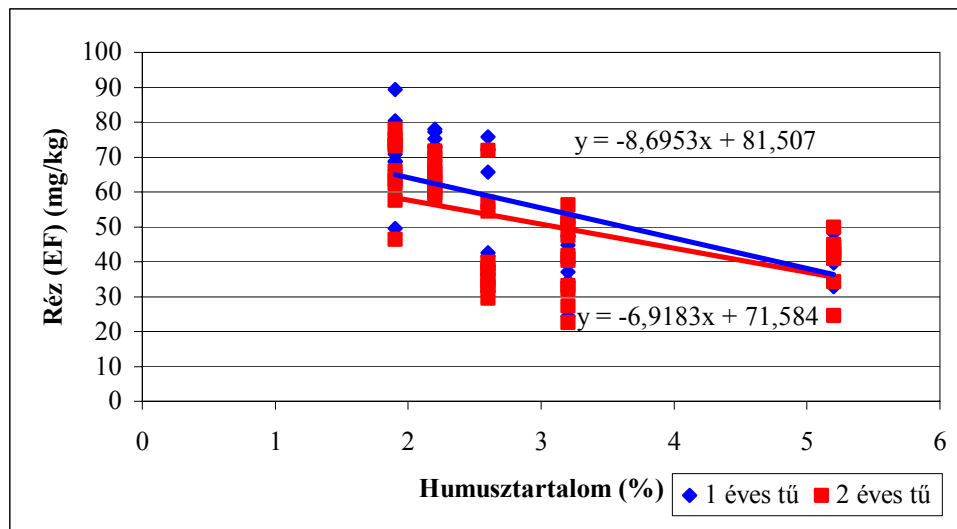
65. ábra: Az erdeifenyő tűlevelének alumínium- és a talaj humusztartalma közötti összefüggés

Szignifikáns kapcsolatot sikerült kimutatnom a bór és a talaj pH-ja között mind a két korosztályban ( $r_1=0,511$ ;  $r_2=0,680$ ) (66. ábra), míg a lombosoknál is megfigyelt negatív kapcsolata a hidrolitos savanyúsággal itt elsősorban a kétéves tűknél érvényesül ( $r_2=-0,430$ ). Mindkét korosztályban megfigyelhető viszont a kicserélődési savanyúsággal meglévő szignifikáns negatív kapcsolata ( $r_1=-0,575$ ;  $r_2=-0,731$ ).



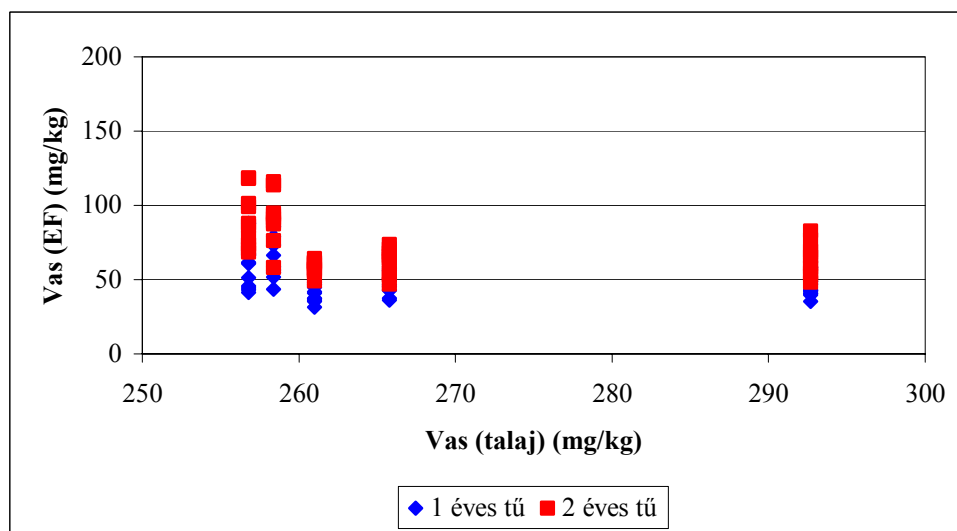
66. ábra: Az erdeifenyő tűlevelének bór- és a talaj pH-ja közötti összefüggés

A másik két vizsgált fajhoz hasonlóan a talaj humusztartalma és az erdeifenyő tűinek réztartalma között szignifikáns negatív kapcsolatot mutatkozott (67. ábra). Ez az összefüggés mindkét korosztályban kimutatható volt, de az egyéves tűknél markánsabban jelentkezett ez a kapcsolat ( $r_1=-0,514$ ;  $r_2=-0,460$ ). A többéves tűkben a kapcsolat erősségének csökkenése a réz reutilizálhatóságának a következménye.



67. ábra: Az erdeifenyő tűlevelének réz- és a talaj humusztartalma közötti összefüggés

Ennél a fajnál érdekes eredményeket találtam a tűlevelek vas illetve mangántartalma és a talaj vas illetve mangántartalma között.



68. ábra: Az erdeifenyő tűlevelének és a talaj vastartalmának összefüggése

Mindkét esetben szignifikáns negatív kapcsolatot tapasztaltam ( $r_{1\text{Fe}}=-0,413$ ;  $r_{2\text{Fe}}=-0,457$ ) ( $r_{1\text{Mn}}=-0,401$ ;  $r_{2\text{Mn}}=-0,465$ ), amely szerint a talajban hiába növekszik a jelentős mértékben e két elem mennyisége, ez egyáltalán nem jelentkezik a tűlevelekben (68. ábra). Ennek valószínűleg az az oka, hogy ezekben az erősen savanyú talajokban olyan magas a vas és a mangán koncentráció, hogy a növények diszkriminálják ezeket az elemeket és csak minimális mennyiségben veszik fel.

Figyelembe véve a 4.7.1.3. fejezetben található 36. és 37. ábrát, amelyben a különböző fajok leveleinek vas és mangántartalma látható, meg kell állapítanunk, hogy az erdeifenyő valamilyen módon szabályozni tudja ezeknek az elemeknek a felvételét. Így lehetséges az, hogy a lombosok elemtartalmának felét, harmadát vagy még kevesebb részét halmozza fel magában, annak ellenére, hogy az ő termőhelyein a talaj vastartalma magasabb.

Ezt támasztja alá a másik, első látásra szokatlan eredmény, miszerint a tűlevelek vastartalma a talaj pH-jával szignifikáns pozitív korrelációban van mindkét korosztály esetében ( $r_{1Fe}=0,692$ ;  $r_{2Fe}=0,759$ ).

A feketefenyő esetében az alacsony elemszám miatt statisztikailag megbízható elemzést nem tudunk készíteni a termőhely és a tűlevelek elemtartalma között.

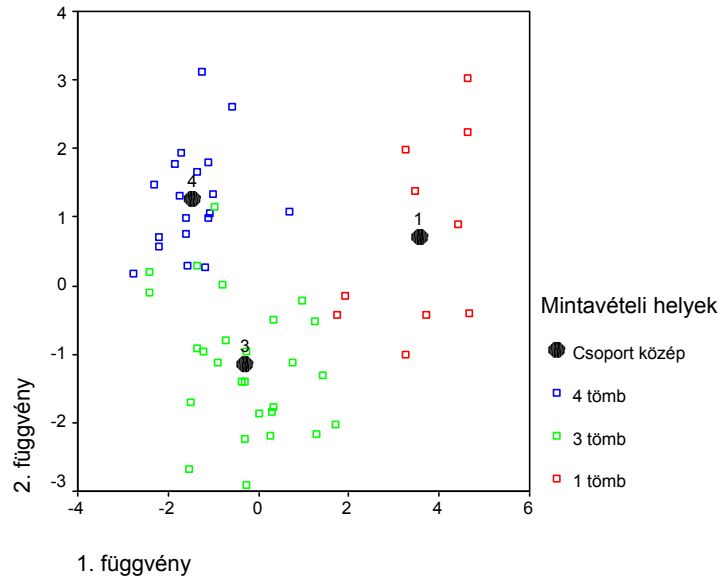
#### **4.9.5. A talaj és növény tápelemtartalmának vizsgálata diszkriminancia elemzéssel**

A diszkriminancia elemzések segítségével vizsgáltam, hogy az egyes termőhelyek, hogy helyezkednek el a diszkriminancia függvények által leírt „tápelem-térben”. Elhelyezkedésük alapján elkülöníthető-e az egyes termőhelyek és ez alapján azonosítható-e, hogy a növény melyik termőhelyről származik. A vizsgálatot a négy elkülönülő tömbben elhelyezkedő mintavételi helyek összehasonlításával végeztem.

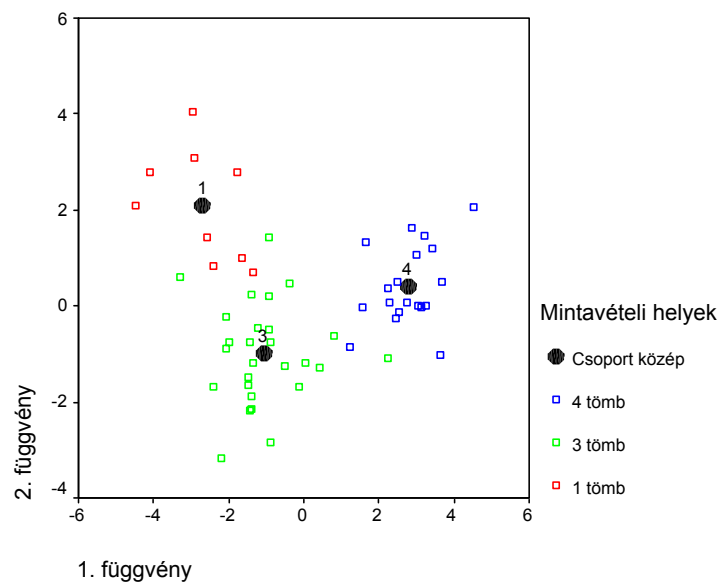
Csertölgy mintáim két tömbből származtak. A statisztikai vizsgálat kimutatta, hogy ezekből a tömbökből származó növényminták alapján 97,6%-os valószínűséggel lehet megmondani, hogy az adott minta melyik tömbből származik.

Kocsányos tölgy esetében, amely szintén két tömbből származott az elkülönítés valószínűsége a levelek tápelemtartalma alapján: 97,3%.

Az erdeifenyőnél mind az 1 éves, mind pedig a kétéves tűkre elvégeztem a vizsgálatot. Ebben az esetben a minták három különböző tömbből származtak. Az elkülönítések megbízhatósága az egyéves tűk esetében 92,9%, a kétéveseknél pedig 92,7%. A 69. ábrán láthatjuk a két diszkriminancia függvény értékeinek ábrázolása alapján az egyes diszkriminált termőhelyeket az erdeifenyő egyéves tűinek tápelemtartalmai alapján, a 70. ábrán pedig az erdeifenyő kétéves tűi alapján.



69. ábra: Erdeifenyő egyéves tű kanonikus diszkriminancia függvények értékeinek ábrázolása termőhelyek szerint



70. ábra: Erdeifenyő kétéves tű kanonikus diszkriminancia függvények értékeinek ábrázolása termőhelyek szerint

A vizsgálati eredményeimhez hasonló eredményre (93,9%-os megbízhatóság) jutott KOVÁCS (1996), amikor különböző termőhelyekről származó lucfenyők tápelemtartalom alapján való elkülönítésének lehetőségét vizsgálta diszkriminancia analízis segítségével. TÓTH ET AL. (1995) kimutatták ezzel az eljárással, hogy igen szoros a kapcsolat termőhely és a füves vegetáció között, valamint azt, hogy egyes talajjellemzőket a növényvizsgálatok alapján jó eredménnyel lehet becsülni.

Tehát növények leveleinek tápelem tartalmát elsősorban a talajban található felvehető tápelemek határozzák meg, valamint ez a módszer alkalmasnak tűnik az egyes termőhelyek növényélettani szempontú osztályozására. Ezzel a módszerrel a talajtípusokon belüli finomabb osztályozás is kidolgozhatóvá válik.

A vizsgálati eredményeim alapján elmondható, hogy ebben a térségben a kis területen belül is nagy a talaj heterogenitása.

## 5. Összefoglalás

Dolgozatomban bemutattam a cseri talajok történetét a szakirodalomban az első elkülönítéstől az önálló talajtípussá válásig. Ismertettem az Iváni Nagyerdő történetét, meghatároztam az iváni kísérleti területhez csatlakozó térségben az erdősültség változását a XVII századtól (48%) a XIX századvégi mélyponton (13,5%) keresztül a XX. század végéig (28%).

A vizsgált terület közelében található meteorológiai állomások adataiból kimutattam, hogy a 1950-évektől a nyolcvanas évekig, egy hűvösebb periódus jellemezte ezt a vidéket, amely a hatvanas évek végéig viszonylag magas csapadék mennyiséggel társult. Ezek a kedvező időjárású ötvenes-hatvanas évek jelentős mértékben elősegítették a cseri talajok eredményes beerdősítését. Az ezt követő időszakban különösen a nyolcvanas-kilencvenes években jelentkező tenyészidőszaki csapadék mennyiség csökkenés és középhőmérséklet emelkedés, viszont már nem kedveztek az újabb erdőállományok létrehozásának, a meglévők fennmaradásának illetve felújításának. A problémák elsősorban a gyengén cementált kavicsos váztalajokon és a sekély termőrétegű cseri talajokon jelentkeztek. A meteorológiai adatokból kitűnik, hogy a vizsgálati területet legjobban jellemző kapuvári és a lövői állomáson mérték a legnagyobb csapadékcsökkenést, amely tenyészidőszakban meghaladta a 100 mm-t (30%-t). Ez, figyelembe véve a fent említett talajtípusokra jellemző alacsony víztartó képességet, néhány termőhelyen a gazdálkodási cél illetve az alkalmazható fafajok újragondolását teszi szükségessé.

A csapadékmennyiség és az áprilisi illetve az októberi talajvízszint között kimutatható a kapcsolat. Az 1990-es évek elején jelentkező nagy aszály következtében az áprilisi talajvízszint a növényzet számára elérhetetlen mélységbe süllyedt (2,5 m alá), ami vélhetőleg hozzájárult az ezekben az években tapasztalt erdőpusztulások kialakulásához

A dolgozatom elkészítése során közel 200 ha területen végeztem teljes termőhelyfeltárást, készítettem talajtérképet (1. sz., 2. sz., 3. sz. melléklet). Dolgozatomban elkülönítettem és leírtam a NYME NTI Termőhelyismerettani Tanszékén végzett munkánk nyomán 2001-ben az erdészeti talajosztályozásban bevezetésre került cseri talajt és három altípusát. Ezen a területen elvégeztem a termőhelyi besorolások felülvizsgálatát, alkalmazva a 2001-évi ÁESZ útmutató szerinti kategóriákat.

Az ásványtani vizsgálatokban kimutattam, hogy ezen talajok agyag+iszap frakcióiban magas a kvarctartalom, amely hozzájárul alacsony termőképességükhöz. Kimutattam továbbá, hogy a cseri talajokban és a kavicsos váztalajban az agyagásványok között uralkodó az illit, amely miatt a fellazított talaj hamar visszatömörödik. Az itt található barna erdőtalajokban viszont a szmektit agyagásvány uralkodik, amely nagymértékű zsugorodási-dagadási képességével megakadályozza a talaj betömörödését.

A pF vizsgálataim szerint a cseri talajokban a és a gyengén cementált kavicsos váztalajban nagyon alacsony a diszponibilis vízkészlet, ezért vízutánpótlás nélkül mindössze 20-25 napig képesek kellő mennyiségű nedvességgel ellátni, a szárazságtűrő erdeifenyőt. Ez a jelenség rámutat arra a fontos tényre, hogy nem csupán a csapadék mennyisége a meghatározó a növények életében, hanem annak eloszlása, egyenletessége legalább annyira fontos. Az itt található barna erdőtalajok hasznosítható vízkészlete 2-3 szor nagyobb, ebből következőleg hosszabb időintervallumon keresztül tudják ellátni vízzel az erdőállományokat. Kimutattam, mind a paraméterbecslő, mind pedig a pontbecslő pF függvények alkalmazhatóságának korlátait a cseri talajokon.

A cseri talajok mezofaunájával kapcsolatos vizsgálataim leírják, hogy a mezofauna meghatározó elemei, úgy mint az ugróvillások és a páncélosatkák rendkívül kis egyedszámban fordulnak elő, ami arra utal, hogy ezek a tömődött, levegőtlen talajok nagyon kedvezőtlenek számukra. Ennek az a következménye, hogy a biológiai lebontás lassú, a mineralizáció korlátozott, ezért a rendelkezésre álló tápanyagok feltáródása is nehézségekbe ütközik. A tápelemkörfogalom lassúsága minden bizonnyal hozzájárul a cseri talajokon tapasztalható tápanyagszegénység kialakulásához.

Megállapítottam, hogy a cseri talajok tápanyagokban szegények és ez jelentkezik a fák tápelem-ellátottságában is. A növények a levélanalízis szerint, a legfontosabb makro és mezotápelemek szempontjából, a megfelelő ellátottsági érték alsó határán élnek, míg a mikrotápelemek közül azok, amelyeknek az alacsony pH kedvez, nagy mennyiségben vannak jelen. A réz kivételével a tölgyekben mért értékek mindenhol szignifikánsan különböznek a fenyőekben tapasztalt értékektől. A tölgyek levelében 2-3 szor több kalciumot tudtam kimutatni, mint a fenyők esetében. Ez ezeken a savanyú termőhelyeken rendkívül fontos, hiszen a lombosok előnyben részesítésével több kalcium jut a talaj biológiailag aktív felső rétegeibe, ezáltal ebben a vékony, de meghatározó rétegben javul a talajszerkezet, nő a pH, aminek következtében javul a legfontosabb tápelemek felvehetősége. A mikrotápelemek



között jelentős eltérés mutatkozott a fenyők és a tölgyek között, míg az előbbieket az alumíniumot halmozták fel nagyobb mértékben a leveleikben, addig az utóbbiak a vasat és a mangánt.

A fenyők esetében elvégzett elemzés, amelyben az egyéves tűk elemtartalmát hasonlítottam össze a kétévesekével kiderült, hogy a foszfor, kálium mennyisége a tűlevelekben csökken a korrallal (reutilizáció), míg a kalcium, alumínium, vas, mangán esetében növekedik. Míg az erdeifenyő esetében a réz és magnéziumtartalom csökkent a kor előrehaladtával, addig a feketefenyőben ezek az elemek gyengén növekedtek.

A fentiek alapján a tölgyek előnyben részesítését javaslom a vizsgált fenyőfajokkal szemben.

A meliorációs kísérlet eredményei azt mutatják, hogy mind melioráció, mind a tápanyag-utánpótlás pozitív hatást gyakorolt a növények tápelem tartalmára. A legnagyobb különbséget a különbözőképpen végrehajtott talaj-előkészítések hatásai között tapasztaltam. Ez arra utal, hogy elsősorban a talaj tömörödöttségét kell megszüntetni, javul a mineralizáció, tápelem- és vízfelvétel, valamint gyorsabb lesz a gyökérnövekedés. Az erdősítések során vissza kell térni a régi, mélylazításos talaj-előkészítési módszerhez. A kevesebb pótlásigény és a gyorsabb növekedés biztosan képes ellensúlyozni a talaj-előkészítés többletköltségeit.

A talajvizsgálati eredményeket összevetve megállapítottam, hogy a termőréteg vastagságát ezen a területen a kavicsréteg megjelenési mélysége határozza meg. Szoros összefüggést találtam a felvehető magnézium és a kalcium illetve a felvehető vas és a cink mennyisége között. A két utóbbi elem és hidrolitos savanyúság között is szoros kapcsolat mutatkozott, amely a pH-val megváltozó oldódási viszonyokra vezethető vissza.

A növényben található tápelemek közötti kapcsolatokat többváltozós és kétváltozós módszerekkel is vizsgáltam. A többváltozós módszerekkel kimutatott összefüggések legerősebb tagjait a kétváltozós módszerrel is ki tudtam mutatni, de az előbbi módszerrel olyan elemek hatásai is kimutathatóvá váltak, amelyek a kétváltozós vizsgálatoknál nem voltak elég erősek.

A főkomponens analízis segítségével két függvényt tudtam kialakítani az egyikbe a makro- és a mezotápelemek kerültek a kalcium kivételével plusz az alumínium és a cink negatív előjellel, a másikba többi vizsgált mikrotápelem a kalciummal. Ez arra utal, hogy nagyon szoros kapcsolat van a makro és mezotápelemek között, valamint azt mutatja, hogy az

alumínium és cink felhalmozódást elősegítő körülmények negatív hatást gyakorolnak a fent említett elemekre.

A növény és talajvizsgálati eredmények esetében több szignifikáns kapcsolatot találtam. Nemcsak a növényben illetve a talajban található tápelem között, mint például a kocsányos tölgy esetében a kálium esetében, hanem a pH és a tápelemtartalom között is, ami azt mutatja, hogy a meliorációs tevékenységgel javíthatjuk az erdőállományok tápelem-ellátottságát.

A diszkriminancia analízis segítségével sikerült kimutatnom, hogy a növények tápelemtartalmát nagyon erősen befolyásolja a termőhely a tápelemkínálata, ez a jelenség annyira erős, hogy egy körzeten belül nagy biztonsággal meg lehet határozni, melyik ismert tulajdonságú termőhelyről származik a vizsgált növény. Az általunk vizsgált területen, ahol 4 nagyobb tömbben helyezkedtek el a kísérleti területek, a tölgyek esetében több mint 97%-os volt a módszer megbízhatósága, míg erdeifenyő esetében mind az egyéves, mind a többéves tűk esetében 92% volt.

A faterméstani vizsgálatok szerint a cseresek zöme a III. fatermési osztályba tartozik, de az átlagátmérők jellemzően elmaradnak a táblai értékektől. A fiatalabb állományok alacsonyabb fatermési osztályba sorolhatók be, mint az idősebbek ennek az egyik oka az lehet, hogy az ötvenes években rossz minőségű mezőgazdasági területekre telepített erdők nem fejlődnek úgy, mint az erdőgazdálkodásban maradt területeken fekvő cseresek.

Az erdeifenyvesek esetében nem tapasztaltunk ilyen eltéréseket a korcsoportokban, ami arra vezethető vissza, hogy mindegyik állomány telepített. Az állományok jellemzően a III. ill. a IV. fatermési osztályba sorolhatók be, de a jellemző vágásérettségi kor jóval elmarad a fatermési tábla értékeitől.

Az egykorú erdeifenyő illetve cseres állományok biológiai felsőmagasságát vizsgálva kimutattam, hogy hasonlóképpen reagálnak az 50%-nál nagyobb kavicstartalmú réteg megjelenésére. Ezzel ellentétben a termőrétegvastagság növekedésére a csertölgy jóval erőteljesebb magassági növekedéssel válaszolt, mint az erdeifenyő. Tehát a mélyebb termőhelyeket az erdeifenyő kevésbé tudja hasznosítani, mint a csertölgy, így ezeken a helyeken a csertölgyet célszerű ültetni.

Kimutattam, hogy a vizsgált területen az erdeifenyő állományban a fenyőilonca okozza a legnagyobb biotikus károkat, egyes mintavételi pontokban a károsított törzsek aránya meghaladta a 30%-ot. A száradék mennyisége jelentősen eltért talajtípusonként. A legnagyobb mértékben a gyengén cementált kavicsos vázталajon jelentkezett, ahol a károsítás a törzsszám 50%-át is elérte helyenként, míg a legnagyobb hasznosítható vízkészlettel rendelkező pszeudoglejes barna erdőtalajon a maximum értéke nem érte el a 20%-ot.

A csernél komolyabb egészségügyi problémát a fagylécesség jelentett (maximum az állomány 55%-a), valamint a tőkorhadás, amely helyenként akár a cserek negyedét is érintette. A kocsányos tölgy esetében nem tapasztaltam jelentősebb kárt.

## **6. Tézisek**

1, Az 1950-évektől a nyolcvanas évekig, egy hűvösebb periódus jellemezte a vizsgált területet, amely a hatvanas évek végéig viszonylag magas csapadék mennyiséggel társult. Ezek a kedvező időjárású ötvenes-hatvanas évek jelentős mértékben elősegítették a cseri talajok eredményes beerdősítését. Az ezt követő időszakban különösen a nyolcvanas-kilencvenes években jelentkező tenyészidőszaki csapadék mennyiség csökkenés és középhőmérséklet emelkedés, viszont már nem kedveztek az újabb erdőállományok létrehozásának, a meglévők fennmaradásának illetve felújításának. A problémák elsősorban a gyengén cementált kavicsos váztalajokon és a sekély termőrétegű cseri talajokon jelentkeztek. A meteorológiai adatokból kitűnik, hogy a vizsgálati területet legjobban jellemző kapuvári és a lövői állomáson mérték a legnagyobb csapadékcsökkenést, amely tenyészidőszakban meghaladta a 100 mm-t (30%-t).

2, Az áprilisi illetve az októberi talajvízszint, valamint a tenyészidőszaki és a téli csapadékmennyiség között statisztikailag igazolható kapcsolat van. Az 1990-es évek elején jelentkező nagy aszály következtében az áprilisi talajvízszint a növényzet számára elérhetetlen mélységbe (>2,5 m alá) süllyedt, ami vélhetőleg hozzájárult az ezekben az években tapasztalt erdőpusztulások kialakulásához.

3, A termőhelyfeltárás során kapott eredmények -kiegészítve máshonnan származó mintákkal- képezte az alapját az NYME NTI Termőhelyismerettani Tanszékének javaslatára 2001-ben az erdészeti talajosztályozásban bevezetésre került cseri talajnak és három altípusának elkülönítésének és leírásának.

4, Az ásványtani vizsgálatok szerint a cseri talajok agyag+iszap frakcióiban magas a kvarctartalom, továbbá az agyagásványok között az illit az uralkodó, amely miatt a fellazított talaj hamar visszatömörödik. Az itt található barna erdőtalajokban viszont a szmektit agyagásvány uralkodik, amely nagymértékű zsugorodási-dagadási képességével megakadályozza a talaj betömörödését.

5, A pF vizsgálatok szerint a cseri talajokban és a gyengén cementált kavicsos váztalajban nagyon alacsony a diszponibilis vízkészlet, a barna erdőtalajokhoz képest.

6, A cseri talajokban az ugróvillások és a páncélosatkák, rendkívül kis egyedszámban fordulnak elő, ennek következményeképpen a biológiai lebontás lassú, a mineralizáció korlátozott, ezért a rendelkezésre álló tápanyagok feltáródása is nehézségekbe ütközik.

7, Statisztikailag igazolható összefüggést mutatható ki a talajban lévő felvehető magnézium és a kalcium, illetve a felvehető vas és a cink mennyisége között, valamint az utóbbi két elem és a hidrolitos savanyúság között is szoros kapcsolat mutatkozott, amely a pH-val megváltozó oldódási viszonyokra vezethető vissza.

8, A tölgyek levelében közel háromszor több kalcium van, mint a fenyők tűiben. A savanyú termőhelyeken ha előnyben részesítjük a tölgyeket, akkor több kalcium jut a talaj biológiailag aktív felső rétegeibe, ezáltal ebben a vékony, de meghatározó rétegben javul a talajszerkezet, nő a pH, aminek következtében növekszik a legfontosabb tápelemek felvehetősége. A tölgyek részarányának növelése ezért feltétlenül indokolt a vizsgált fenyőfajokkal szemben a cseri talajokon.

9, A meliorációs kísérlet eredményei azt mutatják, hogy mind a melioráció, mind a tápanyag-utánpótlás pozitív hatást gyakorolt a növények tápelem tartalmára. A legnagyobb különbséget a különbözőképpen végrehajtott talaj-előkészítések hatásai között tapasztalható. A mélylazításos talaj-előkészítéssel alkalmazása esetén a kevesebb pótlásigény és a gyorsabb növekedés biztosan képes ellensúlyozni a talaj-előkészítés többletköltségeit.

10, A növények leveleiben található tápelemek főkomponens analízis segítségével két függvénybe csoportosíthatók. Az egyikbe a makro- és a mezotápelemek kerültek, a kalcium kivételével, plusz az alumínium és a cink negatív előjellel, a másikba a többi vizsgált mikrotápelem a kalciummal. Ez arra utal, hogy nagyon szoros kapcsolat van a makro- és mezotápelemek között, valamint, azt mutatja, hogy az alumínium és cink felhalmozódást elősegítő körülmények negatív hatást gyakorolnak a fent említett elemekre.

11, A növény- és talajvizsgálati eredmények esetében több szignifikáns kapcsolatot lehetett kimutatni. Nemcsak a növényben illetve a talajban található tápelem között, hanem a pH és a tápelemtartalom között is, ami azt mutatja, hogy a meliorációs tevékenységgel javíthatjuk az erdőállományok tápelem-ellátottságát.

1 2, A diszkriminancia analízis segítségével sikerült kimutatnia, hogy a növények tápelem tartalmát nagyon erősen befolyásolja a termőhely tápelem kínálata. Ez a jelenség annyira erős, hogy egy körzeten belül nagy biztonsággal meg lehet határozni, melyik ismert tulajdonságú termőhelyről származik a vizsgált növény. A vizsgált területen, ahol 4 nagyobb tömbben helyezkedtek el a kísérleti területek, a tölgyek esetében több mint 97%-os volt a módszer megbízhatósága, míg erdeifenyő esetében mind az egyéves, mind a többéves tük esetében 92% volt.

13, A faterméstani vizsgálatok szerint a cserések zöme a III. fatermési osztályba tartoznak, de az átlagátmérők jellemzően elmaradnak a táblai értékektől. A fiatalabb állományok alacsonyabb fatermési osztályba sorolhatók be, mint az idősebbek. Az erdeifenyvesek esetében nem lehetett kimutatni ilyen eltéréseket a korcsoportokban.

14, Az egykorú erdeifenyő illetve cseres állományok biológiai felsőmagasságának vizsgálata alapján kijelenthető, hogy hasonlóképpen reagálnak az 50%-nál nagyobb kavicsstartalmú réteg megjelenésére. Ezzel ellentétben a termőrétegvastagság növekedésére a csertölgy jóval erőteljesebb magassági növekedéssel válaszolt, mint az erdeifenyő. Tehát a mélyebb termőhelyeket az erdeifenyő kevésbé tudja hasznosítani, mint a csertölgy, így ezeken a helyeken a csertölgyet javasolt ültetni.

15, A vizsgált területen az erdeifenyő állományban a fenyőilonca okozza a legnagyobb biotikus károkat. Az egyes mintavételi pontokban a károsított törzsek aránya meghaladta a 30%-ot. A száradék mennyisége a vizsgálatok szerint talajtípus függő. A legnagyobb mértékben a gyengén cementált kavicsos vázталajon jelentkezett, ahol a károsítás helyenként a törzsszám 50%-át is elérte, míg a legnagyobb hasznosítható vízkészlettel rendelkező pszeudoglejes barna erdőtalajon a maximum értéke nem érte el a 20%-ot.

A csernél komolyabb egészségügyi problémát csak a fagylécesség jelentett (maximum az állomány 55%-a), valamint a tőkorhadás, amely helyenként akár a cserék negyedét is érintette. A kocsányos tölgy esetében nem tapasztalt jelentősebb kárt.

## **7. Köszönetnyilvánítás**

Az értekezésem elkészültével szeretnék köszönetet mondani minden kedves TANÁROMNAK, KOLLÉGÁMNAK ÉS ISMERŐSÖMNEK, akik segítettek e mű elkészültét.

Külön köszönöm a TERMŐHELYISMERETTANI TANSZÉK MINDEN DOLGOZÓJÁNAK a segítségét, külön is kiemelve PROF. DR. SZODFRIDT ISTVÁN témavezetőmet, DR. KOVÁCS GÁBORT, DR. BIDLÓ ANDRÁST, DR. HEIL BÁLINTOT és VARGA ZSÓFIÁT.

Külön köszönöm SZEMEREY TAMÁSNÉ doktorandusztársamnak azt a sokrétű segítséget, amellyel elősegítette az értekezésem elkészültét.

Köszönöm továbbá PROF. DR. BONDOR ANTALnak az értékes -nem csak szakmai- tanácsait, főnökeimnek PROF. DR. FARAGÓ SÁNDORNak és PROF. DR. KOLOSZÁR JÓZSEFnek értékes útmutatásukat és türelmüket.

Köszönöm a TAEG RT IVÁNI ERDÉSZETÉNEK DOLGOZÓI által nyújtott terepi segítséget, külön kiemelve VARGA GYULA volt erdészetvezető urat, valamint MESICS BERTALAN erdőmérnök urat.

Köszönöm a LÖVÉR PRINT DOLGOZÓinak a segítségét és a türelmét, amivel elősegítették az értekezésem megfelelő formába öntését.

Legvégül, de nem utolsósorban szeretnék köszönetet mondani SZÜLEIMNEK, akik mindvégig támogatták tanulmányaimat.

Sopron, 2004-04-12

László Richárd  
Okl. erdőmérnök  
vadgazda mérnök

## 8. Irodalomjegyzék

- ÁDÁM L. (1962): A Rábántúli-kavicstakaró,  
Földrajzi Értesítő, Budapest, XI. évf. p. 41-52
- ÁDÁM L. (1975): A Nyugat-magyarországi-peremvidék,  
In: Pécsi M. szerk. (1975): Magyarország tájföldrajza 3.  
(Kisalföld és a Nyugat-magyarországi peremvidék), Akadémiai kiadó,  
Budapest
- ÁESZ (1994): TAEG RT Iváni Erdészet (0754)  
Erdőállomány gazdálkodási terve, Szombathely
- ÁESZ (2001): Erdőtervezési útmutató kódjegyzéke és mellékletei,  
ÁESZ, Budapest
- AHRENS, E. (1964): Untersuchungen über den Gehalt von Blättern und Nadeln verschiedener  
Baumarten an Kupfer, Zink, Bor, Molybdän und Mangan,  
Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 135, 8-16.
- ALI T. G. (2000): Az erdei-, és feketefenyő erdővédelmi problémáinak vizsgálata a  
TÁEG Rt. Iváni Erdészetének területén,  
Diplomaterv, Sopron
- ÁNGYÁN J. ET AL. (1997): A természetvédelem és a mezőgazdaság összehangolásának EU-  
konform rendszere,  
In.: Alapozó vizsgálatok Magyarország földhasználati zónarendszerének  
kialakításához  
MTA Stratégiai Kutatások, Gödöllő-Budapest, p.47
- ARB.GEM. FORSTEINRICHT. (1996): Forstliche Standortsaufnahme,  
IHW-Verlag & Verlagsbuchhandlung, Eching
- BACSÓ A. – MAUL F. – SZABÓ B. (1962): Adatok a Kemeneshát barna erdőtalajainak  
tanulmányozásához,  
Agrokémia és Talajtan, Tom. 11. No. 1. p. 1-11
- BACSÓ A. – MAUL F. – OROSZ I. (1967): A műtrágya hatásának vizsgálata Kemenesháton,  
Talajtermékenység, A Nagykovácsi Mezőgazdasági Kísérleti Intézet és a 35.  
Sz. Főfeladatot Koordináló Bizottság Közleményei, Karcag, p. 78-84



- BACSO A. (1969): Talajjavítási és talajművelési kísérletek eredményei a Kemenesháton,  
Az Agrártudományi Egyetem Közleményei, Gödöllő, p. 340-346
- BALLENEGGER R. (1917): Adatok magyarországi talajok kémiai összetételének ismeretéhez,  
Földtani Intézet Évi Jelentése, p. 531-538.
- BALOGH Cs. (2000): Új talajtípusok besorolása és jellemzése,  
Feljegyzés az új erdészeti útmutató termőhelyi részéhez,
- BEHAN, V. M. - HILL, S. - KEVAN, D. K. MCE.(1978): Effect of nitrogen fertilizers, as urea,  
on Acarina and other arthropods in Quebec black spruce humus,  
Pedobiologia, Bd. 18, p. 249-263
- BELLÉR P. – VARJÚ P. (1986): Termőhelyismerettan I. Talajvizsgáló módszerek,  
EFE Jegyzetsokszorosító Részleg, Sopron
- BELLÉR P. (2000a): Talajvizsgáló módszerek,  
Egyetemi jegyzet, Sopron
- BELLÉR P. (2000b): A savanyú erdőtalajok fizikai és kémiai meliorációjának  
lehetőségei és szükségessége,  
Kutatási jelentés, Sopron
- BENCZE P. (1955): A dunántúli kavicsos talajokon (az ún. cseri földeken) végzett kutatások,  
Erdészeti Kutatások, 1 sz. p. 83-98.
- BENDEFY L. (1935): Adatok Vas vármegye levantei kavicstakarójának ismeretéhez,  
Vasi Szemle p.407-410.
- BEGON M. – HARPER J. – TOWNSEND C. R. (1986): Ecology: Individuals, populations and  
communities,  
Blackwell, Oxford
- BERKI I. (1984): A Nyugat-Magyarországi Kavicstakaró barna erdőtalajainak talajföldrajzi  
jellemzése,  
Doktori disszertáció, Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen
- BERKI I. (1991): Eichensterben in Nordungarn. Die Rolle des Nährstoffmangels  
Allgemeine Forst Zeitschrift 46. p. 74-78
- BERKI I. (1995): Az Északi-középhegységi kocsánytalan tölgy-pusztulás néhány okának  
vizsgálata,  
Kandidátusi értekezés, Debrecen
- BERKI I. (1999): Az erdők tápanyag-ellátása,  
In: Füleky Gy. (szerk): Tápanyag-gazdálkodás  
Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 536-560

- BIDLÓ A. (1995): Alaktani, élettani és tápanyagtartalmi összehasonlító vizsgálatok különböző származású bükk (*Fagus silvatica* L.) csemetéken,  
Doktori disszertáció, Sopron
- BIDLÓ A. – KOVÁCS G. (1996): Erdei ökoszisztémák elemforgalma,  
In: Mátyás Cs. (szerk.) (1996): Erdészeti ökológia  
Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p161-169
- BIDLÓ A.- KOVÁCS G. (1998): Határtermőhelyeken található faállományok száradása a Kemenesháton,  
II. Erdő és klíma konferencia kiadvány, Debrecen
- BIDLÓ G. (1991): Dél-Dunántúli lösz-szelvényben lévő fosszilis talajok ásványtani vizsgálata,  
Agrokémia és Talajtan, Tom. 40. No. 1.-2. p. 65-70.
- BIDLÓ G. – BIDLÓ A. (1995): Agyagtalajok nagyműszeres ásványtani vizsgálata,  
Kézirat, Sopron
- BÖSZÖRMÉNYI Z. (1956): Az erdeifenyő csemeték ásványi táplálkozása. I.,  
Agrokémia és Talajtan, Tom. 5. No. 1. p. 75-85.
- BROSIUS G. - BROSIUS F. (1995): SPSS Base System und Professional Statistics,  
International Thomson Publishing, Bonn
- BUZÁS I. (1988): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszer-könyv 2,  
A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei  
Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- BUZÁS, I. (1993): A talaj fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata,  
INDA 4231 Kiadó, Budapest
- BUTCHER J. W. - SNIDER, R. - SNIDER. R. J. (1971): Bioecology of Edaphic Collembola and Acarina,  
Ann. Rev. of Ent. 16, p. 249-288
- CHOLNOKY J. (1936): Magyarország földrajza,  
A Föld és élete, VI. kötet, Budapest. p. 529
- CSAPODY, I. (1963): A Sopron megyei "Nagyerdő" története,  
Soproni Szemle, 3. sz.
- CSAPODY, I. (1964): A Sopron megyei "cseriföldek" erdeinek története,  
Az Erdő 5. sz. p. 224-230.
- CSAPODY I. (1974): Die Agrostio-Quercetum robori-cerris-Wälder der Kleinen Ungarischen Tiefebene,  
Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae, Tomus 20 (1-2), p. 23-30

- DANSZKY I. (szerk.)(1963): Magyarország erdőgazdasági tájainak erdőfelújítási, erdőtelepítési irányelvei és eljárásai III. Kisalföld erdőgazdasági tájcsoport,  
Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest
- DEBRECZENI B. (1999a): Nehézfémek és károsító elemek,  
In: Füleky Gy.: Tápanyag-gazdálkodás  
Mezőgazda Kiadó, Budapest, p. 74-79
- DEBRECZENI B. (1999b): A kalcium szerepe a növények életében,  
In: Füleky Gy.: Tápanyag-gazdálkodás  
Mezőgazda Kiadó, Budapest, p. 57-60
- DEBRECZENI B. (1999c): A foszfor szerepe a növények életében,  
In: Füleky Gy.: Tápanyag-gazdálkodás  
Mezőgazda Kiadó, Budapest, p. 45-51
- ÉDUVIZIG (2002): 3267-es számú talajvízkút adatai 1954-2001,  
Kézirat
- EDWARDS, C. A. - REICHLER, D. - CROSSLEY, JR. (1970): The Role of Soil Invertebrates in Turnover Of Organic Matter and Nutrients,  
In: Reichle, D. E. (ed.) (1970): Analysis of Temperate Forest Ecosystems. Ecological Studies. Analysis and Synthesis Vol.1. Springer , Berlin, 147-172
- FEKETE Z. (1967): Talajföldrajz,  
In: Fekete Z. – Hargitai L. – Zsoldos L.: Talajtan és agrokémia  
Második átdolgozott kiadás, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- FIEDLER H. J. – NEBE W. – HOFFMAN F. (1973): Forstliche Pflanzenernährung und Düngung,  
Veb Gustav Fisher Verlag Jena
- FIRBÁS O. (1963): A Sopron megyei erdők helyzete II. József korában,  
Soproni Szemle 3. sz.
- FÜHRER E. (1994): Bükkös, kocsánytalan tölgyes és lucfenyves csapadékvíz és csapadékvízben oldott tápanyagbevétele,  
Kandidátusi értekezés, Sopron
- FÜHRER E. (1995): Csapadékvízben oldott tápanyagbevétel Bükkös-, Kocsánytalan tölgyes- és lucfenyves ökoszisztémákban,  
Erdészeti Kutatások, vol. 85, ERTI Budapest, p. 9-34.
- FÜZESI I.-NEMKY E.-VANCSURA R. (1962): Hulló lomb Ca-tartalmának vizsgálata, tekintettel a Soproni hegyvidék savanyú talajaira,  
Erdészettudományi Közlemények, No. 2., p.: 151-159.

- FÖLDMÉRÉSI ÉS TÁVÉRZÉKELÉSI INTÉZET (1982): Topográfiai térkép, 62 szelvény Kapuvár  
Kartográfiai Vállalat, Budapest
- GÁCSI ZS. (2000): A talajvízszint észlelés, mint a hagyományos, s a vízforgalmi modellezés,  
mint új módszer alföldi erdeink vízháztartásának vizsgálatában,  
Doktori (Ph.D.) értekezés, Sopron
- GERE G. (1971): Untersuchungen über die Streumenge und ihre Zersetzung in den Wäldern  
Ungarns,  
Erdészeti Kutatások, vol. 67, II kötet, ERTI Budapest, p.: 131-143.
- GHILAROV M. S. (1965): Some Practical Problems of Soil Zoology,  
Pedobiologia, Bd. 5, p. 189-204
- GYARMATINÉ PROSZT S. (1978): A trágyázás,  
In: Keresztesi B. – Solymos R.: A fenyők termesztése és a fenyőgazdálkodás  
Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 92-105
- HADTÖRTÉNETI INTÉZET TÉRKÉPTÁR (A): I. Katonai felmérés térképe,  
Colonne V. Sectio 12, 13  
Budapest
- HADTÖRTÉNETI INTÉZET TÉRKÉPTÁR (B): II. Katonai felmérés térképe,  
Colonne XXIII, Sectio 50, 51;  
Colonne XXIV, Sectio 51  
Budapest
- HADTÖRTÉNETI INTÉZET TÉRKÉPTÁR (C): III. Katonai felmérés térképe, 5058/1  
Budapest
- HARTMANN, G. – NIENHAUS, F. – BUTIN, H. (1995): Farbatlas Waldschäden, Diagnose von  
Baumkrankheiten,  
2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- HAYES A. J. (1963): Studies on the feeding preferences of some phtiracarid mites,  
Entomol. Exp. Appl. 6, p.: 241-256
- HORUSITZKY H. (1912): Jelentés az 1912. év nyarán a Dunántúl északnyugati részén végzett  
átnézetes agrogeológiai munkálatokról,  
Földtani Intézet Évi Jelentés
- HÜTTL, R. (1986): Neuartige Waldschäden und Nährelementversorgung von Fichtenbeständen  
(*Picea abies* Karst.) in Südwest-Deutschland,  
Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen 16, 195

- INGESTADT, T. (1962): Macro element nutrition of pine, spruce, and birch seedlings in nutrient solutions  
Medd. Stat. Skogsforskn. Inst. Stocholm 51 Nr. 7.
- JANKÓ A. (2001): Osztrák-Magyar Monarchia I. II. III. katonai felmérése,  
Kézirat, Budapest
- JÁRÓ Z. (1958): Alommennyiségek a magyar erdő egyes típusaiban,  
Erdészettudományi Közlemények, 1. sz. p.150-159.
- JÁRÓ Z. -HORVÁTH E.-NÉ (1958): Egyes tápanyagok mennyiségének időszaki változása erdei fák leveleiben,  
Erdészeti Kutatások 5, (3-4), p. 153-181
- JÁRÓ Z. – HORVÁTH E.-NÉ (1959): Tápanyagkörforgalom a magyar erdők egyes típusaiban,  
Erdészeti Kutatások, 6. évf., 1-2. sz. p. 231-245.
- JÁRÓ Z. – HORVÁTH E.-NÉ (1960): Az alom kalciumtartalma és jelentősége,  
Erdészeti Kutatások 7, 1-3 sz., p. 93-101
- JÁRÓ Z. (1963): A lomb bomlása különböző állományok alatt,  
Erdészeti Kutatások, 59. évf., 1-2. sz., p. 95-105
- JÁRÓ Z.(1967): A tű és lombelemezés szerepe a tápanyaghiány vagy elégtelenség megállapításában,  
Erdészeti Kutatások 63 évf., p. 119-129
- JÁRÓ Z.(1966): Talajtérképezés,  
In: Erdészeti termőhelyfeltárás és térképezés  
Akadémiai Kiadó, Budapest
- JÁRÓ Z. (1988/1989): A bükkösök szerves- és tápanyagforgalma,  
Erdészeti Kutatások, 80/81 évf. p. 83-89
- KÁRPÁTINÉ UGRON A: (1988): A kén tartalom növekedése a lucfenyő tűkben,  
Az erdő, XXXVII. évf., 2., p. 82-83
- KERÉNYI E.(1968): Cseri talajok meszezéses javítására irányuló vizsgálatok,  
Kutatási jelentés, (Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények 1991. 1. sz.)
- KISS I. (1993): Az élő talaj,  
Természettudományi Közlöny, 124 évf. 8. szám, p. 367-369
- KOCH S. - SZTRÓKAY K.I. (1989): Ásványtan I-II.,  
Tankönyvkiadó, Budapest

- KOCSÁNYINÉ KOPECSKÓ K. – BALÁZS L. GY. (2001): Podzolos barna erdőtalajok fázisanalitikai vizsgálata,  
Kutatási jelentés, BME, Budapest
- KOLOSZÁR J. (1973): 5-15 éves telepítések termőhelyi adatainak utólagos felvétel, a talajlazítás hatástartalmának vizsgálata az Iváni Erdészet területén,  
Diplomaterv, Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron
- KOMLÓS G. (1969): A Röjtökmuzsaji Nagyerdő története,  
ERTI Jelentés, Röjtökmuzsaj
- KOMLÓS G. (1975): Adatok a Röjtökmuzsaji Nagyerdő történetéhez,  
In: Kolossvári Sz-né (szerk.): Az erdőgazdálkodás története Magyarországon,  
Akadémiai Kiadó, Budapest
- KOVÁCS G. (1996): Túlevelek tápanyagtartalma és a termőhely közötti kapcsolatok vizsgálata IUFRO lucfenyő származási kísérletekben,  
Kandidátusi értekezés, Sopron
- KREYBIG L. (1956): Az agrotechnika tényezői és irányelvei,  
Második bővített kiadás, Akadémiai Kiadó, Budapest
- KUBIENA W. L. (1955): Animal activity in soils as a decisive faktor in establishment of humus forms,  
In: Kevan D. K. (ed.): Soil Zoology, But. Sci. Pub. London, p.: 73-83.
- KÜNHILT W. (1950): Bodenbiologie,  
Verlag Herold, Wien
- LÁSZLÓ R. (1997): Részletes termőhelyfeltárás készítése és a cseri talajok tanulmányozása a Tanulmányi Erdőgazdaság RT Iváni erdőszévének Iván 71 és Iván 72 tagjában,  
Diplomaterv, Soproni Egyetem, Sopron
- LEYTON, L. (1948): Mineral nutrient relationships of forest trees,  
Forestry Abstr. 9 (4), 399-408
- LOCH J. (1999): Foszfor a talajban,  
In: Füleky Gy.: Tápanyag-gazdálkodás  
Mezőgazda Kiadó, Budapest, p. 242-243
- MAGYAR P. (1961): Részjelentés a 218-6/1960 számú „A dunántúli kavicsos talajokon álló erdőkről az üzemtervi adatok alapján” című témából,  
ERTI
- MAGYAR P. (1962/1): Részjelentés a kavicshányak (Kemenesalja) termőhelyfeltárásáról,  
Erdészeti Kutatások, 58. évf. 1-3sz. p. 374-375.

- MAGYAR P. (1962/2): Zárójelentés az 55.02.21/c számú „Kemenesaljai kavicsshát termőhelyfeltárás” című altémából,  
ERTI
- MAGYAR P. (1963): Részjelentés a Kemenesaljai kavicsshát termőhely feltárásáról,  
Erdészeti Kutatások, 59. évf. 1-2 sz. p. 195-197.
- MAHUNKA S. (1980): Atkák XV – Acari XV,  
Fauna Hung. 139.
- MANNINGER M. (1989): Erdei fák levelének és a talaj N-tartalmának változása a vegetációs idő alatt,  
Szakmérnöki diplomadolgozat, Agrártudományi Egyetem, Gödöllő
- MÉM ORSZÁGOS FÖLDÜGYI ÉS TÉRKÉPÉSZETI HIVATAL (1982): Agrotopográfiai térkép 62. szelvény Kapuvár,  
Kartográfiai Vállalat, Budapest
- MENGEL, K. (1976): A növények táplálkozása és anyagcseréje,  
Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- MIKÓ S. (2000): Adatok a Nagyerdő történetéhez,  
In: Németh L. (szerk.): Adalékok Iván község helytörténetéhez  
Ivániak Baráti Köre, Hillebrand Nyomda Kft., Sopron
- MITCHELL, H.L. (1934): Pot culture tests of forest soil fertility  
Black Rock Forest Bull. 5. 1-138.
- MOLNÁR Á. (2001): Szóbeli közlés  
ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT (1951-1987): Az Országos Meteorológiai Szolgálat Központi Meteorológiai Intézet Évkönyvek 1951-1987  
Budapest,
- ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI INTÉZET (1960): Magyarország Éghajlati Atlasza  
Akadémiai Kiadó, Budapest,
- ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT (1988-1998): Időjárási Havijelentések 1988-1998  
Budapest,
- PALLAG M. (1963): A talaj törmeléktartalmának hatása faállományaink növekedésére,  
Az Erdő 12. 6. p. 273-284
- PAPP B. L. (1985): Nutrient content of woody plants,  
In: Jakucs P. (szerk.): Ecology of an Oak Forest in Hungary, Results of „Síkfőkút Project” 1.,  
Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 321-348

- PÁL L. (2001): Szóbeli közlés
- PÁPAY L. (1998): Kristályok, ásványok, kőzetek,  
JATE Press, Szeged
- PÉCSI M.- SOMOGYI S. (1967): Magyarország természeti földrajzi tájai és geomorfológiai körzetei,  
Földrajzi Közlemények, Budapest, 15. p. 285-302
- PÉCSI M. (szerk.) (1975): Magyarország tájföldrajza 3. (Kisalföld és a Nyugat-magyarországi peremvidék),  
Akadémiai kiadó, Budapest
- RAJKAI, K. (1996): Szóbeli közlés
- SÁRDI K. (1999a): A kálium szerepe a növények életében,  
In: Fülek Gy.: Tápanyag-gazdálkodás  
Mezőgazda Kiadó, Budapest, p. 67-73
- SÁRDI K. (1999b): Esszenciális mikroelemek,  
In: Fülek Gy.: Tápanyag-gazdálkodás  
Mezőgazda Kiadó, Budapest, p. 67-73
- SOLYMOS R. (1993): Új fatermési táblák erdeifenyőre,  
Erdészeti Kutatások, Budapest, Vol.82-83/II:357-382
- SOMOGYI S. (1962): A Vasi-Hegyhát és a Kemenesalja,  
Földrajzi Értesítő, Budapest, XI. évf. p. 52-58
- SOMOGYI S. (1975): A Kemeneshát, Felszínfejlődés és domborzat,  
In: Pécsi M. (szerk.) (1975): Magyarország tájföldrajza 3.  
(Kisalföld és a Nyugat-magyarországi peremvidék), Akadémiai kiadó, Budapest,  
p. 413-424.
- SOPP L. (szerk.) (1974): Fatömegszámítási táblázatok – fatermési táblákkal-,  
Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- SOPP L. – KOLOZS L. (szerk.) (2000): Fatömegszámítási táblázatok,  
Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest
- SOPRONI E. (1940): A kultursarok gondjai,  
A Magyar Társaság Könyvei, Budapest
- STEFANOVITS P. (1952/1): Talajtájaink és gyakorlati jelentőségük,  
MTA Agrártudományi osztályának közleményei, I kötet, 3. szám  
Budapest, p. 303-313



- STEFANOVITS P. (1952/2): Talajtájaink és erdészeti vonatkozásai,  
Az Erdő, Tom. 1. No. 1. p. 45-53
- STEFANOVITS P. (1956): Magyarország talajai,  
Akadémiai Kiadó, Budapest
- STEFANOVITS P. (1958): Hazánk talajviszonyai,  
In: Fekete Z.: Talajtan és trágyázástan  
Mezőgazda Kiadó, Budapest
- STEFANOVITS P. – SZÜCS L. (1961): Magyarország genetikus talajtérképe,  
OMMI, Budapest.
- STEFANOVITS P. (1963): Magyarország talajai,  
Akadémiai Kiadó, Budapest
- STEFANOVITS P. (1992): Talajtan,  
Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- STEFANOVITS P. (1993): A talajok ásványtani vizsgálati eredményeinek  
mezőgazdasági felhasználása, értelmezése, jelentősége,  
In: Buzás, I. (1993): A talaj fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata  
INDA 4231 Kiadó, Budapest
- STEFANOVITS P. – FILEP GY. – FÜLEKY GY. (1999): Talajtan,  
Mezőgazda Kiadó, Budapest
- SUDÁR L. (1961): A Kemenesaljai cseritalajokon álló erdők termőhelyének feltárása és az ősi  
erdőtípusok megállapítása Csapod és Vitnyéd községek határában,  
Diplomaterv, Erdőmérnöki Főiskola, Sopron
- SVÁB J. (1973): Biometriai módszerek a kutatásban,  
Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- SZABÓ I. M. (1992): Az általános talajtan biológiai alapjai,  
Magyar Mezőgazdasági Kiadó Kft, Budapest
- SZÁDECZKY-KARDOSS E. (1938): Geologie der rumpfungarländischen kleinen Tiefbene,  
A bánya- és kohómérnöki osztály közleményei X: kötet, 2. rész,  
M. Kir. József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Bánya-, Kohó- és Erdőmérnöki Kar, Sopron,
- SZÁDECZKY-KARDOSS E. (1941): Ősi folyók a Dunántúlon,  
Földtani Értesítő, Budapest, VI. új évf. 3. sz. p. 119-134.
- SZEMEREYNÉ SZONTAGH R. (1976): A bükk fennsík erdei almának faunisztikai vizsgálata,  
Diplomaterv, Sopron

- SZEMEREYNÉ SZONTAGH R. (1999): Szóbeli közlés
- SZEMEREYNÉ SZONTAGH R. (2003): A meszezés hatása a talajlakó pácélosatkákra (Acarai: Oribatei)  
In: Bidló A – Kovács G. – Kovács R. –Szemereyné Sz. R. – Varga Zs. (2003): Erősen savanyú erdészeti termőhelyek kémiai meliorációja, erdészeti hasznosításának komplex vizsgálata  
Kutatási jelentés, Sopron
- SZENDREI G. (1998): Talajtan,  
Egyetemi jegyzet, ELTE TTK, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest
- SZÉLESY M. (2002): Erdőrendezéstan,  
Egyetemi jegyzet, Sopron
- SZODFRIDT I. (1993): Erdészeti termőhelyismeret-tan,  
Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- SZODFRIDT I. (1996): Az erdő és a víz,  
In: Mátyás Cs. (1996): Erdészeti ökológia  
Mezőgazda Kiadó, Budapest
- TALLOS P. (1966): Fenyőiloncák,  
In: Keresztesi B. (szerk.): A fenyők termesztése,  
Akadémiai Kiadó, Budapest
- TEITZ P. (1913): Jelentés az 1912. évben végzett agrogeológiai felvételekről,  
Földtani Intézet Évi Jelentése, p. 220-253.
- TÓTH T.-MATSUMOTO, S.-MAO, R.-YANFEN Y. (1995): Precision of predicting soil salinity based on vegetation categories of abandoned lands,  
Soil Science 160 (3), p. 218-231
- TOUZET G. (1987): Temperate forest species,  
In: Martin-Prevel et al.: Plant analysis  
Lavoisier Publishing, p. 466-474
- TÖLGYESI GY.-CSAPODY I.-BENCZE L. (1968): Savanyú ösközeten és lajtamész alapközeten nőtt fás- és lágyszárú növények hamuösszetevőinek vizsgálata,  
Agrokémia és Talajtan, Tom. 17., No. 3., p. 225-233.
- TRASER GY. (1996): Lebontók,  
In: Mátyás Cs. (1996): Erdészeti Ökológia  
Mezőgazda Kiadó, Budapest
- TRASER GY. (2004): Szóbeli közlés,

- ULRICH B. (1990): Stoffhaushalt von Waldökosystemen – Bioelement-Haushalt,  
Vorlesungskript, Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Universität  
Göttingen
- VARGA J. (1966): Talajművelési kísérletek eredményei a Cser és a Kemeneshát talajtájain,  
Talajtermékenység, A Nagykunsági Mezőgazdasági Kísérleti Intézet és a 35.  
Sz. Főfeladatot  
Koordináló Bizottság Közleményei, Karcag, p. 78-84
- VÁRALLYAY GY. (1963): Az Iván környéki szikes talajok és azok keletkezése,  
Doktori értekezés, Budapest
- VÁRALLYAY GY. (1964): A dunántúli szikesek II. Az Iván környéki szikes talajok és azok  
keletkezése,  
Agrokémia és Talajtan, Budapest, No. 1-2. p.3-25
- WOLTERS V. (1991): Biological processes in two beech forest soils treated with simulated  
acid rain – A laboratory experiment with *Isotoma tigrina* (Insecta, Collembola),  
Soil Biol. Vol. 23, No. 4. p. 381-390
- ZECH W. (1970): Nadelanalytische Untersuchungen über die Kalkchlorose der Waldkiefer  
(*Pinus silvestris*),  
Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde  
Verlag Chemie GmbH., Weinheim, 125. Band, Heft 1, p. 1-16