

Faállomány hatása a költő madárközösségre őrségi erdőkben

Diplomamunka



Mag Zsuzsa, V. évf. biológus

**Témavezető: Dr. Ódor Péter, Phd.,
ELTE Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék**

2007

Tartalomjegyzék

1. Összefoglalás.....	3
2. Summary	4
3. Bevezetés.....	5
4. Anyag és módszer	9
4.1. Kutatási terület bemutatása	9
4.2. Mintaterületek kiválasztása	10
4.3. Madárállomány adatok felvétele	10
4.4. Faállomány adatok felvétele.....	11
4.5. Táji léptékű adatok felvétele	11
4.6. Felhasznált változók.....	13
4.7. Adatelemzés	14
5. Eredmények és megvitatásuk	17
5.1. Kompozíció	17
5.1.1. Faállomány-változók elemzése	17
5.1.2. Táji léptékű változók elemzése	22
5.2. Regressziós modellek.....	25
5.2.1 Fajsám.....	25
5.2.2. Abundancia.....	33
5.2.3. Harkály abundancia.....	41
5.2.4. Fekete harkály (<i>Dryocopus martius</i>).....	47
5.2.5. Másodlagos odúlakó abundancia	49
5.2.6. Cinege abundancia	55
5.2.7. Kék cinege (<i>Parus caeruleus</i>).....	57
5.2.8. Fenyvescinege (<i>Parus ater</i>)	60
5.2.9. Széncinege (<i>Parus major</i>).....	64
5.2.10. Csilpcsalpfüzike (<i>Phylloscopus Collybita</i>)	66
5.2.11. Csuszka (<i>Sitta europea</i>)	71
5.3. Faunisztikai megfigyelések	73
6. Következtetések	74
Köszönetnyilvánítás	79
Irodalomjegyzék.....	80
Függelék	84

1. Összefoglalás

A faállomány, valamint a költő madárközösség kapcsolatát elemeztük az Őrségi Nemzeti Park területén. A faállomány mért változói a fák méret és fafaj szerinti megoszlásai, záródás, újulat, és az álló és fekvő holtfa. Vizsgáltuk a madárközösség néhány általános jellemzőjét (fajszám és egyedszám), egyes fajcsoportok (harkályok, másodlagos odúlakók, cinegék), és fajok előfordulását (fekete harkály, kékcinege, fenyvescinege, széncinege, csilpcsalpfüzike, csuszka). Célunk olyan modellek építése volt, amelyek segítségével a madárállomány egyes változói becsülhetők a faállomány alapján.

A madárállomány felmérése a költési időszakban két alkalommal elvégzett pontszámlálással történt. A háttérváltozó-adatokat a mintaterületeinken belül kiválasztott 40*40 méteres négyzeteken belül gyűjtöttük. Az adatokat ordinációs módszerekkel (redundancia-analízis) és általános regressziós modellek építésével elemeztük.

Elemzéseink alapján a madárközösséget alakító legfontosabb faktoroknak az állomány kora (átlagos faegyedek mérete), a második gyertyán lombkoronaszint, újulati szint, és gyepszint tulajdonságai, az álló és fekvő holtfa mennyisége, az állomány záródása, illetve az elegyfák és a lucfenyő aránya voltak. Az utolsóként felsorolt két változó kivételével a madárközösséget befolyásoló háttérváltozók szerkezeti jellegűek, elsősorban az állomány vertikális vagy horizontális szintjeinek meglétét és fejlettségét jellemzik. A madárközösség fajszámát az állományok strukturális és faji diverzitása (források sokfélesége), míg a madárközösség egyedszámát inkább a fák mérete (források mennyisége) határozta meg. Az elemzett madárfajok esetében jellemző volt, hogy egy-egy faj egy-négy, viszonylag speciális szerkezeti elem meglétét igényelte, bár az egyes fajok elemezhetősége erősen eltért egymástól.

Mind a madárközösség összetétele és fajgazdagsága, mind az egyes fajok előfordulása esetében az állományok kora ill. a fák mérete az egyik leglényegesebb faktor. A madárközösség szempontjából számos olyan szerkezeti elem bizonyult fontos tényezőnek, amelyre a ma elterjedt nagyüzemi vágásos erdőgazdálkodás homogenizáló hatása negatívan hat (pl. nagy fák jelenléte, vertikális szerkezeti diverzitás, heterogén lombkorona, holtfa). Kutatásunk azért is időszerű, mert az utóbbi tíz évben számos, zárt erőkhöz kötődő madárfaj állománya csökkenő tendenciát mutat élőhelyük látszólagos megléte ellenére, így különösen fontossá válik pontos ökológiai igényeik feltárása, illetve az élőhelyek megváltozása során a madárközösségekben várható változások előrejelzése.

2. Summary

In this study we analysed the relationships between breeding bird community and environmental conditions of forests in Western Hungary (Órség and Vendvidék). Forest stands were characterised by size and species distribution of trees, canopy closure, amount of regeneration and dead wood as snag and log. The analysed variables of breeding bird community were species richness and abundance, the abundance of some functional groups, and the occurrence or abundance of selected species. Our target was to create models can describe and predict the variables of bird assemblages by simple variables of forest stands.

Birds were counted during the breeding season by double-visit fixed-radius point count technique. Stand structural variables were measured in plots of 40*40 m sized representing the selected stands. We analysed data using ordination and create generalised linear models.

The main effect on bird community of stand structure was the size of average tree or the amount of large trees. We found that the amount of second canopy layer, regeneration, cover of herb layer, the quality and amount of dead wood, and the proportion of spruce and mixing tree species are also important. We found that the main factors – except the two last ones – that determine bird community are structural variables, mainly describe the horizontal and vertical structure of the stand. Species richness was determined by the structural diversity of stands (diversity of resources), but the abundance of birds was determined mainly by the age of stands and large trees (amount of resources). We created models to describe claim of some bird groups (as woodpeckers, secondary hole-nesters and tits) and species (as black woodpecker, nuthatch, chiffchaff and some tit species), but the success of analyses considerably differed at different species.

Our research has actuality as most of the variables of stand structure that were found to be important in this study are affected negatively by the homogenisation of silviculture (for example large trees, vertical and horizontal diversity of canopy, dead wood). Recently populations of some bird species decreased drastically although their habitats apparently didn't change. In this rate it's very important to reveal the exact and quantitative ecological preferences of bird species. In this way we may be able to forecast the effect of different forest management treatments on bird assemblages.

3. Bevezetés

Kutatásunk a faállomány hatását vizsgálja az erdeinkben költő madárfajok előfordulására, illetve a költő madárközösség szerkezetére és diverzitására. A hasonló témájú, zömmel külföldi kutatásokból jól látszik, hogy az erdei költő-madárközösségek szempontjából az erdő mely sajátságai legfontosabbak. Több faj illetve fajcsoport esetében (elsősorban harkályfajoknál, de számos odúlakó kistestű rovarévőnél is) ismert az álló és/vagy fekvő holtfa szerepének fontossága (*Török 1987, Török 1992, Haraszthy 1984., Sandström 1992, Mikusinski & Angelstam 1997, Sachslehner 1995*). A holtfa e fajok esetében egyrészt, mint táplálkozóhely, másrészt, mint a költésre alkalmas odúk alapja szerepel (*Fuller 1995*). A cserjeszint fontossága is számos faj, pl. rigók, egyes poszátafajok, vörösbegy, ökörszem esetében ismert (*Camprodon & Brotons 2006, Moskát et al. 1988*). Ezek a fajok zömmel a cserjeszintben táplálkoznak, de közülük több fészket is a cserjeszintben rakja (*Fuller 1995*). Más fajok esetében a vizsgálatok a nagy faegyedek meglétének, illetve az idős állományoknak a fontosságát hangsúlyozzák (pl. a nagy testű harkályfajok esetében: *Johnsson 1993*) Úgy tűnik a madárközösség szempontjából meghatározó tényező még a faállomány elegyessége is, különösen a puhafák mennyisége. Ez utóbbiak táplálkozóhelyként, és odú-készítésre alkalmas szubsztrátként is fontosak, pl. számos harkályfaj esetében (pl. *Long 1998, Kosinski et al. 2006*). Megállapítható, hogy sok esetben a faállomány szerkezete, egyes szerkezeti elemek (pl. cserjeszint, nagy faegyedek, lécek, álló holtfák, lombkorona színtezettsége) a madárközösség szempontjából fontosabbnak tűnnek, mint annak faji összetétele (*Rice et al. 1984, DeLong et al. 1995, Moskát et al. 1993, Walliczky 1991*) Több szerző hangsúlyozza a táplálkozási helyek, és így valószínűleg a táplálékbiőség diverzitását eredményező vertikális színtezetség fontosságát (*Székely & Moskát 1991, Török 1992, Fuller 1995*).

Általában elmondható, hogy e témakörben a kutatási eredmények nagy része É-Amerikából, Európán belül pedig a boreális régió országaiból származik, így, bár általános következtetések számunkra is hasznosak, a nálunk előforduló erdőtípusokról és madárfajokról nemzetközi szinten is kevesebb a rendelkezésre álló adat.

Magyarországon, kevés tanulmány kivételével (pl. *Winkler 2005*) elsősorban Moskát Csaba végzett hasonló témájú vizsgálatokat a kétszeri pontszámlálás módszerét alkalmazva (pl. *Moskát & Székely 1987, Moskát et al. 1988, Moskát 1991, Moskát & Fuisz 1992*). Az ilyen típusú vizsgálatok alacsony száma azzal magyarázható, hogy a madarak mintavételezéséhez képest a faállományt leíró háttérváltozók mérése munkaigényesebb.

Az előbbieken felsorolt munkák két jellemvonásukat tekintve zömmel eltérnek az általunk végzett vizsgálatoktól, és e különbségek miatt reméljük, hogy munkánk a tudomány számára új eredményeket is hoz majd. Egyrészt az ilyen típusú vizsgálatoknál a faállomány-változók felvételezésének nagy munkaigénye miatt az esetek többségében a faállománynak célzottan csak egy-két, előre kiválasztott paraméterét mérték, amelyről azt feltételezték, hogy hat a vizsgált madárfajra-csoportra. Így számos kapcsolat rejtve maradhatott, egyszerűen azért, mert senki nem vizsgálta (Mi ezzel szemben a faállomány viszonylag sok változóját mértük.). Az így kapott eredmények leginkább van-nincs jellegűek (van kapcsolat-nincs kapcsolat), nem mondanak semmit az egyes fajok esetében fontos paraméterek kapcsolatrendszeréről, súlyairól, és predikcióra is csak ritkán alkalmasak. A másik különbség, hogy, mivel jelen tanulmány egy több élőlénycsoportra kiterjedő kutatás részét képezi, a mi esetünkben jóval részletesebb, viszont kevésbé madarakra adaptált faállomány-felvételezés történt. Emiatt a faállomány bizonyos jellemzőiről (elegyarányok, méret megoszlások, szintezettség) a hasonló tárgyú vizsgálatokhoz képest részletesebb adatok álltak rendelkezésünkre, viszont kimaradt néhány, a madarak szempontjából ismertén fontos változó (pl. nem becsültük az odúk mennyiségét).

Egyre több tájökológiai szemléletű írás jelenik meg, melyek a szegélyek hatását ill. az összefüggő erdővel borított foltok méretének és átjárhatóságának szerepét vizsgálják egyes madárfajok esetében (pl. *Bütler et al. 2004*, *Bani et al. 2006*). Ezek alapján úgy tűnik, hogy számos erdei madárfaj számára (pl. több harkályfaj, és cinegék esetében is ismert ilyen jellegű összefüggés) létfontosságú a megfelelő méretű, összefüggő és megfelelő minőségű élőhely foltok megléte, ezért a faj nem fordul elő minden erdőrészletben, amely számára alkalmas lenne megfelelő táji környezet esetén. Ezért mindenképpen fontosnak tartottuk, hogy megpróbáljunk táji léptékű változókat beépíteni modelljeinkbe, vizsgálva, hogy ezek mennyiben javítják azokat. Ideális esetben az ilyen típusú elemzést úgy lehetne végezni, hogy a táji környezetről hasonló részletességű információkat gyűjtve olyan változókat számolnánk ki a tájra, amilyeneket a vizsgált erdőrészlet esetében is, így valóban azt lehetne elemezni, hogy a táj milyen mértékben játszik fontos szerepet a fajok előfordulásának alakításában. A gyakorlatban ez a hatalmas munkaigény miatt nem kivitelezhető, ezért táji léptékű változóink jóval kevésbé részletes adatforrásból (erdészeti adatbázis és légifotók, lásd anyag és módszer fejezet) származnak. Ez megnehezíti a kapott eredmények értelmezését, mivel az értékelés során végig szem előtt kell tartani, hogy a táji léptékű változók nem csak a vizsgált térléptékben, hanem a gyűjtött adatok minőségében is eltérnek a vizsgálataink alapjául szolgáló részletes faállomány-változóktól.

A madarak elterjedési viszonyairól, állományaiknak alakulásáról a legtöbb élőlénycsoporthoz képest meglehetősen sokat tudunk. Ennek oka, hogy kedveltségük, jó megfigyelhetőségük folytán mindig is a figyelem középpontjában álltak. Szerencsés tény ez azért, mivel általában az életközösségekben fontos és változatos pozíciókat töltenek be (sokszor csúcsragadozók, kulcsfajok, stb.), így indikátorokként szolgálhatnak a közösségekben zajló folyamatok észlelésében (indikátorfajok ill. esernyőfajok egyben), sőt, kedveltségük folytán egyben kirakatfajokként is működnek a természetvédelem szolgálatában (*Standovár and Primack 2001*).

Magyarországon a költő madarak állományainak monitorozását a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület Monitoring Központja koordinálja. A hazai ritka vagy telepesen költő madárfajok állományainak nyomon követését az egyes fajokra adaptáltan végzik, a gyakori költő madárfajainak állományainak alakulását pedig, ma már lassan 10 éve, a Mindennapi Madaraink Monitoringja (MMM) program követi nyomon. Hazánkban így elmondható, hogy az egyes ritkább, illetve gyakoribb, erdőkhöz kötődő madárfajok elterjedése, állományaiknak nagysága meglehetősen pontosan ismert és nyomon követett. Míg azonban viszonylag sokat tudunk előfordulási viszonyaikról és gyakoriságukról, meglepően keveset arról, hogy az egyes fajok elterjedését milyen tényezők befolyásolják elsősorban. Hazánkban sok ismeret áll rendelkezésre arról, hogy az egyes, erdőkhöz kötődő madárfajok milyen erdőtípusokban fordulnak elő, de kevés arról, hogy ezen erdők mely tulajdonságai a legfontosabbak, vagy éppen nélkülözhetetlenek az egyes fajok számára. Mivel egész Európában jellemző tendencia, hogy egyes madárfajok állományai erős csökkenést mutatnak élőhelyeik látszólagos megléte ellenére, az ilyen típusú kérdések létjogosultsága manapság igen megalapozott. A hazai MMM program eddigi eredményei is azt mutatják, hogy több, zárt erdőkhöz kötődő madárfaj állományai erőteljes csökkenést mutattak az utóbbi 7 évben, ezért a kérdés hazánkban is igen aktuálissá vált (*Nagy et al. 2006*).

Vizsgálatunk során arra a kérdésre keressük a választ, hogy melyek a faállományt jellemző változók közül a madárközösséget leginkább befolyásoló faktorok. Célunk olyan modellek készítése, amelyek segítségével predikálni tudjuk a madárközösség jellemzőit, a faállomány viszonylag könnyen mérhető változói alapján. Ennek során külön vizsgáljuk a faállomány fafaj összetételének, vertikális és horizontális szerkezetének, a holtfának, a fényviszonyoknak, és egyes táji elemeknek a hatását. A madárközösség vizsgált jellemzői az alábbiak: (1) a közösség fajkompozíciója, (2) fajszáma, (3) abundanciája, (4) egyes fajcsoportok abundanciája (harkályok, másodlagos odúlakók, cinkék) és (5) egyes fajok előfordulása (ebben a dolgozatban bemutatott fajok: fekete harkály, kék cinege,

fenyvescinege, széncinege, csilpcsalpfüzike, csuszka). Az ilyen típusú elemzések eredményeként kvantitatív információkhoz juthatunk madárfajok ökológiai igényeiről, így képesek lehetünk arra, hogy előre megjósoljuk egyes (pl. az erdőgazdálkodás megváltozása által) környezeti változások következményeinek hatását a madárközösségre. A madárfajok indikátor jellegéből következően az így feltárt kapcsolatok fordított felhasználása is lehetséges: a viszonylag könnyen felmérhető madárközösség jól jelezheti az erdőállomány egyes, munkaigényesen mérhető jellemzőit.

4. Anyag és módszer

4.1. Kutatási terület bemutatása

Mintaterületeink az Őrségben és a Vendvidéken, az Őrségi Nemzeti Park területén elszórva találhatóak. A táj sok tekintetben a Dunántúl és az Alpok közötti átmenetnek tekinthető, a tőle Keletre elterülő Zalai-dombságnál és Göcsejnél hűvösebb és csapadékosabb (évi középhőmérséklet 9.1 °C, évi csapadékmennyiség 800 mm (*Ódor 1997*)).

Ezen a tájon a 19. század közepéig általánosan elterjedt irtásos gazdálkodás az erdők tápanyagban való elszegényedéséhez és a talaj kilúgozódásához, összességében a pionír jellegű erdők, és a túlevelűek térhódításához vezetett. Azóta ez a gazdálkodási mód szinte teljesen megszűnt, az erdők jelentős részén kisparaszti szálaló erdőgazdálkodás folyik, melynek jelentősége a 20. század közepe óta a helyi népesség csökkenésével, az állattartás háttérbe szorulásával és az erdőterületek államosításával folyamatosan csökken. Mégis, az országban egyedülálló módon, a Vendvidék területén sok helyen még ma is megmaradt ez a művelési forma, de emellett a nagyüzemi erdőgazdálkodás térhódítása jellemző. Az utóbbi másfél évszázad eseményei két fő irányban okoztak változásokat az erdőkben: egyrészt az irtásos erdőgazdálkodás megszűntével nőtt a lombos fafajok aránya, másrészt megjelent a nagyüzemi, vágásos erdőgazdálkodás a területen, annak minden következményével együtt (*Tímár et al. 2002*).

A táj környezeti és növényföldrajzi adottságai, múltja és a jelen kor gazdálkodási viszonyai az erdőtípusok és gazdálkodási módok széles skáláját eredményezték. Viszonylag hasonló domborzati és klimatikus viszonyok mellett találunk acidofil tölgyeseket, gyertyános kocsánytalan tölgyeseket, szubmontán és acidofil bükkösöket, lombelegetes erdeifenyveseket és lucosokat, valamint (főleg telepített) elegyetlen lucosokat. A fő állományalkotó fafajok (bükk, gyertyán, kocsányos és kocsánytalan tölgy, erdeifenyő, luc) mellett jelentős a különböző elegyfák aránya (pl. madárcseresznye, nyír, nyarak, hársak, szelídgesztenye). A két fő gazdálkodási mód a kisparaszti szálalás és a nagyüzemi vágásos erdőgazdálkodás, de megemlítendő, hogy mintaterületeink között szerepel három erdőrezervátum és két Pro Silva terület is.

4.2. Mintaterületek kiválasztása

Mintaterületeinket az erdőrészek faállomány és a termőhely jellemzőit tartalmazó Állami Erdészeti Szolgálat országos erdőállomány adattárából választottuk ki, rétegzett random mintavétel alapján. Az előbb bemutatott két tájegység területén található, olyan erdőrészeket választottunk, amelyek egymással nem érintkeznek (így mintáink, az egy tájba való tartozástól eltekintve függetleneknek tekinthetők), legalább 70 évesek, víz által erősebben nem befolyásoltak, domborzatuk nagyjából sík. Az így kapott erdőrészekből a főbb fafajok elegyarányai alapján csoportokat képeztünk (hogyan a fő elegyarány-típusok mind reprezentálva legyenek), majd az így kapott csoportok közül véletlenszerűen választottuk ki 38 mintaterületünket. Minden erdőrészen belül egy olyan, 40*40 m-es négyzetet jelöltünk ki, amely az erdőrészlet elegyarányait minél jobban reprezentálja, és lehetőleg annak belsejében van. A faállomány-adatokat ezen belül gyűjtöttük, a madár-állomány felmérés ennek a területnek a közepén állva történt. Vizsgálati területünket és a kiválasztott erdőrészek elhelyezkedését mutatja az *1. számú melléklet* térképvázlata.

4.3. Madárállomány adatok felvétele

A madár-állomány felmérése a költési időszakban két alkalommal elvégzett pontszámlálással történt, az általunk alkalmazott módszer a széles körben elterjedt Dán-típusú pontszámlálás (*Blondel et al. 1970*) módosított változata volt (*Moskát 1990*). A madárállomány felmérése 2006-ban történt. Az első számolást április 15. és május 10., a másodikat május 11. és június 10. között végeztük, a két számolás között minden alkalommal legalább két hét telt el. A számolásokat reggel 5 és 10 óra között végeztük, olyan napokon, amikor eső nem esett, erősebb szél nem fújt. Mivel a madarak hajnalban a legaktívabbak, az egy napon felmért területeket a második alkalommal fordított sorrendben látogattuk végig, hogy a madarak napi aktivitás-csökkenéséből adódó hibát mérsékeljük. Egy erdőrészen belül az ott kiválasztott 40*40 méteres négyzet középpontjában állva írtuk fel a 0-50, illetve 50-100 méter sugarú körben, 10 perc alatt látott és hallott madarak fajtát és megfigyelt mennyiségét. Ennek a módszernek a használata során a megfigyelt madarak körülbelül 90-95 %-a territóriumán éneklő (harkályok esetében doboló) hím, így az általunk használt „egyedszám” alatt a továbbiakban egy megfigyelt hím egyedet, illetve territóriumot értünk. Amennyiben nem éneklő hím egyedet találtunk (láttuk a madarat, vagy egy faj hívó, illetve

kapcsolatteremtő hangját hallottuk csak), azt is feljegyeztük, de néhány esetben a valószínűsíthető revírek számára korrigáltuk a megfigyelt értéket. Pl., ha egy területen két széncinege énekelt, a feljegyzett revírszám 2 volt, de ha ugyanitt 4-5 frissen kirepült fiókával találkoztunk, csak 1 revírt jegyeztünk fel, a nyilvánvaló torzítás elkerülésére. A pontszámlálás során megfigyelt madárfajok listáját a *2. számú melléklet* tartalmazza. A fajok elterjedtségét és tömegességét jellemző számok mellett a listában szerepel a fajok latin és magyar neve, illetve a dolgozatban több helyen használt HURING kódja is.

4.4. Faállomány adatok felvétele

A faállományt jellemző háttér-változókat az erdőrészletet reprezentáló 40*40 m-es területen belül gyűjtöttük. A faállomány esetében a következő adatokat mértük: minden 5 cm mellmagasságban mért törzsátmérőnél nagyobb faegyed faját, kerületét, magasságát, lombaljának magasságát rögzítettük, a fa pozícióját térképeztük. Az 5 cm-es törzsátmérőt el nem érő, de fél méternél magasabb fászszerűak esetében újulati foltokat állapítottunk meg és térképeztünk, foltonként megadtuk az újulat faját, átlagos magasságát, és átmérőjét. Az öt cm átmérőnél vastagabb fekvő és álló holtfákat és tuskókat is térképeztük, megadtuk azok hosszát (magasságát), átmérőjét és korhadási állapotát, utóbbit egy 6 fokú skálán becsültük (*Ódor and van Hees 2004*). A 40*40 m-es mintaterületen belül egy 30*30 m-es négyzetben folyt az edényes és moha állomány felvételezése, ezen a területen becsültük az avar, a nyílt talajfelszín és a fél méter alatti fás szárúak, ill. a lágyszárú edényesek borítását. Az állomány fényviszonyainak jellemzésére többféle módszerrel is kísérletezünk, hiszen ez valószínűleg sok élőlénycsoport számára fontos tényező, de az összes területen végül csak egy módszert, a denziométerrel történő záródáshiány-becslést használtuk. A denziométer egy rácshálóval beosztott domború tükör, amely alapján a záródás (ill. annak hiánya) százalékosan becsülhető (*Lemmon 1957*). A méréseket 36 db, 5 m-es térközökkel szisztematikusan kijelölt ponton végeztük a négy égtáj fele fordulva (összesen 166 mérés mintaterületenként).

4.5. Táj léptékű adatok felvétele

A mintaterületek körüli 100, 200, 300, 400 és 500 m sugarú körben meghatároztuk a különböző táji elemek arányát. Ehhez az Állami Erdészeti Szolgálat Országos Erdőállomány Adattárának régióra vonatkozó üzemtervi adatait, és a Fertő Hanság és Őrségi Nemzeti Park

által a rendelkezésünkre bocsátott légifotókat használtuk fel, a változók előállítását az ArcView 3.3 szoftverrel végeztük (ESRI 1992-2002).

Az elemzések során használt táji elemeket úgy állapítottuk meg, hogy a táj madárközösség szempontjából leglényegesebbnek feltételezett tulajdonságait (főbb erdőtípusok aránya, faállományok kora, fátlan területek jelenléte) minél jobban kifejezzék. Célunk volt minél kevesebb, a madárközösség szempontjából egymástól markánsan eltérő táji elem típust definiálni. Az előbbieken felsorolt szempontok alapján a következő tíz foltípust különítettük el:

Bükkösök: olyan 20 évnél idősebb erdőállományok, ahol a bükk elegyaránya nagyobb, mint 55 %.

Tölgyesek: olyan 20 évnél idősebb erdőállományok, ahol a tölgyek elegyaránya nagyobb, mint 55 %.

Erdeifenyvesek: olyan 20 évnél idősebb erdőállományok, ahol az erdeifenyő elegyaránya nagyobb, mint 55 %.

Lucosok: olyan 20 évnél idősebb erdőállományok, ahol a luc elegyaránya nagyobb, mint 55 %.

Fenyőelegyes lomberdők: 20 évnél idősebb, előbbiekre be nem sorolható erdőállományok, ahol a lombos fafajok elegyaránya nagyobb, mint 50 %.

Lombelegyes fenyvesek: 20 évnél idősebb, előbbiekre be nem sorolható erdőállományok, ahol a tűlevelű fafajok elegyaránya nagyobb, mint 50 %.

Fiatalosok: A fafajok elegyarányától függetlenül minden erdőterület, ahol a faállomány kora kevesebb, mint 20 év.

Rétek: Kaszálással fenntartott zárt gyepterületek (kezelésüket sok állományban felhagyták). Az Általános Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer (*Fekete et al. 1997*) kategóriái közül kutatási területünkön elsősorban (fontossági sorrendben) az alábbi típusok alkotják: dombvidéki mocsárrétek (D3), kiszáradó kékperjés láprétek (D2), franciaperjés domb- és hegyvidéki rétek (E1), nem zsombékoló magassárrétek (B5), veres csenkeszes hegyi rétek (E2) és hegyvidéki sovány gyepek (E3).

Szántó: ember által intenzíven művelt, szántott mezőgazdasági kultúrák (elsősorban búza, kukorica és lucerna földek)

Út: ide soroltuk az összes föld és betonutat.

Humán területek: különböző emberi létesítmények (épületek, bányák, nagyobb lebetonozott területek), valamint a házak körüli (nem betonozott) porták.

Az erdők esetében a táji elemek meghatározása elsősorban az üzemtervi adatok (faállomány kora, fafajok elegyarányai) alapján történt, amelyeket esetenként módosítottunk a légifotók alapján. A nem erdő (vagy nem erdőként nyilvántartott) területek besorolása elsősorban a légifotók alapján történt. A táji elemek terepi ellenőrzése nem valósult meg, ezért az elemzés során használt arányok kis mértékben eltérhetnek a valóságos viszonyoktól.

4.6. Felhasznált változók

A madárállomány esetében gyűjtött adatokból a két távolság-kategóriában feljegyzett megfigyeléseket összeadtuk, amely 0-100 m távolságból történő észlelésnek felel meg. A két számolási periódusban észlelt előfordulások unióját képeztük, vagyis minden faj esetében a nagyobb egyedszám értéket tartottuk meg (pl., ha egy területen az első alkalommal 1, a második alkalommal 3 erdei pinty énekelt, akkor a végleges mátrixban 3 szerepel.).

Az elemzéshez a gyűjtött növényzeti és környezeti terepi adatokból a faállományokat jellemző számos háttérváltozót számoltunk ki. A faállomány esetében kiszámoltuk az egyes fafajok abszolút és relatív tömegességi jellemzőit (db, körlapösszeg, térfogat). Mivel feltételeztük, hogy a faállomány egyes méretosztályainak jellemzői fontos változók lesznek, átmérő és magasság alapján méretkategóriákat hoztunk létre, és kiszámoltuk az egyes kategóriákba eső tömegességi mutatókat is. Az átmérő esetében hét, a magasság esetében öt méretkategóriára bontottuk adatainkat. A ritkább elegyfákból két fafaj-csoportot hoztunk létre: a lágy lombos elegyfákat (puhafák, pl. nyír, nyarak, mogyoró, éger), ill. az egyéb őshonos kemény lombos elegyfákat (pl. vadcserezsnye, szelídgesztenye, hársak, vadvadkörte). Erre azért volt szükség, mert, bár úgy gondoljuk, hogy ezek mennyisége számos esetben fontos lehet, külön-külön túl kis mennyiségben vannak jelen ahhoz, hogy jól használható változókat képezzenek. Kiszámoltunk még egyéb származtatott változókat is, pl. a túlevelűek arányát kifejező számokat, a faállomány fafaj, átmérő és magasság kategória szerinti diverzitását (természetes logaritmus alapú Shannon indexet használva), az átlagos faegyedek méretét, a legnagyobb harminc faegyed átlagos méretét (ez az állomány domináns faegyedeit jellemzi jól). Az álló és fekvő holtfák sajátosságait leíró változók esetében átmérő, korhadási

fázis és fafaj szerinti bontásokban adtuk meg a holtfa mennyiségét (egyedszám és térfogat). Bár eredetileg a madarak elemzéséhez nem szándékoztunk felhasználni, fontos háttérváltozónak bizonyultak, a gyepszint jellemzői: a lágyszárú edényesek, és fél méter alatti fásszárúak borítása, illetve a gyepszint fajszáma. Az állomány záródását a 36 db 5*5 m-es kvadrátban mért záródás értékek átlaga és szórása jellemzi. Összesen körülbelül 600 változót számoltunk ki, melyek közül azonban sok egymással erősen korrelál (pl. a faállományt jellemző változók esetében az ugyanazt a biológiai változót egyedszámban, körlapösszegben vagy térfogatban kifejezők), vagy statisztikailag nem használható (eloszlása a normálistól jelentősen eltér és/vagy sok területen 0 értéket vesz fel). Egyes változók esetében természetes alapú logaritmus transzformációt alkalmaztunk a normális eloszlás biztosításához. Azokat a változókat, amelyek eloszlása a normálistól jelentősen eltért, nem használtuk fel az elemzések során.

A táji léptékű elemzések esetében használt változók számítása a vizsgált erdőrészekben belül kijelölt 40*40 m-es területek középpontjától (ugyanítt állva történt a pontszámlálás is) mért 100, 200, 300, 400 és 500 m sugarú körökben történt. Az előbbi sugarak esetében kiszámoltuk, hogy a 4.5. fejezetben felsorolt folttípusok milyen arányban képviseltetik magukat (%), illetve ezekből az egyszerű változókból származtattunk néhány további: a fás és a fátlan területek, az idős erdők, az uralkodóan lombos illetve uralkodóan tűlevelű erdők arányát. A táj heterogenitásának kifejezésére az egyes sugarakon belül a táji elemek Shannon-diverzitását használtuk.

4.7. Adatelemzés

A madárközösség szempontjából legfontosabb háttérváltozók feltárásához különböző ordinációs módszereket alkalmaztunk (*Podani 1997*). A madárközösséget alakító fő gradiensek feltárására, a fajok illetve területek esetében kapott belső struktúra ábrázolására nem standardizált főkomponens-analízist (PCA) és detrendált korrespondencia-analízist (DCA) végeztünk. Mivel a DCA alapján az ordinációs tengelyek mentén megjelenő gradiensek hossza viszonylag rövidnek adódott, a fajok lineáris illeszkedését feltételező redundancia-analízist (RDA) használtuk a háttérváltozók és a fajok direkt ordinációs elemzéséhez. A direkt ordinációs modellbe kerülő változók szelekciója a változók egyenkénti beépítésével („forward selection”) történt, a változók hatását Monte-Carlo szimulációval

teszteltük (*ter Braak & Smilauer 2002*). Az ordinációs elemzésekhez a Canoco for Windows 4.5 számítógépes programot használtuk (*ter Braak and Smilauer 1997-2002*).

Annak a kérdésnek a megválaszolásához, hogy melyek az egyes fajok, illetve fajcsoportok előfordulását és tömegességét meghatározó legfontosabb háttérváltozók, az általános lineáris modellezés (General Linear Models illetve Generalized Linear Models) módszercsaládját használtuk (*Everitt & Hothorn 2006, Faraway 2005, 2006*). Az elemzésekhez minden alkalommal egységesen 33 terület adatait használtuk fel, 5 mintaterület adatait a modellek tesztelése tartottunk fenn. Ezek kiválasztása a fajösszetétel adatok alapján történt PCA elemzés alkalmazásával, úgy, hogy különböző faállomány típusokat reprezentáljanak. A felmérésben szereplő 37 madárfaj közül csak azok elemzésével foglalkoztunk, amelyek a 33 területből legalább 10 helyen előfordultak. A közepesen gyakori fajok esetében, amelyek viszonylag sok állományban megtalálhatók, de lokális egyedszámuk kicsi, olyan modelleket építettünk, amelyek a faj előfordulási valószínűségét predikálják (Generalized Linear Modell, a függő változó binomiális eloszlású, a kapcsolódó függvény logit).

Egy-egy elemzés kezdetén először a háttérváltozók előzetes szelekcióját végeztük el. Ennek során ellenőriztük a vizsgált biológiai változó és a háttérváltozók eloszlását, amennyiben szükséges volt a regresszió normalitás feltétele miatt a változókat transzformáltuk (természetes logaritmusos transzformációt alkalmazva). Ezután számos változó esetében grafikusán ábrázoltuk azoknak a biológiai változóval való kapcsolatát (kétdimenziós pontdiagramok), amennyiben szükségesnek láttuk, kiszámoltuk a biológiai változó és a háttérváltozók közötti korrelációkat. Mivel a háttérváltozók nagy száma miatt a korrelációk számítása során jelentősen megnő az elsőfajú hiba lehetősége (szignifikáns korrelációk adódnak véletlen hatások miatt is), a korrelációs értékek alapján nem hoztunk statisztikai döntést a statisztikai kapcsolatok megállapítására, pusztán az összefüggést nem mutató változók kiszűrésére használtuk őket. Azok közül a változók közül, amelyek (a grafikus ábrázolás illetve a korrelációs együttható alapján) összefüggést mutattak a függő változóval, igyekeztünk 5-15 olyan változót kiválasztani, amelyek eltérő biológiai hatásokat reprezentálnak, és csak ezeket használtuk fel a regressziós modell szelekciója során. A végső (minimális adekvát) modellbe kerülő változók szelekciója a teljes modell egyszerűsítésével, a változók egyenkénti eltávolításával („backward selection”) történt, amely során deviancia analízist használtunk (normál eloszlású függő változó esetén F, binomiális vagy poisson eloszlású függő-változó esetén χ^2 próbát alkalmazva). Normál eloszlást feltételező modellek esetében szükség esetén a függő változónál természetes alapú logaritmus transzformációt,

binomiális típusú függő változók esetében logit transzformációt alkalmaztunk. Az egyes modellek közötti választásban a determinációs koeficiens (R^2) értékén, és a szelekció során alkalmazott statisztikán kívül felhasználtuk a modell grafikus diagnosztikáit (reziduálisok homogenitása, normális eloszlása, reziduális variancia homogenitása, kiugró, a modellt túl erősen befolyásoló adatok keresése). A regressziós elemzéseket az R 2.3.1 nevű számítógépes programmal végeztük (*The R Development Core Team 2006*), a hisztogramok, pontdiagramok szerkesztéséhez és a korrelációk számításához a Statistica 7.0 számítógépes programot használtuk (*Statsoft 2006*).

Minden esetben először az általunk gyűjtött faállomány-változókat felhasználva próbáltunk modellt építeni, majd az összes vizsgált madárközösség-változó esetében vizsgáltuk, hogy a táji elemek változtatnak-e a kapott modelleken. Amennyiben a táji léptékű változók javítottak az eredeti modellen, úgy az eredeti modell ismertetése után a megváltozott modellt is bemutatjuk. Azért választottuk ezt a módszert, hogy ilyen módon a két modell összehasonlítható legyen. A táji léptékű változók előzetes szelekciója a faállomány-változókéhoz hasonlóan történt.

5. Eredmények és megvitatásuk

5.1. Kompozíció

A teljes adatbázis (38 mintaterület, és az itt megfigyelt 37 madárfaj) esetében elvégzett főkomponens-analízis (PCA) első tengelye a variancia 17,6 %, második tengelyének 13,3 %-át fedte le, így a két tengely által lefedett variancia 31 %-nak adódott. Ezek az értékek nem túlságosan nagyok, amit azzal magyarázunk, hogy a madárközösség alakításában valószínűleg nem kevés (2-3) igen markáns, hanem ennél több egymástól nagyjából független fő hatás vesz részt. Ez az eredmény, az adatok előzetes elemzése alapján, megfelelt várakozásainknak: A DCA elemzés során a két ordinációs tengely gradiens hossza viszonylag rövidnek bizonyult (az első tengely esetében 2,2, a második esetében 2,1 szórásnyi), így a direkt ordináció során RDA-t alkalmaztunk.

A következőkben kettő redundancia analízist mutatunk be: az első esetében csak az általunk gyűjtött faállomány-változókat építettük a modellbe, a második esetében csak táji léptékű változókat.

5.1.1. Faállomány-változók elemzése

A faállomány-változókat tartalmazó modell (*1. ábra*) első tengelye a variancia 11,8 %, második tengelye 9,9 %-át fedte le, így a két tengely lefedése összesen 21,7 %. Megállapíthatjuk tehát, hogy, bár a PCA a varianciának nem túl nagy részét fedte le, a feltárt gradienseket háttérváltozóinkkal elég jól tudtuk magyarázni.

A modellbe 10 változó került (*1. táblázat*), legfontosabbnak az átlagos fák mérete bizonyult. Az erdő vertikális szerkezetét jellemzi a két, kisméretű fák mennyiségét leíró változó, ezzel, valamint a fényviszonyokkal szoros összefüggésben van a gyepszint borítása. Három változó a fekvő holtfa fontosságát mutatja. Szignifikánsan javították még a modellt a túlevelűek mennyisége, a puhafák aránya, és az állományok földrajzi helyzetének földrajzi hosszúság koordinátája.

név az ábrán	változó leírása	Var	F-érték	Szignifikancia
átlagfaDBH	átlagos fa (>5 cm) átmérő (cm)	7%	2,88	p<0.01
keletnyugat	földrajzi hosszúság EOv koordinátája	6%	2,22	p<0.01
log1020V	fekvő holtfa (10-20 cm, térfogat)	5%	2,09	p<0.01
kisfa610V	kis fák mennyisége (6-10 cm, térfogat)	5%	2,10	p<0.05
gyepszintBOR	gyepszint borítása	5%	2,11	p<0.05
fenyőV	tülevelűek mennyisége (térfogat)	4%	2,01	p<0.05
puhafaKÖR	puhafák mennyisége (13-22 m, körlapösszeg)	4%	1,82	p<0.05
bükkgyer1020KÖR	kis fák mennyisége (10-20 cm, bükk és gyertyán, körlapösszeg)	4%	1,71	p<0.05
log4050V	fekvő holtfa (40-50 cm, térfogat)	4%	1,79	p<0.05
log4050DB	fekvő holtfa (40-50 cm, db)	3%	1,73	p<0.05

1. táblázat: A faállomány-változókat tartalmazó redundancia-analízissel épített modellben szereplő változók. Az első oszlopban a változók 1. ábrán is szereplő rövidítése, a második oszlopban a változók pontos megnevezése látható. Feltüntettük még a változó által lefedett variancia százalékát (Var), a változók F-értékét, és szignifikancia-szintjüket.

Az előbb felsorolt változók fontosságáról (a földrajzi hosszúságon kívül) az erdőkben költő madárközösségek, illetve egyes fajok, fajcsoportok esetében számos irodalmi adat áll rendelkezésre, ahogyan arról a bevezetőben is írtunk. Azt, hogy az egyes változók hatása mögött milyen közvetlen, illetve közvetett okokat feltételezünk, a fejezet második részében, a regressziós modellek elemzésekor tárgyaljuk majd, mivel ott az egyes változók sokkal konkrétabb alkalmazásokban kerülnek elő, egy-egy madárközösséget jellemző paraméterrel (pl. fajszám, egyes fajok előfordulási valószínűsége) kapcsolatban.

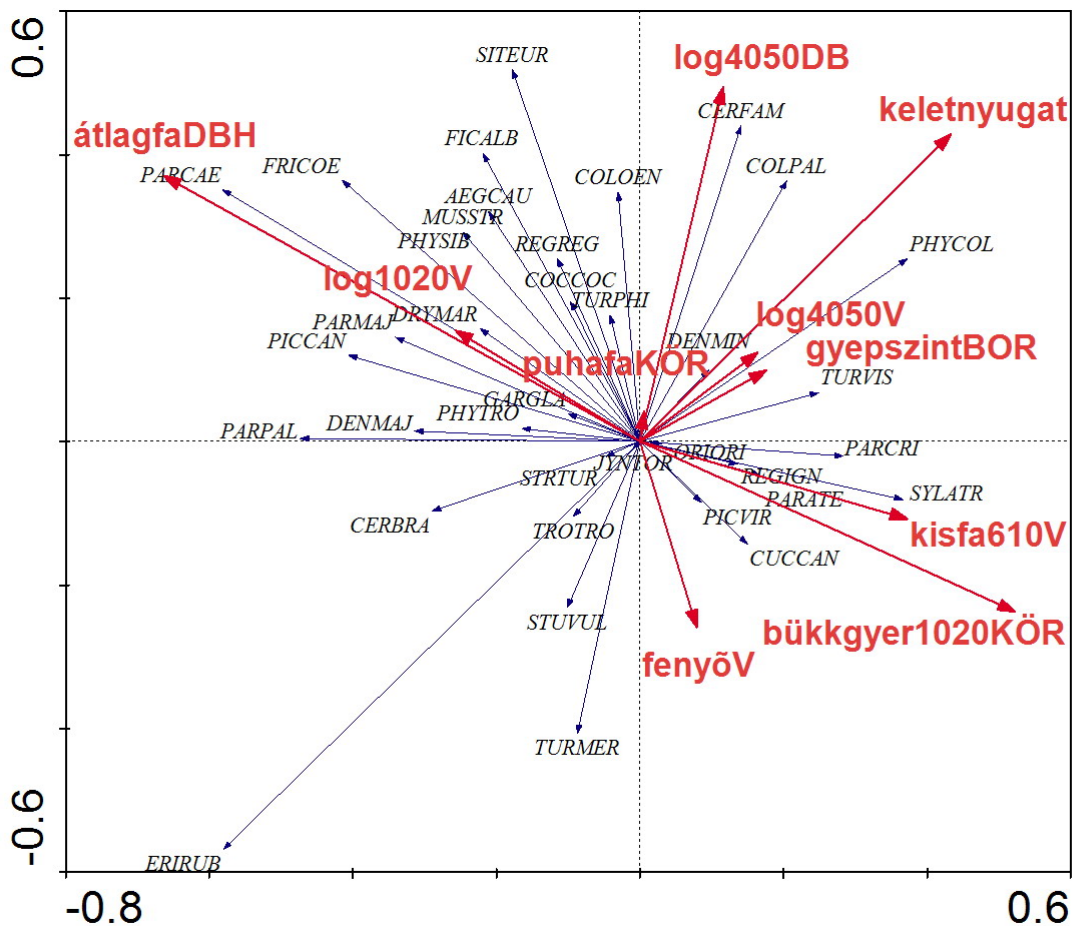
Mivel a földrajzi helyzet egyetlen regressziós modellben sem szerepel, annak feltételezett hatásaira most térünk ki. Mintaterületeink, bár az Őrség és Vendvidék területén belül elszórtan helyezkednek el, relatív nem túl nagy területen (kb. 40*40 km) fekszenek. Azt, hogy ennek ellenére mégis ható tényezőnek bizonyult a földrajzi helyzet hosszúság koordinátája, két fő okkal magyarázzuk. Egyrészt éppen az országnak ezen a táján nyugat felé gyorsan erősödik az Alpok hűvös, csapadékos hegyvidéki (alpin) klímájának hatása, és nő az átlagos tengerszint feletti magasság is. Ezek a körülmények kedveznek a montán jellegű bükkösök, illetve a fenyőelegyes erdők kialakulásának, ezzel együtt számos, ezekhez kötődő, az országnak szinte kizárólag ezen a táján előforduló madárfaj (pl. hegyi fakusz, léprigó, fenyvescinege, búbos cinege, sárgafejű királyka, tüzesfejű királyka) megjelenését teszik lehetővé. A másik fontos különbség a két fő gazdálkodási mód egyetlen eloszlása a területen. A kutatási területünk keleti részén található Őrségben elsősorban állami tulajdonú, vágásos erdőgazdálkodással művelt, homogénebb szerkezetű és nagyobb összefüggő állományokat alkotó erdőket találunk, míg a Vendvidék jelentős részén (az országban

egyedülálló módon) ma is megmaradtak a magántulajdonban lévő, szálaló erdőgazdálkodással művelt, kisebb erdőrészekből álló, több térléptékben is változatosabb fafaj-összetételű és faállomány-szerkezetű erdők. Azt, hogy eltérő gazdálkodási formák (pl. különböző intenzitású, térléptékű) gazdálkodási módok mellett igen különböző madárközösségek alakulhatnak ki, számos tanulmány megmutatta (pl. *Moskát & Fuisz 1992, Vaisanen et al. 1986, Angelstam & Mikusinski 1994*). A kisparaszti szálaló gazdálkodás és a nagyüzemi vágásos gazdálkodási mód hatását a költő madárközösségre Magyarországon legalábbis még senki sem vizsgálta, valószínűleg részben azért, mert alig találhatók szálaló erdők az országban. Mivel az elsősorban kisparaszti szálaló gazdálkodással művelt tájon sokkal kevésbé érvényesül az ember homogenizáló hatása, feltételezzük, hogy a heterogén környezet több madárfaj előfordulását teszi lehetővé. A területeinken jelenlevő két fő gazdálkodási forma hatása a madárközösségre igen érdekes további elemzési lehetőség, de ebben a dolgozatban bővebben nem foglalkozunk vele. Bár munkánk nem közvetlenül a gazdálkodást vizsgálja (mint háttérváltozót), hanem a faállomány összetételének és szerkezetének jellemzőit, de ezek nyilvánvalóan összefüggenek a gazdálkodással.

A bemutatott redundancia-analízis (*1. ábra*) két tengelye közel azonos hosszúságú gradienseket fed le, ezek mentén mind a modellbe beépített változók, mind az ábrázolt fajok körülbelül egyenletesen helyezkednek el. Az első tengelyt úgy tűnik, hogy az állomány vertikális szintjeit jellemző változók határozzák meg leginkább. A legerőteljesebben ható, az ábra első tengelyével ellentétes irányban növekvő változó az átlagos fák mérete, így az első tengely negatív irányában olyan madárfajok megjelenését várjuk, melyek igénylik a nagyméretű, öreg faegyedekből álló állományokat, és/vagy olyan állományokat, ahol az alsóbb szintek kevésbé fejlettek. Ezen a területen található több cinege-faj (PARMAJ, PARCAE, PARPAL), a csuszka (SITEUR) és a két gyakori harkályfaj (DENMAJ, DRYMAR). Az itt felsorolt fajok közül a barátcinege kivételével az összes esetben készítettünk regressziós modellt, és a nagyméretű, idős fák mind az öt faj esetében fontos tényezőnek bizonyultak (a nagy tarkaharkályról készített modellt ebben a dolgozatban nem mutatjuk be). Az első tengely meghatározásában fontos változók még az előző változóval ellentétesen, a tengely irányával megegyező irányban növekvő változók: az alsóbb szinteket alkotó kis és közepes méretű fák mennyisége, és a gyepszint borítása. Ezen a területen található gyakoribb fajok: SYLATR, TURVIS, PHYCOL, PARATE. A barátposzáta (SYLATR), számos rigó és poszátafaj (pl. TURVIS, PARATE) esetében valóban ismert e szerkezeti elemek fontossága (*Camprodon & Brotons 2006, Fuller 1995*). A csilpcsalpfüzike (PHYCOL) és a fenyvescinege (PARATE) esetében regressziós modelljeinkben is

szerepelnek ezek a változók. Végül kiemelnénk, hogy az első kanonikus tengely mentén a tíz változó közül hét az első tengely irányával megegyezően növekszik, és csak kettő – az átlagos fák mérete, és egy holtfa változó – változik az első tengely irányával ellentétesen, mégis ebben az irányban található a fajok jelentős része (körülbelül 20 faj 10 ellenében). Ez arra enged következtetni, hogy, néhány jellegzetesen az alsóbb szintekhez (második lombkoronaszint, újulati szint, gyepszint) kötődő faj kivételével a madárfajok nagy része igen erős preferenciát mutat az idős állományok felé, ami azért figyelemre méltó, mert állományaink hazai viszonylatban mind elég idősnek számítanak (70 évnél idősebbek), és ez a tényező még ilyen körülmények között is ilyen nagy jelentőséggel bír.

A második kanonikus tengely értelmezése kissé bonyolultabb, mivel egymástól igen különböző változók határozzák azt meg. Jól megfigyelhető trend, hogy, bár a három, fekvő holtfa bizonyos típusait leíró változó egymástól viszonylag távol helyezkedik el, a második tengely mentén mind pozitív irányban található, és a madárfajok igen jelentős része is ilyen irányban helyezkedik el ennek a tengelynek a mentén. A másik változó pár, amelyik jelentős lefedést mutat a második tengely mentén, a fenyő elegyarány és a földrajzi hosszúság, melyek egymással ellenkező helyzetben találhatók, az előbbi negatív, az utóbbi pozitív irányban. Ennek oka, hogy az őrségi területeken (ahol nagyobb a földrajzi hosszúság értéke) kisebb a fenyő elegyarány, mint az erősebben montán jellegű Vendvidéken. Ennek megfelelően ezen a területen találunk az egyértelműen a fenyő-fajokhoz kötődő (*Fuller 1995*) négy madárfajból hármat (REGIGN, PARATE, PARCRI), bár meg kell jegyeznünk, hogy mindhárom faj pozitív irányban helyezkedik el az első tengely mentén is, a gazdag vertikális színteztettségű állományok irányában. A három faj közül egyedül a fenyvescinege esetében alkottunk regressziós modellt, és ebben is ugyanilyen összefüggést találtunk: a faj szempontjából mind a fenyő elegyarány, mind a gazdag vertikális színteztettség fontos tényezőnek bizonyult.



1. ábra: Faállomány változókat tartalmazó RDA első két kanonikus tengelye. Az első tengely a variancia 11,8, a második tengely a variancia 9,9 %-át fedi le. Az ábrán pirossal a modellben szereplő 10 háttérváltozó, feketével a madárfajok láthatók. A háttérváltozók rövidítéseinek magyarázata az 1. táblázatban található, a 37 ábrán szereplő madárfajt itt az azok latin neveiből képzett rövidítésekkel jelöljük, ezek listáját lásd a 2. számú mellékletben.

5.1.2. Táji léptékű változók elemzése

A táji változókat tartalmazó redundancia-analízis esetében kapott RDA-modell (2. táblázat) esetében az első tengely a variancia 9,4, a második tengely a variancia 6,9 %-át fedi le. A két tengely lefedése összesen 16,3 %, tehát a faállomány változók bevonásával épített RDA modell lefedésénél is alacsonyabb, bár hasonló nagyságrendű.

A modellben 6 változó szerepel, ezek közül három a nyílt területek mennyiségével függ össze (nyílt200, nyílt300 és gyep200), úgy tűnik, hogy a madárközösség szempontjából az általunk megkülönböztetett táji elemek közül ez a legfontosabb tényező. Lényegesnek bizonyult még a lucosok és a bükkösök aránya a tájban, ami azért is figyelemre méltó tény, mert az általunk megkülönböztetett táji elemek közül mindkettő meglehetősen ritka típus (a lucosok területi részesedése kb. 7 %, míg a bükkösök esetében ez az érték kb. 2 %). A hatodik fontosnak bizonyuló változó az idős lomberdők aránya a tájban: az elemzés során azt tapasztaltuk, hogy a madárközösség érzékenyen reagált a lombos illetve túlevelű állományok arányára, a két változó (idős lombos ill. idős túlevelű állományok aránya) közül az egyik modellbe építésével a másik már nem hatott tovább.

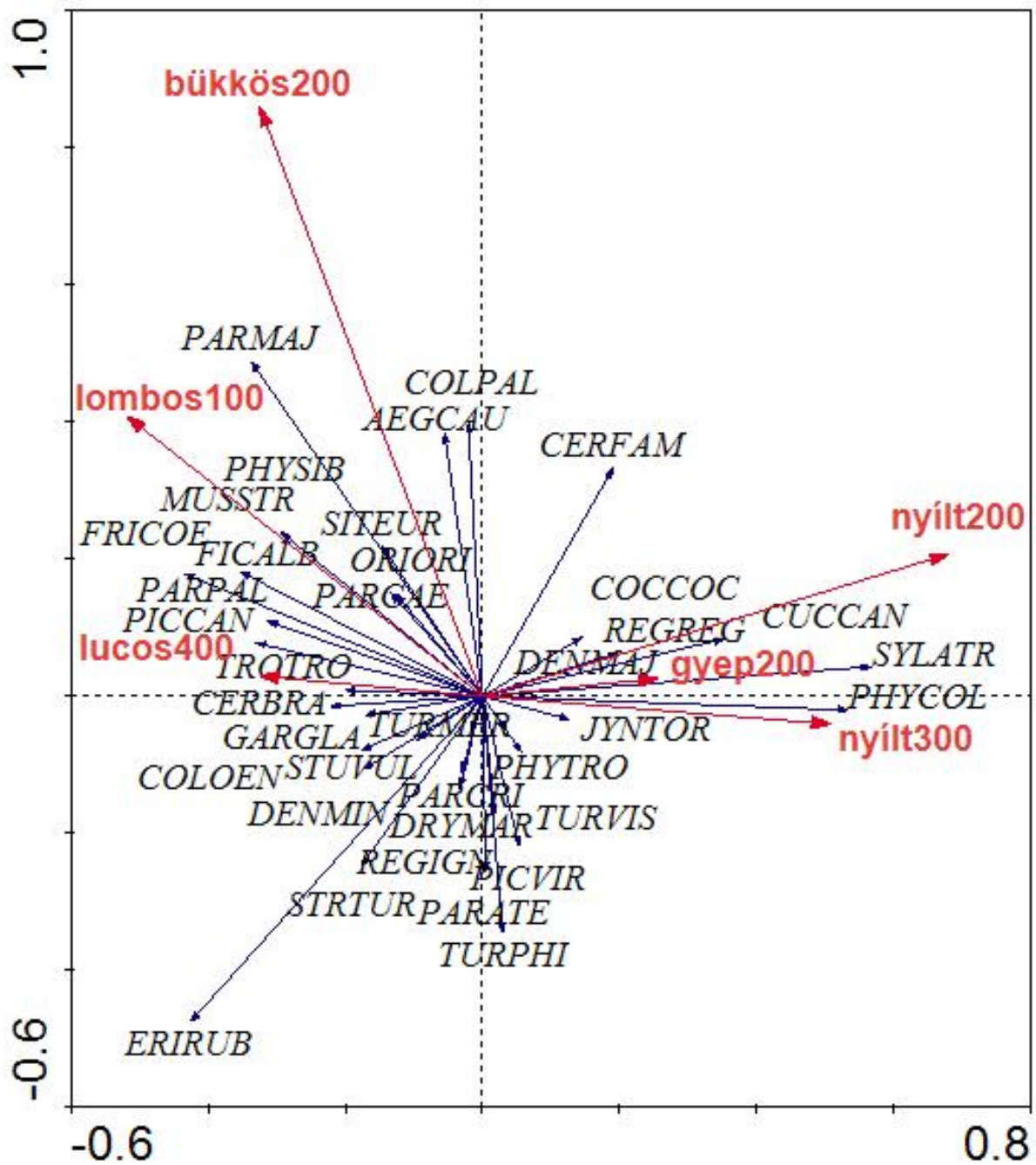
név az ábrán	változó leírása	Var	F-érték	Szignifikancia
bükkös200	bükkösök aránya a tájban (200 m sugarú körben, %)	7%	2,55	0,01
nyílt200	nyílt területek aránya a tájban (200 m sugarú körben, %)	6%	2,31	0,01
lombos100	idős lomberdők aránya a tájban (100 m sugarú körben, %)	4%	1,62	0,05
lucos400	lucosok aránya a tájban (400 m sugarú körben, %)	4%	1,71	0,05
gyep200	gyepek aránya a tájban (200 m sugarú körben, %)	4%	1,63	0,05
nyílt300	nyílt területek aránya a tájban (300 m sugarú körben, %)	4%	1,69	0,05

2. táblázat: A táji változókat tartalmazó redundancia-analízissel épített modellben szereplő változók. Az első oszlopban a változók 1. ábrán is szereplő rövidítése, a második oszlopban a változók pontos megnevezése látható. Feltüntettük még a változó által lefedett variancia százalékát (Var), a változók F-értékét, és szignifikancia-szintjüket.

Az itt bemutatott redundancia-analízis (2. ábra) első tengelyét úgy tűnik a fás és fátlan területek elválás jellemzi. E tengely mentén pozitív irányban található a három nyílt területet jelző táji változó, negatív irányban a három idős erdőállományokat jelző változó. A madárfajok elrendeződése az ábrán szintén megfelel ennek az állításnak: az első tengely pozitív tartományaiban olyan fajokat találunk, melyek ismertén az erdőszélekhez, bokros-fás vegetációkhoz (is) kötődnek (Fuller 1995), pl. a barátposzáta (SYLATR), csilpcsalpfüzike (PHYCOL) illetve kakukk (CUCCAN). A csilpcsalpfüzike esetében saját elemzéseink is azt mutatták, hogy valószínűleg kedveli a nyitottabb állományokat, erről a fajról a regressziós

modellek között bővebben is esik majd szó. Az első tengely mentén negatív irányban valóban számos zárterdei madárfajjal találkozunk, pl. erdeipinty (FRICOE), vörösbegy (ERIRUB), csuszka (SITEUR), számos cinege (PARMAJ, PARPAL, PARCAE) illetve harkályfaj (PICCAN, DENMIN).

A modell második tengelyét talán leginkább egy lombos – tűlevelű elválás határozza meg. Legnagyobb súlya e tengely mentén a bükkösök arányának van, amely pozitív irányban található, hozzá meglehetősen hasonló pozícióban az idős lombos állományok arányát találjuk. A lucosok aránya ennek a tengelynek a mentén szinte nem mozdul el a nulla értéktől, így a második tengely mentén a negatív tartományban egy változót sem találunk, annak ellenére, hogy a madárfajok jelentős része ezen a területen található. Ennek talán az lehet az oka, hogy a tiszta bükkösök igen jellegzetes, de nem nagyon sok fajból álló madár-együttest tartanak el (ezek a fajok, pl. örvös légykapó (FICALB), csuszka (SITEUR), kék cinege (PARCAE), örvös galamb (COLPAL), hegyi fakusz (CERFAM) és néhány egyéb, generalista madárfaj valóban pozitív irányban találhatóak a második tengely mentén). Ezért a bükkösök, mint igen markáns élőhely, az egyik legfontosabb táji változónak bizonyultak a madárközösség alakításában, de az a nagyon sok egyéb madárfaj, amely nem ezekben az állományokban fordul elő, mind ennek a tengelynek az ellenkező irányában csoportosul (Itt találunk pl. számos tüeleges erdőkhöz kötődő madárfajt).



2. ábra: Téli léptékű változókat tartalmazó RDA első két kanonikus tengelye. Az első tengely a variancia 9,4, a második tengely a variancia 6,9 %-át fedi le. Az ábrán pirossal a modellben szereplő 6 háttérváltozó, feketével a madárfajok láthatók. A háttérváltozók rövidítéseinek magyarázata a 2. táblázatban található, a 37 ábrán szereplő madárfajt itt az azok latin neveiből képzett rövidítésekkel jelöljük, ezek listáját lásd a 2. számú mellékletben.

5.2. Regressziós modellek

Elemzéseink fő vonulatát az egyes fajok-fajcsoportok háttérváltozó-függésének regressziós modellek építésével való feltárása adta. A következőkben a madárközösség 11 változója esetében mutatunk be regressziós modelleket. Ezek közül kettő egy-egy általánosabb madárközösség változó (fajszaám és abundancia), három egy-egy fajcsoport (harkályok, másodlagos odúlakós és cinegék), és hat egy-egy madárfaj (fekete harkály, csilpécsalpfüzike, kék cinege, széncinege, fenyvescinege, csuszka) háttérváltozó-függését írja le. Modelljeinknek a tesztelésre fenntartott 5 területre nyújtott predikcióit a *3. számú melléklet* tartalmazza. Az itt bemutatott 11 regressziós modell közül hármat változtattak meg a táji léptékű változók (abundancia, másodlagos odúlakók és kék cinege), e modellek táji léptékű változókkal módosított változatait az eredeti modell ismertetése után tárgyaljuk.

5.2.1 Fajszaám

A fajszaám feltételezésünk szerint jól mutatja az élőlénycsoport számára rendelkezésre álló források sokféleségét és minőségét, így igen hasznos indikátor-változó egy terület megítélésakor, ezért mindenképpen érdemesnek tartottuk a vizsgálatra.

A kapott modell (*3. táblázat*) három változó függvényében nyújt becslést a madárközösség fajszaámára vonatkozóan. Legerőteljesebben ható tényezőnek a nagy fák mennyisége bizonyult, ez a tényező önmagában nagyobb részét magyarázta a varianciának, mint a másik két, modellbe került változó együttvéve. Fontos volt még a lucfenyő mennyisége és a gyepszint borítása. Mindhárom változó pozitívan befolyásolta a fajszaámot, tehát vizsgálati területeinken a sok nagy fát tartalmazó, lucfenyővel elegyes, gazdag gyepszintű állományok bizonyultak a madárközösség szempontjából fajgazdagnak. Modellünk a vizsgált biológiai változó varianciájának 44,5 %-át fedi le.

Fajsám modellbe bekerült változók	Irány	Var	Szignifikancia
Nagy fák mennyisége (40-50 cm törzsátmérő között, térfogat)	+	15,0%	p<0,05
Lucfenyő mennyisége (30-40 cm törzsátmérő között, térfogat)	+	6,7%	p<0,1
Gyepszint borítás	+	6,2%	p<0,1

3. táblázat: A fajsám esetében kapott regressziós modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányban befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából (Var), és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a madárközösség fajszáma, eloszlása normális, a modell készítése során nem transzformáltuk. Az egyes változók tesztelése F-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 44,5 %-át fedi le.

A modellben legnagyobb súllyal szereplő változó a nagy fák mennyisége. Ahogyan arról a bevezetőben is volt szó, a nagy fák fontosságáról a madarak esetében számos adat áll rendelkezésünkre (pl. Fuller 1995, Tomasevic & Estades 2006, Thibault et al. 2006). Ennek oka könnyen belátható: a nagyméretű, idős faegyedek, nagyobb egységnyi területre jutó lombfelületük és faanyaguk, illetve mikroélőhelyekben való nagyobb gazdagságuk révén jóval több és többféle rovarnak nyújtanak élőhelyet és táplálékot. Ez az erdeinkben költő rovarévő, vagy magevő, de fiókáikat szintén rovarokkal tápláló fajok esetében nyilvánvalóan igen fontos tényező. Ezen kívül a nagy, idős faegyedek majdnem minden esetben együtt járnak holt farészek megjelenésével, maguktól keletkezett, illetve az elsődleges odúlakó madárfajok által vájt odúk számának növekedésével, ami újabb fajok táplálkozási és költési esélyeit javítják (Bobiec 2005, Harmon et al. 1986). Az előbb felsoroltak mellett fontos szempont lehet még, hogy a nagy faegyedek bő magprodukciója tovább növeli az elérhető források körét. Itt kell megemlíteni azt is, hogy a nagy fák iránti preferenciát (3. ábra) a kis fák mennyiségével való erős negatív kapcsolat is jól mutatja (4. ábra). Mivel a két változó egymással igen erősen összefügg, ezért általában igaz, hogy az egyik modellbe való beépítésével a másik már nem javította tovább modelljeinket.

Azt, hogy az előbbi állítások a mi esetünkben valóban jogosan feltételezhető okai a kapott összefüggésnek, az általunk talált 37 madárfaj életmódjának igen rövid, összefoglaló áttekintésével támasztjuk alá. Az itt közölt, a madarak életmódjával kapcsolatos ismeretek részletesen megtalálhatók Székessi (1973) és Fuller (1995) könyveiben, illetve terepi tapasztalatokon alapszanak. Az általunk felmért fajok túlnyomó többsége főleg rovarokkal táplálkozik (kivétel: kék galamb, örvös galamb, vadgerle, szajkó, erdei pinty, meggyvágó, bár ezek közül a szajkó tápláléka igen nagy részben állati eredetű). Annak a néhány fajnak is, amelyek nem rovarévők, egy része jelentős arányban rovarokkal eteti fiókáit, mivel azoknak a

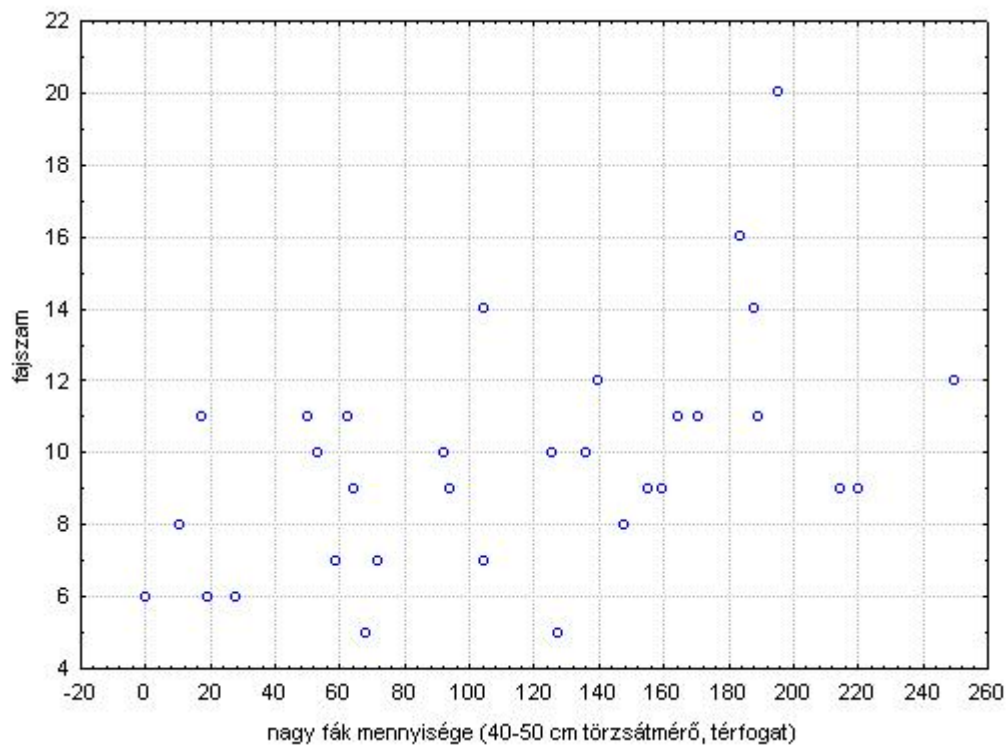
növényi tápláléknál fehérjében gazdagabb táplálékra van szükségük (ilyen fajok: szajkó, erdei pinty, meggyvágó). Ezek alapján kijelenthetjük, hogy a madárközösség szempontjából az elérhető rovartáplálék mennyisége és minősége meghatározó. A holtfa mennyisége a nálunk költő harkályfajok szempontjából igen fontos, mint táplálkozó hely, de több más faj esetében is feltételezhető vagy ismert, ennek a változónak a fontossága (*Harmon et al. 1986, Bobiec et al. 2005, Csóka 2000*). Területeinken hat harkályfajt találtunk, ezek a közép fakopáncs kivételével a 37 felmért faj között szerepelnek is. A 37 felmért faj közül 6 elsődleges odúlakó (hamvas küllő, zöld küllő, fekete harkály, nagy tarkaharkály, kis tarkaharkály) és 12 másodlagos odúlakó (kék galamb, nyaktekercs, szürke légykapó, örvös légykapó, barátcinege, búbos cinege, fenyvescinege, kék cinege, széncinege, csuszka, hegyi fakusz, rövidkarmú fakusz, seregély), így szintén kijelenthetjük, hogy a madárközösség szempontjából az odúkészítésre alkalmas fák, illetve az elérhető odúk mennyisége valószínűleg igen fontos tényező. Több, általunk felmért faj esetében ismert, hogy azok szívesen fogyasztják erdei gyümölcsfáink, vagy a tölgy és bükk termését is (Előbbi pl. a rigók, seregély, meggyvágó, utóbbi a szajkó és csuszka esetében jellemző), így az állományok mag ill. termésprodukcója is ható tényező lehet a madárközösség szempontjából, bár ez jóval kevesebb fajt érint.

A második fontosnak bizonyult változó modellünkben a lucfenyő mennyisége volt. Ezzel kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy állományaink között olyanok, amelyek nagyrészt lucfenyőből álltak (pl. telepített lucosok), szinte nincsenek, mivel az ilyen, kellően idős (> 70 év) állományok viszonylag ritkák, és a meglévő állományokat is erősen vágják a lucfenyőt fenyegető szúkár miatt. Tehát az itt kapott összefüggés azt jelzi, hogy az őrségi lomberdőkben elegyfaaként megjelenő lucok növelik a fajgazdagságot. Több, Magyarországra kevésbé jellemző, hegyvidéki vagy túlevelű illetve túelegyes erdőkhöz kötődő madárfajt (sárgafejű királyka, tüzesfejű királyka, fenyvescinege, búbos cinege) mértünk fel, melyek szempontjából a luc elegyfaaként való megjelenése valóban fontos tényező (*Székesi 1973*). Itt emelnénk ki, hogy, bár a modellbe nem került bele, igen határozott negatív kapcsolatot találtunk a fajsza és az erdeifenyő mennyisége között. Ennek okát nem tudjuk, de azért érdemes összehasonlítani, hogy a madárközösség fajsza mennyire különbözően reagál a két gyakori fenyőfaj mennyiségére (5. és 6. ábrák). Ezzel a jelenséggel számos további alkalommal is találkoztunk. A további elemzéseknél szem előtt tartottuk azt a tényt, hogy valószínűleg sok faj esetében a két fenyőfaj nem egyformán hat, így óvatosan kell használni az összevont túlevelű-arányt kifejező változókat.

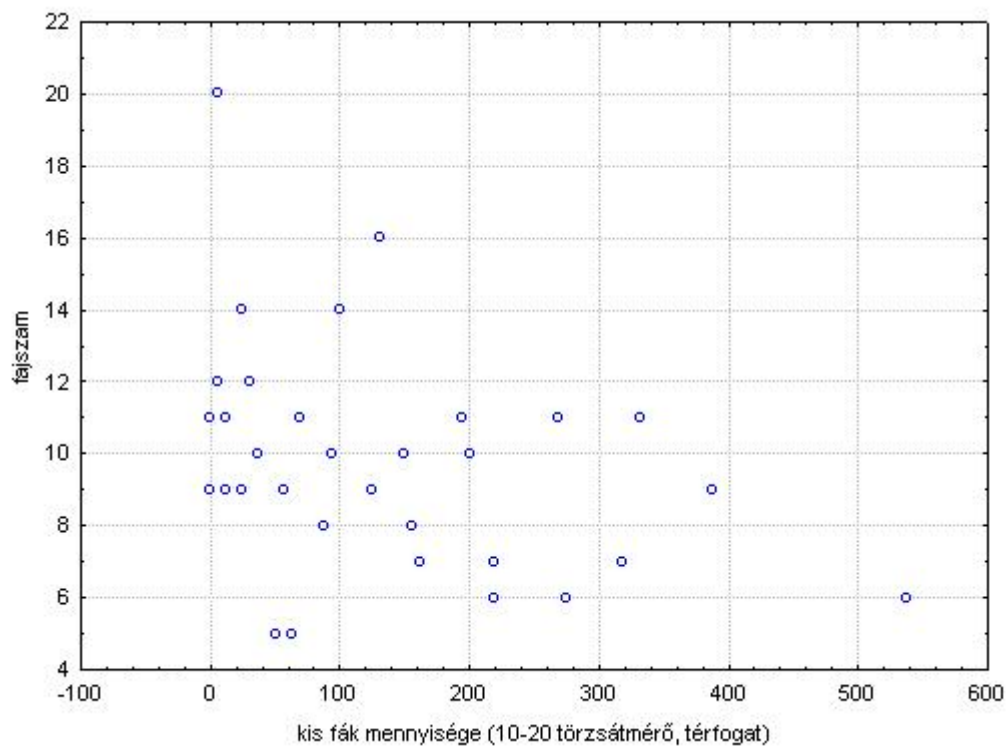
A harmadik változó, amely fontosnak bizonyult még, az állomány gyepszintjének borítása (7. ábra). Modellünk szerint állományaink közül azokban volt nagyobb a

madárközösség fajszáma, amelyek gyepszintje fejlettebb. Az általunk vizsgált madárfajok közül csak néhány esetben van tudomásunk arról, hogy a talajon táplálkoznának, vagy költenének. A rigófélék, poszáták, ökörszem és vörösbegy esetében a talaj számottevő táplálkozóhely (*Fuller 1995, Székessi 1973*), ezért e fajok számára lényeges, hogy a talaj mekkora részét borítják lágyszárú edényesek, illetve mekkora az avar borítása. Érdekes, hogy, bár az avar jelenléte igen megváltoztatja a talajlakó gerinctelenek mennyiségét és hozzáférhetőségét a madarak szempontjából, a talaj avarral való borítottsága egy esetben sem bizonyult ható változónak, a gyepszint tulajdonságai azonban számos esetben mutattak kapcsolatot a madárközösséggel. Igaz azonban, hogy az előbb említett fajok egyike esetében sem készítettünk eddig modellt, ezért további elemzések szükségesek, lehet, hogy faj-szinten ható változónak bizonyulnak majd a talaj e jellemzője is. A másik lehetséges magyarázat, hogy a gyepszint talán valamilyen módon a fényviszonyokkal, azok heterogenitásával állhat összefüggésben, és a madarak a különböző fényviszonyok okaként (faállomány) vagy következményeként (cserjeszint) fellépő változásokra reagálnak. Valószínűnek tartjuk, hogy részben ez áll a kapott összefüggés hátterében, mivel a különböző záródottságú állományok egymástól olyan sok mindenben különbözhetnek, hogy ez számos madárfajt érinthet. Itt kell megjegyeznünk, hogy a madárközösség fajszáma az állomány nyíltságával is pozitív korrelációt mutatott, de ennek értéke kicsit kisebb volt, mint a gyepszint borítással mutatott összefüggés. Ahogy azt az anyag és módszer fejezetben már leírtuk, a fényviszonyok jellemzésére több módszerrel is kísérleteztünk, és a különböző módszerekkel kapott eredmények nem minden esetben voltak hasonlóak (*Tinya et al. 2006*), amit azzal magyarázunk, hogy az egyes módszerek a megvilágítottság más-más aspektusaira érzékenyebbek. Ezek az eredmények arra engednek következtetni, hogy egyáltalán nem biztos, hogy az általunk használt (és legkevésbé munkaigényes) módszer a megvilágítottságnak azt a paraméterét méri, amely a madarak szempontjából lényeges, ellenben a gyepszint borítása lehet, hogy jól reagál a megvilágítottság madárközösség szempontjából fontos tulajdonságaira. Arról, hogy az állomány záródottsága milyen módon hathat a madarakra, a harkály modellnél bővebben is lesz szó.

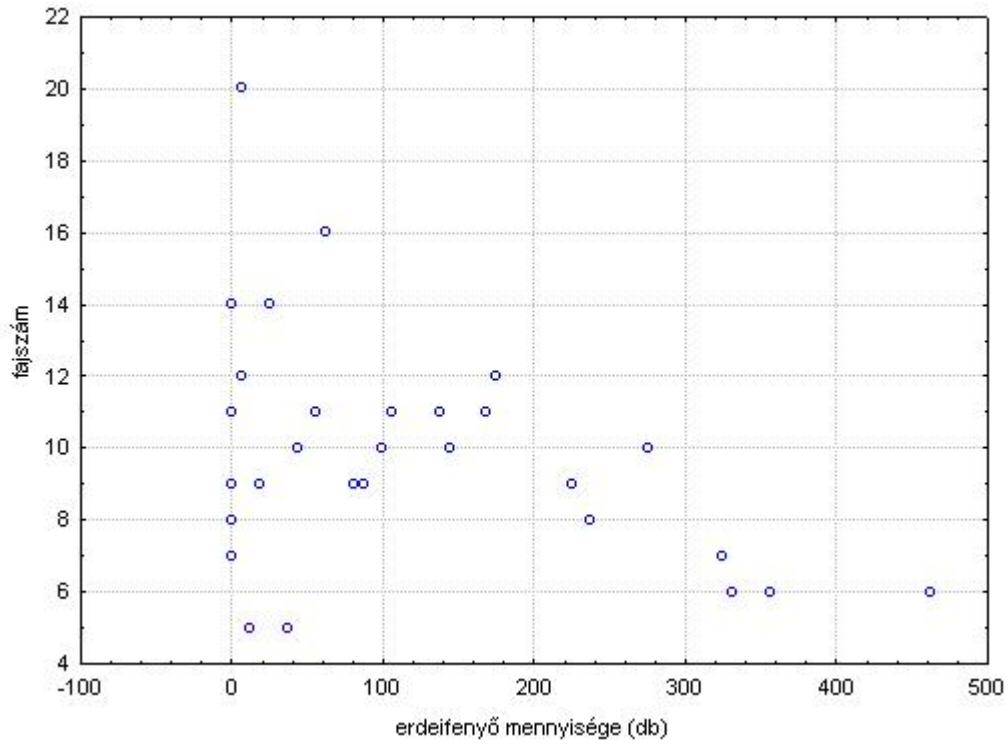
A modell által becsült és a terepen mért fajszám összefüggését a 8. ábra mutatja.



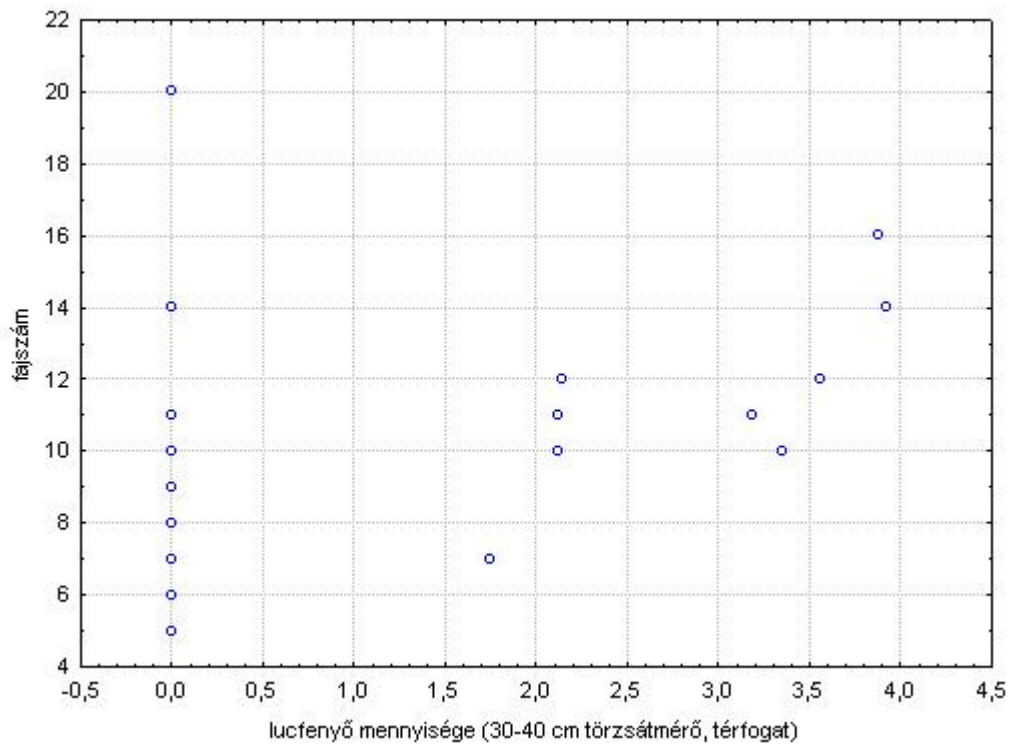
3. ábra: Fajszám kapcsolata a nagy fák térfogatával (m^3/ha) mért adataink alapján



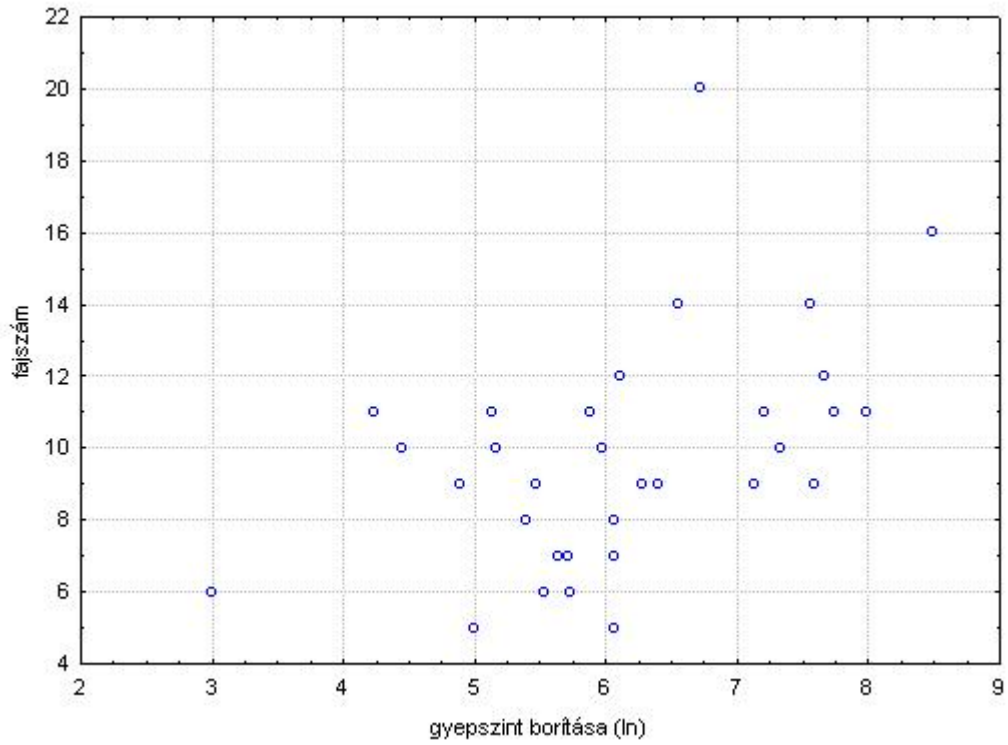
4. ábra: Fajszám kapcsolata a kis fák térfogatával (m^3/ha) mért adataink alapján



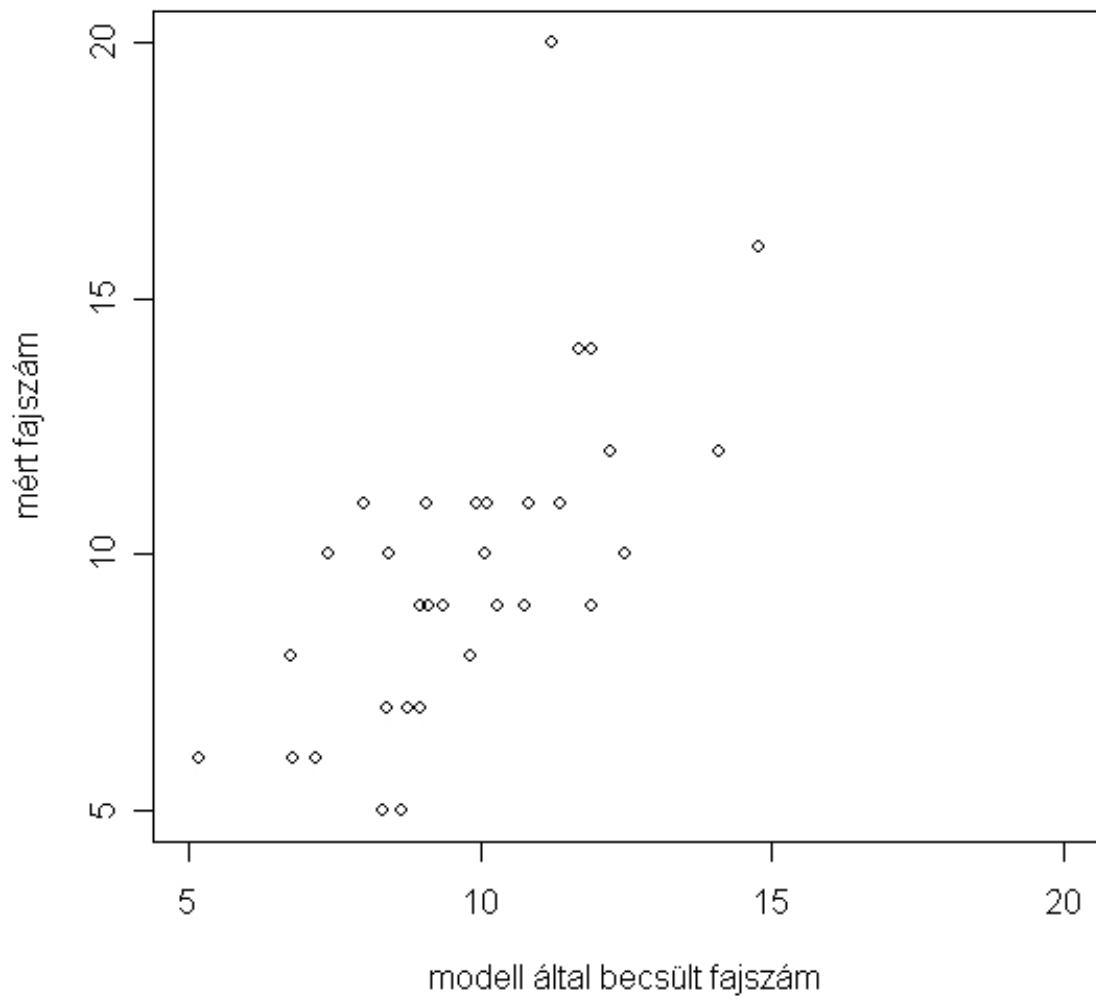
5. ábra: Fajszám kapcsolata az erdeifenyő darabszámával (db/ha) mért adataink alapján



6. ábra: Fajszám kapcsolata a lucfenyő térfogatával (m^3/ha) mért adataink alapján



7. ábra: Fajszám kapcsolata a gyepszint borításával (m^2/ha , az ábrán a gyepszint természetes alapú logaritmusát ábrázoltuk)



8. ábra: Fajszám modell predikciója: mért fajszámok a modell által becsült értékek függvényében ábrázolva

5.2.2. Abundancia

A költő madarak egyedszáma feltételezésünk szerint elsősorban a madarak számára hozzáférhető források mennyiségével arányos, így a fajszámtól kicsit eltérő, de szintén fontos jellemzője egy-egy erdőállománynak, ezért ez esetben is elvégeztük az elemzést.

A kapott modell (4. táblázat) három változó függvényében nyújt becslést a madárközösség tömegességére. A vizsgált biológiai változót állományainkban szignifikánsan növelte a nagy fák mennyiségének növekedése, a gyepszint borítása és a közepesen korhadott fekvő holtfa mennyisége is. Modellünk a madár egyedszám varianciájának 59,8 %-át fedti le.

Abundancia modellbe bekerült változók	Irány	Var	Szignifikancia
Nagy fák mennyisége (40-50 cm törzsátmérő között, térfogat)	+	20,0%	p<0,001
Gyepszint borítás	+	13,4%	p<0,01
Fekvő holtfa (3. korhadási fázis, db)	+	5,9%	p<0,05

4. táblázat: Az abundancia esetében kapott regressziós modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányban befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából (Var), és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a madárközösség egyedszáma, eloszlása normális, a modell készítése során nem transzformáltuk. Az egyes változók tesztelése F-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 59,8 %-át fedti le.

Az egyes változók elemzése előtt kiemelnénk, hogy a madárközösség tömegességi viszonyait nagyon hasonló változók határozták meg, mint a fajszámot, a két változó szorosan össze is függ (lásd 9. ábra), azonban az egyes változók súlyában jelentős különbségek adódtak, az elemzés során elsősorban ezek magyarázatára helyezzük a hangsúlyt. A madárközösség fajszáma esetében kapott modell lefedése kb. 45 %, míg ugyanez az érték a madárközösség tömegessége esetében kb. 60 %. A két változó esetében tapasztalt jelentős eltérést a lefedett variancia tekintetében azzal magyarázzuk, hogy az abundancia sokkal inkább kevés, az állomány főbb szerkezeti elemeit érintő tényezőtől függ (források mennyisége), míg a fajszám ennél kicsit komplexebb módon az egyes madárfajok speciális igényeinek megfelelően függ a környezettől (források mennyisége mellett a források sokfélesége is fontos, így több, külön-külön kisebb hatású paraméter hatását feltételezzük).

A legfontosabbnak bizonyuló faktor ebben az esetben is a nagy fák mennyisége volt (10. ábra), de itt ez a változó sokkal nagyobb súllyal szerepelt, mint a fajszám-modell esetében. (A fajszám varianciájának az a része, amelyet csak ez a változó magyaráz 15 %, ez az érték a tömegesség esetében 20 %.) Ebből arra következtethetünk, hogy a nagyméretű

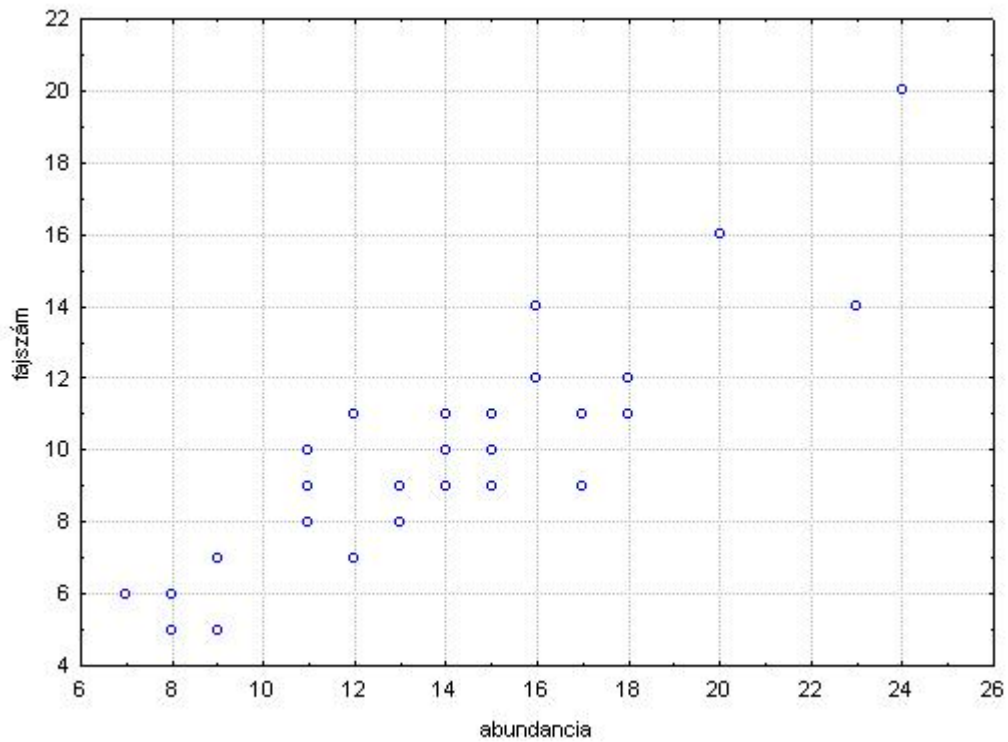
faegyedek mennyiségének növekedése jelentősen növeli az egységnyi területre jutó források (madarak esetében valószínűleg elsősorban az elérhető rovartáplálék) mennyiségét. Valószínű, hogy a változó a fajszám esetében azért szerepel kisebb súllyal, mert az újabb fajok megtelepedéséhez nem csupán nagyobb mennyiségű forrásra van szükség, hanem újabb szerkezeti elemekre, kihasználható forrás-féleségekre, és ezek száma a nagy faegyedek mennyiségével mérsékeltebben nő, mint az elérhető források mennyisége.

A fajszám modellhez hasonlóan a gyepszint borításának a súlya az abundancia modell esetében is jóval kisebb, mint a nagy fák mennyisége. Azonban e változó jelentősége az abundancia esetében nagyobb, mint a fajszámnál (a varianciának a fajszám esetében 6, az abundancia esetében 13 %-át magyarázza). Abból, hogy ez a paraméter ebben az esetben még fontosabb tényezőnek bizonyult, arra következtetünk, hogy komolyan növeli az elérhető források mennyiségét, és – az előzőekhez hasonló módon feltételezzük, hogy összefüggésben lehet az állományok természetességével. Ezt az állítást arra a tényre alapozzuk, hogy a nagyüzemi erdőgazdálkodás célja a minél tökéletesebb záródású, és sok egyéb szempontból is minél homogénebb állományok létrehozása. Az ilyen állományok gyepszintje, elsősorban a fény hiánya miatt, igen szegényes, ellentétben a természetközeli, nem tökéletes záródású, lékeket is tartalmazó, heterogén lombkoronaszintű állományok gyepszintjével (Az itt felsoroltak mind rendkívül komplex, nehezen mérhető tulajdonságok!).

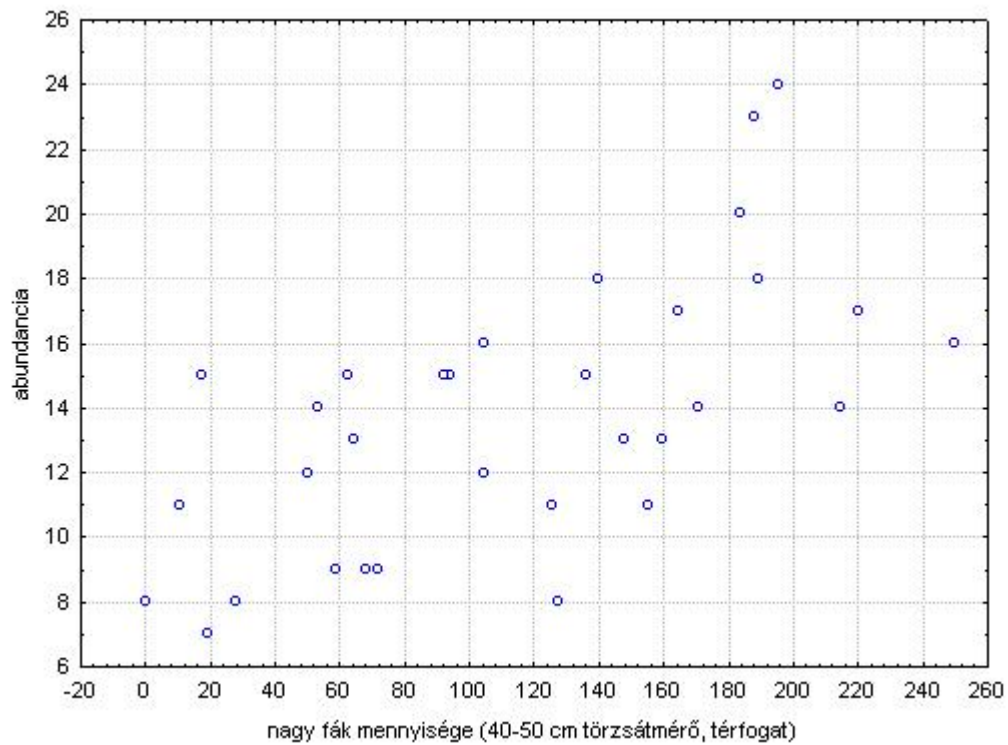
A harmadik változó, mely szintén pozitívan befolyásolta a madárközösség egyedszámát, egy holtfa-változó volt (*11. ábra*), a közepesen korhadt holtfa mennyisége. A 3. fázisú holtfa az első olyan fázis, ahol a korhadás folyamata már komolyan érzékelhető, így feltételezhető, hogy ez a típus már sokkal több és jobban elérhető rovartáplálékot nyújt a holtfán is táplálkozó madarak számára (pl. harkályfajok). Valószínűleg az ennél későbbi korhadási fázisú holtfa is pozitív kapcsolatban áll a madárközösséggel, csak ezek nem fordulnak elő olyan nagy mennyiségben, hogy jól kimutathassuk hatásukat (*12. ábra*).

Érdekes, hogy a fajszám-modell esetében fontosnak bizonyult lucfenyő-elegyarány a madarak tömegessége szempontjából egyáltalán nem tűnik lényeges változónak. Ez arra utal, hogy a lucfenyő valószínűleg nem nyújt gazdagabb táplálkozó-területet, mint a többi lombos fafaj, ezért a madarak egyedszámát nem növeli, csupán speciális életteret nyújt számos fajnak, ezáltal növelve a terület fajszámát. Az erdeifenyő, bár hatása itt sem volt elég erős ahhoz, hogy a modellbe bekerüljön, ez esetben is negatívan befolyásolta a vizsgált biológiai változót.

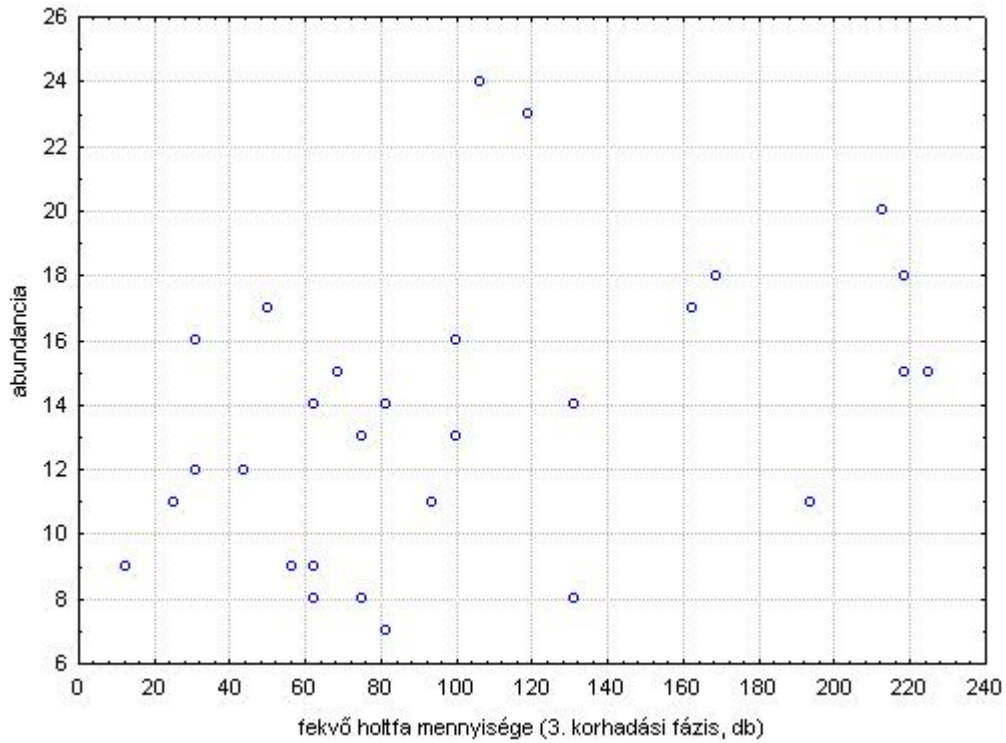
A modell által nyújtott predikció (*13. ábra*) szemmel láthatóan jobb, mint a fajszám modell esetében, ez a nagyobb lefedés miatt érthető is.



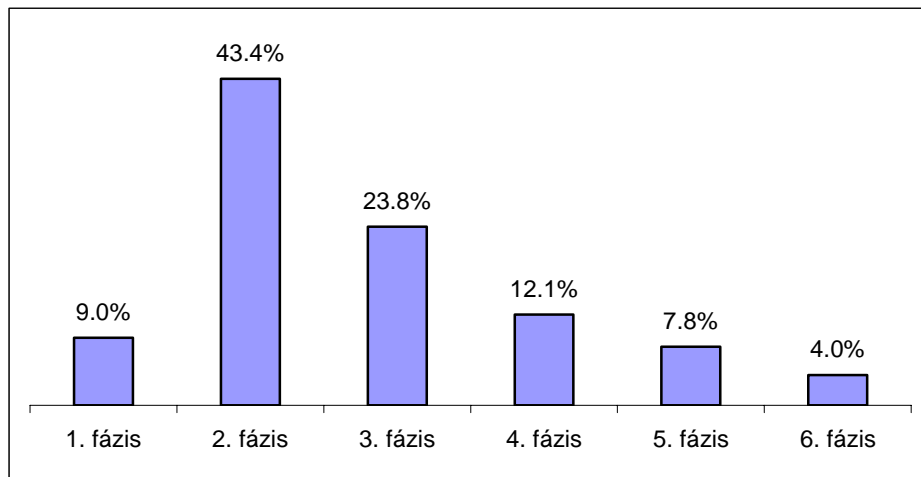
9. ábra: Madárközösség fajszámának kapcsolata a madárközösség egyedszámával mért adataink alapján



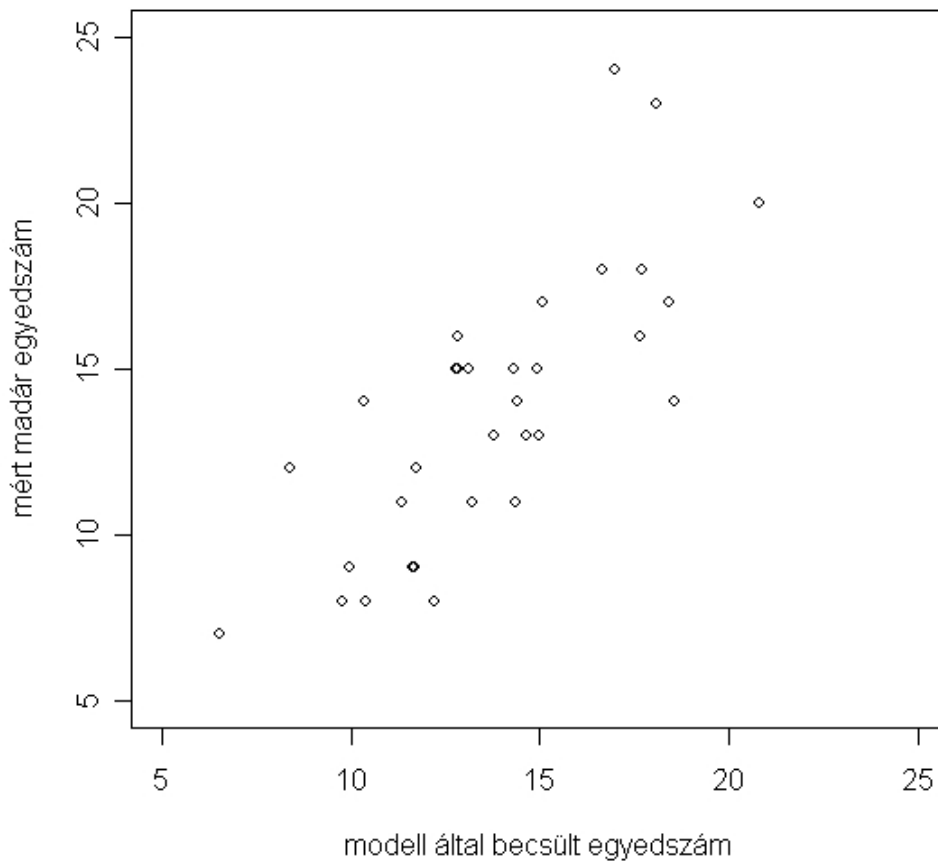
10. ábra: Egyedszám kapcsolata a nagy fák térfogatával (m^3/ha) mért adataink alapján



11. ábra: Egyedszám kapcsolata a fekvő holtfa mennyiségével (db/ha) mért adataink alapján



12. ábra: Holtfa darabszámának százalékos megoszlása a hat holtfa korhadási fázis szerint, mintaterületeink összesített adatai alapján. Az első két fázis igen tömeges, de a legtöbb holtfán táplálkozó madárfaj számára még kevés hozzáférhető rovartáplálékot nyújt. A 4.-6. fázisú holtfák rovartáplálékban már igen gazdagok, de viszonylag kis mennyiségben vannak jelen.



13. ábra: Egyedszám modell predikciója: mért egyedszámok a modell által becsült értékek függvényében ábrázolva

Abundancia modell táji elemekkel módosított változata

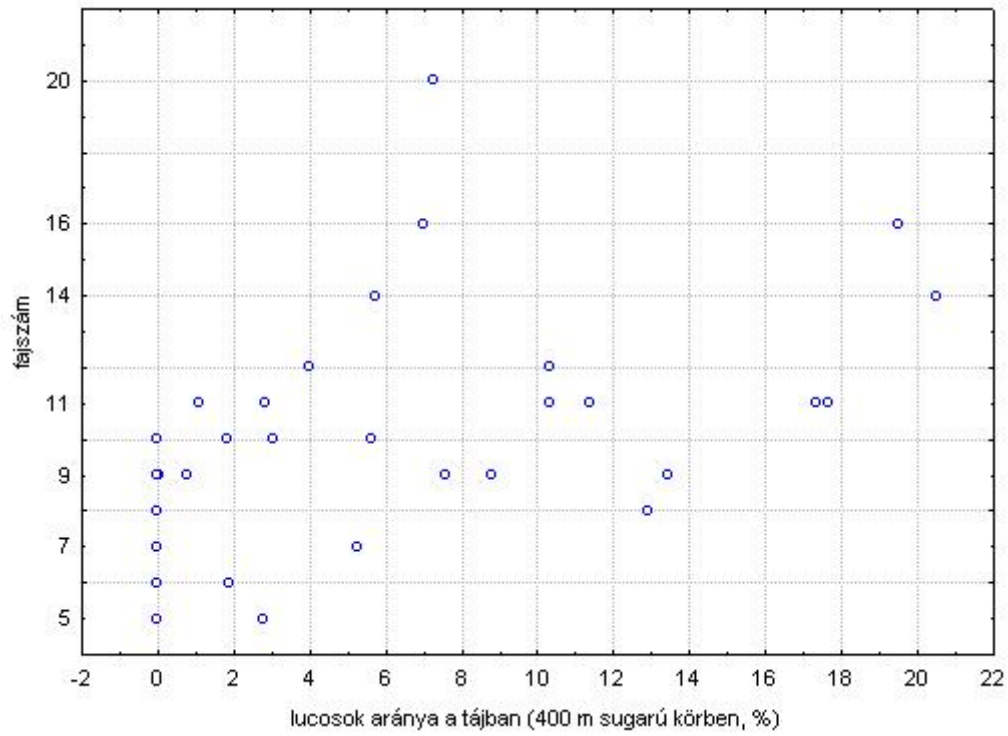
A madárközösség tömegességi viszonyait leíró modell esetében a táji léptékű változók szignifikánsan javítottak modellünkön (5. táblázat), annak lefedése kb. 13 %-al nőtt. A madárközösség tömegességi viszonyait leíró modellben szereplő három változó továbbra is a modellben maradt, bár súlyuk egy kicsit csökkent, a modellbe kerülő táji léptékű változó a lucosok aránya a tájban, mely pozitívan befolyásolta a madárközösség egyedszámát.

Táji változókkal módosított abundancia modellbe bekerült változók	Irány	Var	Szignifikancia
Nagy fák mennyisége (40-50 cm DBH, térfogat)	+	16,9%	p<0,001
Lucosok aránya a tájban (>55 %, 20 évnél idősebb, r=400 m)	+	13,3%	p<0,01
Gyepszint borítás (ln transzformáció)	+	10,9%	p<0,01
Fekvő holtfa (3. korhadási fázis, db)	+	5,9%	p<0,05

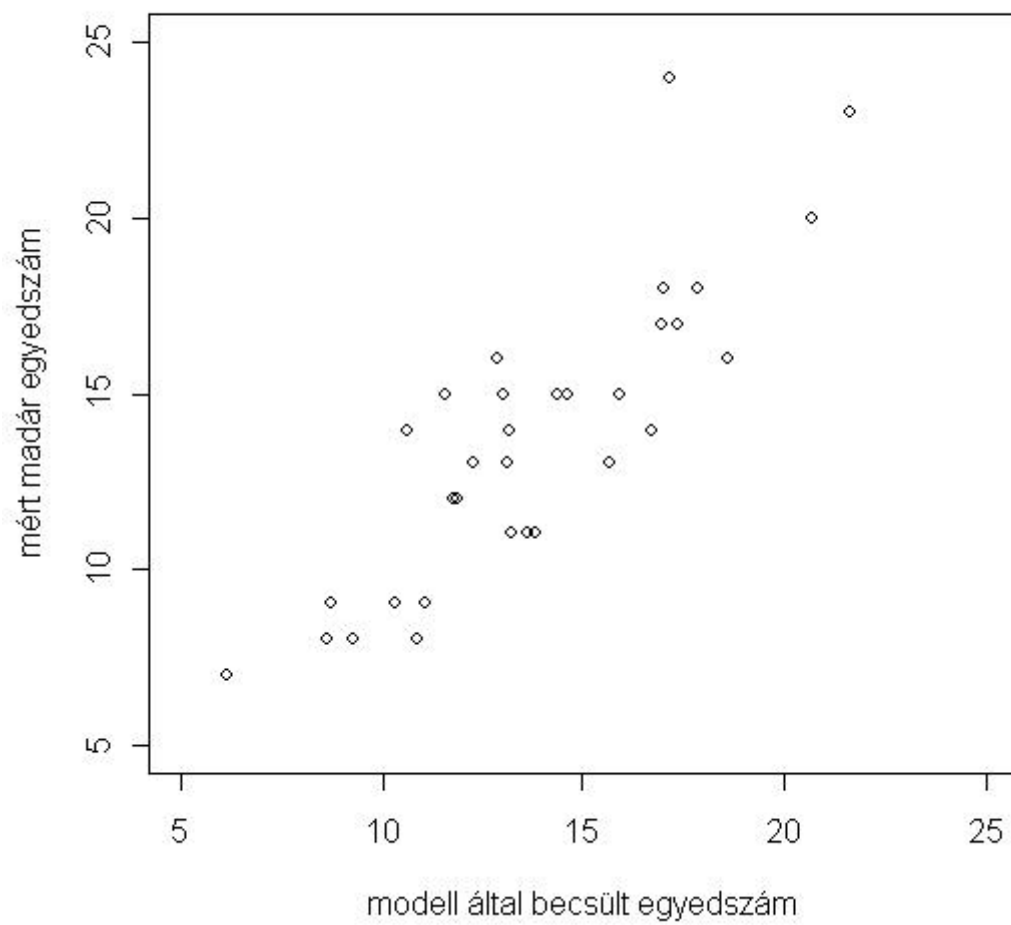
5. táblázat: Az abundancia esetében kapott regressziós modell táji léptékű változókkal módosított változata, illetve az ebben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányban befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából (Var), és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a madárközösség egyedszáma, eloszlása normális, a modell készítése során nem transzformáltuk. Az egyes változók tesztelése F-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 73,1 %-át fedi le.

A talált összefüggés értelmezése nem könnyű feladat, mivel kissé ellentmondani látszik előbbi eredményeinknek, miszerint a luc-egyedek, bár növelik a madárközösség fajszámát, nem hatnak pozitívan annak egyedszámára. Táji léptékben talán azért találunk pozitív összefüggést mégis (ez látható a 14. ábrán), mert a lucosok jelenléte igen megnöveli a táj változatosságát, a lomberdeinktől leginkább elütő erdőtípust képviselve, és a diverzitás növekedése számos esetben hat kedvezően, mivel többféle alternatív táplálkozóterületet biztosít. A lucfenyő pozitív hatása a madárközösségre elemzéseink alapján egyértelmű, még számos esetben elő fog kerülni a későbbiekben is. Megjegyeznénk, hogy ellenőriztük a lucosok aránya és a mintapontok földrajzi szélessége közötti összefüggést, de a két változó közötti korreláció éppen nulla, így a kapcsolat oka nem a lucosok egyenetlen eloszlása a vizsgálati területen. (Ami elképzelhető lett volna, hiszen az Őrség és Vend-vidék mind éghajlatát, mind erdeit tekintve jellegzetesen különbözik egymástól, de mivel a lucosok előfordulását teljes egészében az ember határozza meg, ebben az esetben nem erről van szó.)

A modell által becsült és a terepen talált madár-egyedszámok közötti összefüggés (15. ábra) érthető módon nem tér el jelentősen az eredeti modellétől, csupán kicsit szebb a nagyobb lefedett variancia miatt.



14. ábra: Egyedszám kapcsolata a lucosok arányával a tájban (terület %-ában) mért adataink alapján. Lucosnak az olyan, 20 évesnél idősebb állományokat tekintettük, ahol a luc aránya >55 %.



15. ábra: Tíj léptékű változóval módosított egyedszám modell predikciója: mért egyedszámok a modell által becsült értékek függvényében ábrázolva

5.2.3. Harkály abundancia

A harkályok (Piciformes) rendjébe tartozó madárfajok több szempontból is összetartozó, életmódjukat tekintve sok közös jellemvonással bíró csoportot alkotnak. A rendszertani rokonságon túl összeköti fajaikat, hogy igen erős csőrük, és speciálisan módosult koponyájuk révén képesek az élő és holt, a korhadás különböző stádiumaiban lévő fákat megbontani, kérgüket lefejtetni, a törzsbe lyukakat illetve odút vájni (*Székesi 1973*). Ez a tulajdonságuk, és hosszú nyelvük lehetővé teszi, hogy kiaknázzanak egy olyan táplálékforrást, amelyhez a madarak, sőt a gerincesek nagy része nem fér hozzá: a fatörzsben és ágakban, illetve a fakéreg alatt található ízeltlábúakat. A hazánkban élő fajok ezen belül különböző módon specializálódtak: A küllők táplálékában jelentős szerepet játszanak a hangyák, melyekhez hosszú nyelvük segítségével a földön táplálkozva jutnak hozzá. A nyaktekercs, bár harkályféle, másodlagosan részben elvesztette e képességeit. Mivel más életmódra tért át, csőre is gyengébb, és elsősorban nem is zárt erdők madara (*Fuller 1995, Székesi 1973*). A többi, hazánkban előforduló faj viszont az előbb leírt, harkályokra jellemző módon szerzi táplálékát, bár preferenciáik jellegzetesen különböznek, az egyes fajok különböző magasságokban található törzseken, illetve ágakon táplálkoznak, különbözőek a táplálkozásra használt fák fajára iránti igényeik, és különböző arányban választanak élő, illetve álló és fekvő holtfa egyedeket táplálkozás céljából (*Bobiec et al. 2005*). Az egyes fajok táplálkozásában megfigyelhető különbségeket jól mutatják a fajok testméretében és csőrük erősségében található különbségek is. A másik fontos, harkályokra jellemző tulajdonság, hogy erős csőrüknek köszönhetően képesek költés céljára odút vájni maguknak. Ez - a nyaktekercs kivételével - az összes hazai fajra igaz, ellenben rajtuk kívül erre egyetlen nálunk honos madár képes: a kormosfejű cinege maga vájta odúban költ, bár azt csak korhadó puhafában tudja elkészíteni (*Székesi 1973*). A harkályok ezért igen központi szerepet töltenek az erdők madárközösségeiben, mivel elhagyott odúik számos odúlakó madárfaj igen fontos, bár nem egyedüli költőhelyei (*Csóka 2000*). Ezért, és az előbb leírt, hasonló életmódjuk folytán funkcionális fajcsoportnak tekintjük őket, és úgy gondoljuk, hogy a csoportot közösen jellemző változók (fajsza, tömegesség) fontos biológiai tartalommal bírnak. Az alábbiakban a harkályok tömegességi viszonyainak háttérváltozó-függését elemezzük.

A kapott modell (6. táblázat) öt változó függvényében ad becslést a harkályok mennyiségére. Eredményeink szerint állományainkban ott nagyobb a megfigyelt harkályok egyedszáma, ahol az állomány viszonylag nyílt, fainak átlagos magassága minél nagyobb,

kevésé fejlett a – közepes törzsátmérőjű fákból, elsősorban gyertyánból álló - második lombkoronaszint és az újulati szint, illetve nagy az álló holtfa mennyisége. A modellben szereplő első négy változó körülbelül ugyanolyan súllyal esik latba, míg az ötödik ezeknél jóval kevésbé fontos. A modell a harkály egyedszám varianciájának 52,3 %-át magyarázza.

Harkály abundancia modellbe bekerült változók	Irány	Var	Szignifikancia
Nyíltság (denziométerrel mérve)	+	11,5%	p<0,05
Kis-közepes fák mennyisége (<30 cm törzsátmérő, térfogat)	-	11,3%	p<0,05
Álló holtfa mennyisége (bükk-gyertyán, térfogat)	+	9,8%	p<0,05
Átlagos fa mérete (magasság)	+	9,5%	p<0,05
Átlagos fa mérete (térfogat)	-	5,9%	p<0,1

6. táblázat: A harkály abundancia esetében kapott regressziós modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányban befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából (Var), és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a harkályok egyedszáma, eloszlása normális, a modell készítése során nem transzformáltuk. Az egyes változók tesztelése F-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 52,3 %-át fedi le.

Pozitív összefüggést találtunk állományaink nyíltsága és a harkályok mennyisége között. Mivel az összes, hazánkban élő harkályfaj erősen kötődik a fás élőhelyekhez, és ezen belül számos faj kifejezetten zárt erdőkhöz, ezért nem erre az eredményre számítottunk. Állományaink azonban mind többé-kevésbé zárt erdők, így eredményünk szerint ezeken belül a nyíltabb állományok kedvezőbbek a harkályok szempontjából. Valószínűleg azzal magyarázható a kapott összefüggés, hogy állományaink között az intenzív, nagyüzemi erdőgazdálkodással kezelt, kevésbé természetes erdők záródása általában nagyobb (ahogyan erről a fajszám illetve az abundancia esetében is volt szó). Ezek több szempontból is kedvezőtlenebbek a harkályok számára: általában a természetközelibb módszerekkel művelt erdőknél jóval kisebb bennük az álló és fekvő holtfa mennyisége, hiányoznak a nagyméretű, idős faegyedek, és mind faj, mind korösszetételük homogénebb, így a harkályok jóval kevesebb táplálkozásra, odúkészítésre alkalmas szubsztrátot találnak az ilyen állományokban. Azokban az erdőtípusokban, ahol a faegyed alapú (finom térbeli léptékű) bolygatások lennének a természetesek (hazai erdőtípusaink nagy része ilyenek számít, pl. bükkösök), a természetközeli állományok többnyire nyíltabbak a gazdasági erdőknél, ahol homogén és minél teljesebb záródás kialakítása a cél (*Standovár and Kenderes 2003*).

A másik lehetséges magyarázat már a következő, modellben szereplő változóhoz kapcsolódik: lehet, hogy a harkályok kevésbé kedvelik az olyan állományokat, ahol jól fejlett második lombkoronaszint található. (Az ilyen állományok záródása általában nagy!) Ez

biztos, hogy részben igaz, mivel a kicsi és közepes fák mennyisége is lényeges, negatívan ható változónak bizonyult (16. ábra), de ennek a jelenségnek az okáról sajnos nem sokat tudunk.

Az álló holtfa a harkályok szempontjából egyrészt mint táplálkozóhely, de ezen kívül mint fontos odú-készítő szubsztrát is fontos (Sandström 1992). Sajnos a mai erdőgazdálkodási módszerek (különösen a nagyüzemi vágásos erdőgazdálkodás) olyan jelentős mértékben csökkentették az álló holtfák mennyiségét, hogy az állományainkon belül kijelölt, és felmért 40*40 m-es területekre átlagosan igen kevés álló holtfa-egyed jut (kb. 6 db, ez hektáronként átlagosan nagyjából 38 faegyednek felel meg, ami a természetes erdőkben található mennyiség töredéke). Ezért az erre vonatkozó változóink esetében az elemzést megnehezítik a kicsi mintaszámból eredő nagy sztochasztikus ingadozások. Figyelemre méltó, hogy az álló holtfa még ilyen körülmények között is ható változónak bizonyult.

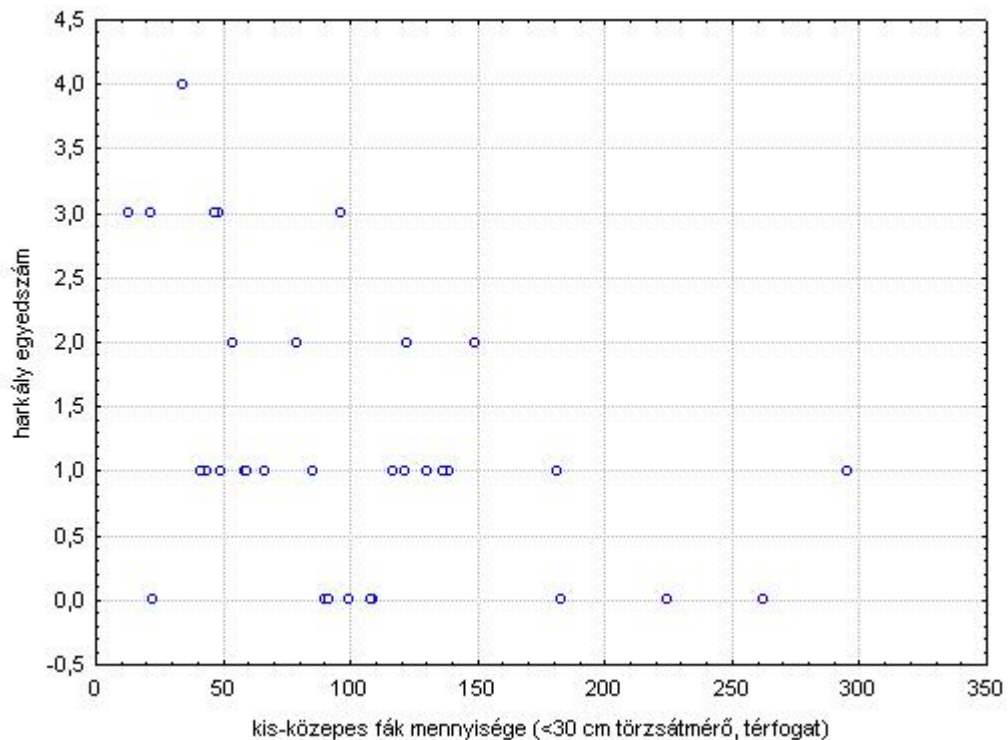
A következő, fontosnak bizonyuló változó az átlagos faegyedek mérete volt, a harkályok egyedszáma pozitív összefüggést mutatott az átlagos faegyedek átmérőjével, körlapjával, becsült térfogatával és magasságával egyaránt, mivel a legerősebb kapcsolatot a magassággal találtuk, ezt építettük a modellbe (A változó és a harkály egyedszám közötti kapcsolatot lásd a 17. ábrán). A változó egyrészt az állományokat alkotó fő lombkoronaszintben található fák korával és méretével, másrészt az alsóbb szintek, kis fák mennyiségének csökkenésével is nő, az előzőekben már láttuk, hogy a nagy fák mennyisége pozitívan, a kis fák mennyisége pedig negatívan befolyásolja a harkályok előfordulását. Azt, hogy a nagy fák mennyisége milyen módon növeli az elérhető táplálék mennyiségét, itt is az előző modellekben leírtakhoz hasonlóan magyarázzuk: az idősebb fán egységnyi területre nagyobb mennyiségű faanyag, ág, törzs, kéreg, holtfa, és egyéb mikroélőhely jut, ami gazdagabb ízeltlábú-közösséget tart el. Ezt a hatást erősíti, hogy egy idősebb fán a gerinctelenek megtelepedésére jóval több idő állt rendelkezésre, illetve a harkályok esetében az is fontos szempont, hogy a több nagyobb faegyed több potenciális odú-készítő helyet (megfelelő vastag törzset megfelelő magasságban, holt vagy halódó farészeket) nyújt.

Annak ellenére, hogy az előbb tárgyalt változóhoz hasonlóan az átlagos fa térfogata is erős, pozitív kapcsolatot mutatott a harkályok mennyiségével (lásd 18. ábra), az átlagos fa magasságának modellbe építésével ez a változó még mindig szignifikánsan hozzájárult a modellhez (a variancia kb. 6 %-át magyarázva), de már nem pozitívan, hanem negatívan hatott a vizsgált biológiai változóra. Ennek a jelenségnek valószínűleg az a magyarázata, hogy az átlagos faegyed magassága meredekebben, míg az átlagos faegyed térfogata kicsit kisebb meredekséggel hat a harkályok egyedszámára, mint az a (lehet, hogy igen komplex) tényező,

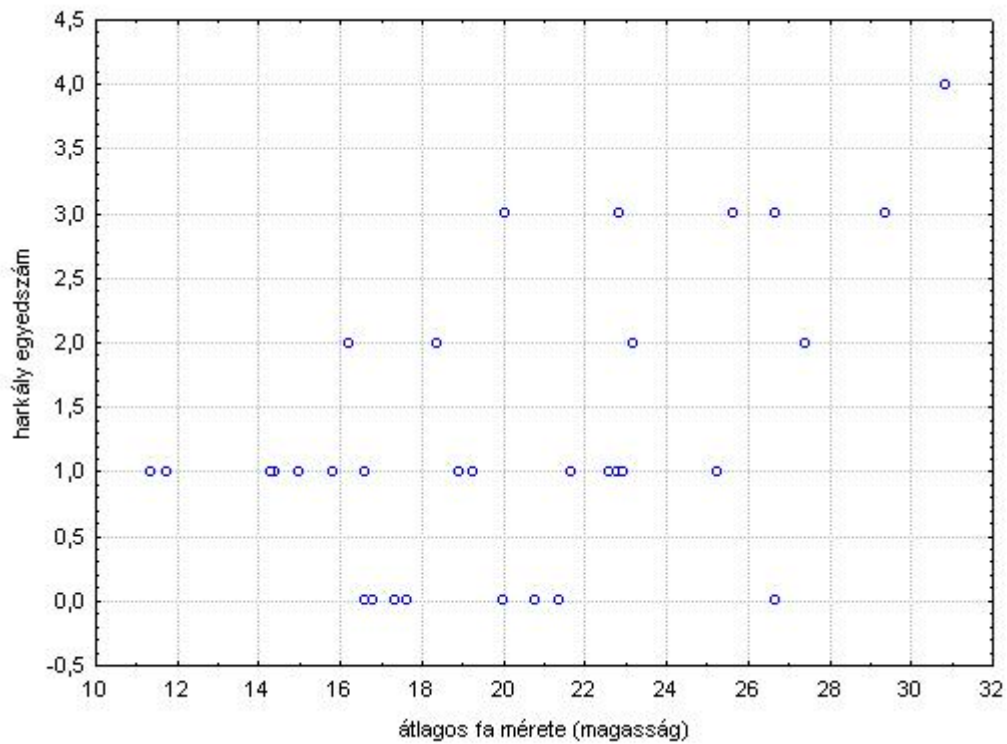
amelyre a harkályok valóban reagálnak (pl. esetleg a törzs felülete), így az átlagos fa méretének modellbe való beépítésével a most tárgyalt változó már negatívan hathat. Másképpen megfogalmazva a harkályok és a nagy fák közötti kapcsolatot tökéletesebben tudtuk kifejezni két változó lineáris kombinációjával, mint akármelyikkel külön-külön.

Kiemelnénk, hogy a modell által lefedett variancia körülbelül feléért olyan változók felelősek, amelyek a faállomány méreteloszlását jellemzik. Ennek részben oka lehet az is, hogy a harkályok szempontjából fontos változók közül (pl. holtfa, puhafák mennyisége, nagyméretű fák) ez az, amelyet jól tudunk mérni, de egyértelműen látszik, hogy ez a tényező a harkályok számára valóban igen fontos.

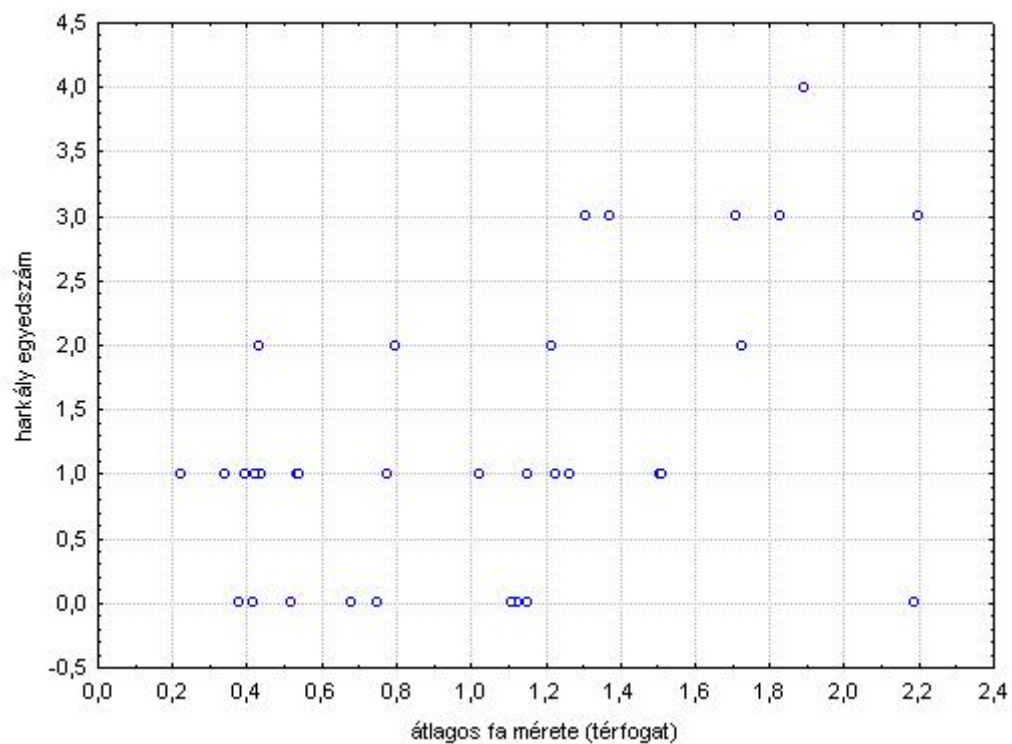
A modell által jósolt és a terepen mért harkály egyedszámok összefüggését ábrázolja a 19. ábra.



16. ábra: Harkály egyedszám kapcsolata a kis-közepes fák térfogatával (m^3/ha) mért adataink alapján.



17. ábra: Harkály egyedszám kapcsolata az átlagos fa magasságával (m) mért adataink alapján.



18. ábra: Harkály egyedszám kapcsolata az átlagos fa térfogatával (m³) mért adataink alapján.

5.2.4. Fekete harkály (*Dryocopus martius*)

A terepi adatok felvétele során a Magyarországon költő nyolc harkályfajból hattal találkoztunk (kivétel: fehérhátú harkály és balkáni tarkaharkály), és ezek közül öt faj az elemzésekben is szerepel (kivétel: közép tarkaharkály), de csak két faj bizonyult olyan gyakorinak (minimum 10 előfordulás/33 terület), hogy modell-építéssel próbálkozhassunk: a nagy tarkaharkály és a fekete harkály. Mindkét faj esetében azt tapasztaltuk, hogy a kapott modellek által lefedett varianciák elmaradnak a kistestű énekeseknél tapasztalt 40-70 %-os értékektől. Ennek oka valószínűleg abban keresendő, hogy nagyobb testű, nagyobb mozgáskörzetű fajok lévén, jelenlétüket nem magyarázhatja olyan jól az általunk vizsgált 40*40 m-es terület, és erőteljesebben befolyásolhatnak az általunk eddig nem vizsgált szomszédos erdőrészek is. Ennek ellenére, a jelenség bemutatása céljából, és mert természetvédelmi szempontból fontos fajról van szó, röviden tárgyaljuk a fekete harkály esetében kapott modellt.

A modell (7. táblázat) két változó függvényében becsli a faj előfordulási valószínűségét. Fontosnak bizonyult az erősen korhadt fekvő holtfa mennyisége és az átlagos faegyedek mérete, mindkét változó pozitívan befolyásolja a faj előfordulási valószínűségét. A modell a variancia 31,2 %-át magyarázza.

Fekete harkály modellbe bekerült változók	Irány	Var	Szignifikancia
Fekvő holtfa (5. korhadási fázis, db)	+	19,7%	p<0,01
Átlagos fa mérete (magasság)	+	13,0%	p<0,05

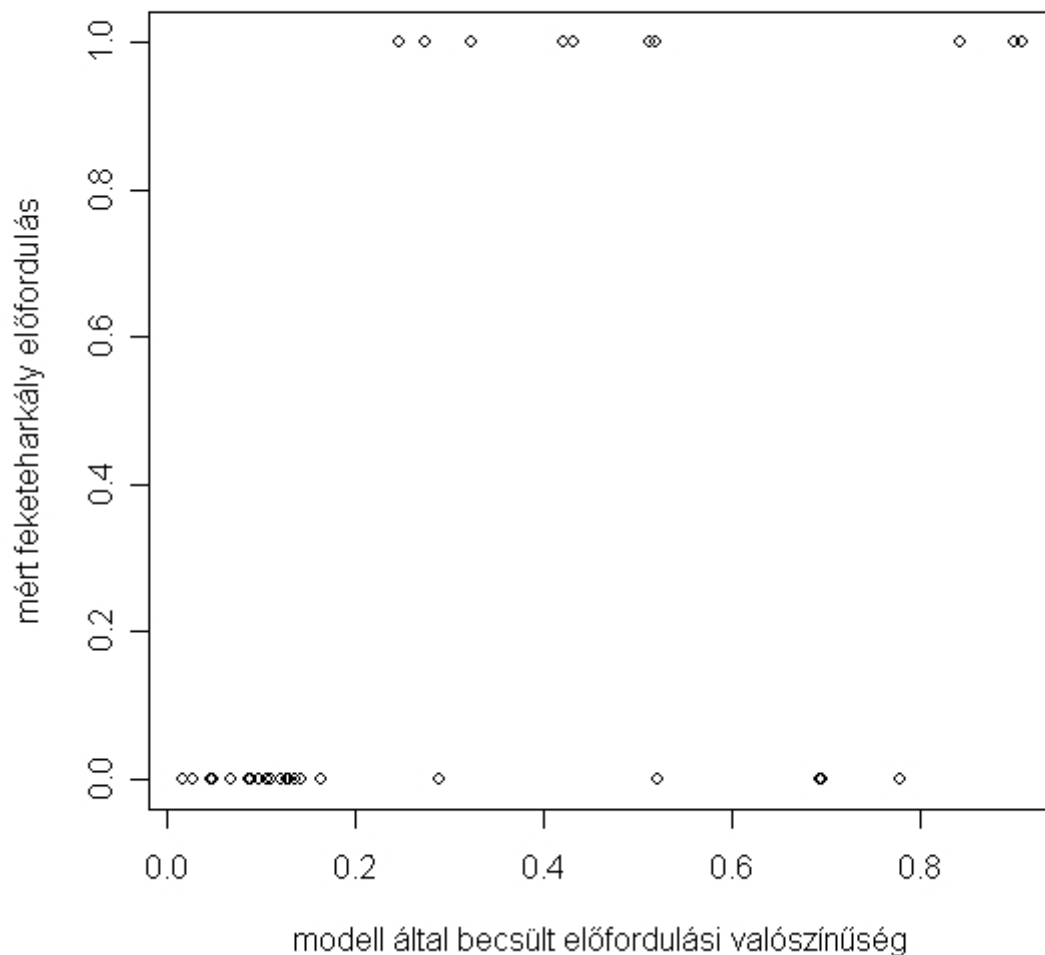
7. táblázat: A fekete harkály esetében kapott regressziós modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányban befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából (Var), és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a fekete harkály előfordulása, a függő változó eloszlása binomiális, a modell készítése során logit transzformációt alkalmaztunk. Az egyes változók tesztelése Chi²-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 31,2 %-át fedi le.

A holtfa a harkályfélék számára igen fontos táplálkozóhely, ennek ellenére a fekete harkály elsősorban álló (élő és holt) faegyedeken táplálkozik (Szőkessi 1973). A kapott összefüggést talán az magyarázza, hogy a fekvő holtfa általában az olyan állományokban gyakori, ahol viszonylag sok az álló holtfa, illetve az élő fán megtalálható elhalt rész.

A másik fontosnak bizonyult változóról, az átlagos faegyed méretének fontosságáról, a lehetséges okokról az előbbieken már volt szó, a fekete harkály esetében a nagy faegyedek

még inkább fontosak lehetnek, mivel igen nagy méretű odúját csak kellően nagy faegyedekben tudja elkészíteni (Fuller 1995). Johnson (1993) szintén foglalkozott a nagytestű harkályok ökológiai igényeinek elemzésével, és a fekete harkály esetében ő is azt az eredményt kapta, hogy a nagyméretű faegyedek nélkülözhetetlenek a faj számára.

A modell predikciós képessége (20. ábra), annak kicsi lefedéséből következően, korlátozott: modellünk érdekes módon elég jó becslést ad azokon a területeken, ahol a faj nincs jelen (kicsi előfordulási valószínűségeket jelezve), de nem becsül magas előfordulási valószínűségeket ott, ahol a faj jelen van.



20. ábra: Fekete harkály modell predikciója: mért fekete harkály előfordulások a modell által becsült előfordulási valószínűségek függvényében

5.2.5. Másodlagos odúlakó abundancia

A kistestű másodlagos odúlakók fajcsoportként való kezelését több jellegzetes, közös életmódbeli sajátosságuk teszi indokolttá. Először is az, hogy odúban költenek, de csőrük nem elég erős ahhoz, hogy ezt maguk készítsék, így rá vannak utalva az erdőben természetes módon jelenlévő, vagy elsődleges odúlakó fajok (Magyarországon harkályok) által készített odúkra, mint költőhelyre. Másrészt csupa kistestű, rovaréví fajról van szó, de ebben a tekintetben nem állnak egyedül: a hazai erdőkben költő madárfajok többségére igaz mindkét állítás. Azt feltételeztük, hogy amennyiben vizsgálati területünkön a rendelkezésre álló odúk száma korlátozza e csoport előfordulását, akkor közösen vizsgálva az ide tartozó fajokat, erős kapcsolatokat fogunk találni (pl. a madárközösség egyedszámát leíró modellhez képest jobb lefedésű modellt kapunk majd). Másképpen fogalmazva amennyiben e fajok előfordulását a közös tulajdonság korlátozza, fajcsoportként viselkedve jól elemezhetőek lesznek, míg ha a közös tulajdonság nem korlátozza őket, akkor az egyes fajok elterjedését más-más faktorok szabályozzák, így nem mutatnak majd jelentősebb közös preferenciákat. Vizsgálati területünkön a következő másodlagos odúlakó madárfajok fordultak elő: örvös légykapó, szürke légykapó, széncinege, kék cinege, barátcinege, fenyvescinege, búbos cinege, csuszka, hegyi fakusz, rövidkarmú fakusz, seregély. (A seregély idesorolása kicsit kérdéses, mivel a többi fajnál kicsit nagyobb testű, így nagyobb odút is igényel, de mivel – nem zárterdei faj lévén – viszonylag kevés adata van mintaterületeinkről, nem sokat változtat az eredményen.)

A kapott modell (8. táblázat) két változó függvényében nyújt predikciót a másodlagos odúlakók egyedszámára. A másodlagos odúlakók mennyisége igen erős, pozitív kapcsolatot mutat a nagy fák mennyiségével, és kevésbé erős, de szintén pozitív kapcsolatot az álló holtfa arányával. A modell a vizsgált madárközösség-változó varianciájának 59,4 %-át fedi le.

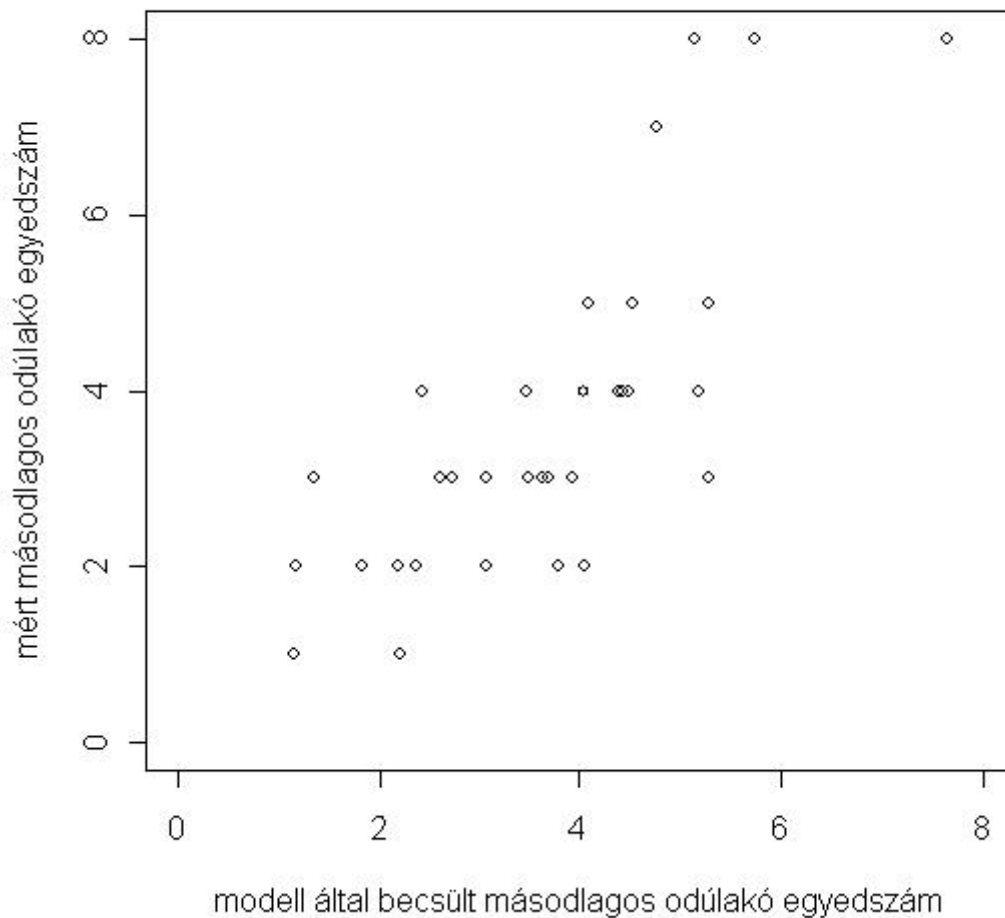
Másodlagos odúlakó modellbe bekerült változók	Irány	Var	Szignifikancia
Nagy fák mennyisége (40-50 cm DBH, db)	+	44,0%	p<0,00001
Álló holtfa élő fákhöz viszonyított relatív mennyisége (db)	+	13,4%	p<0,01

8. táblázat: A másodlagos odúlakók esetében kapott regressziós modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányban befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából (Var), és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a kistestű másodlagos odúlakók abundanciája, a függő változó eloszlása normális, a modell készítése során nem transzformáltuk. Az egyes változók tesztelése F-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 59,4 %-át fedi le.

A másodlagos odúlakók egyedszáma tehát legnagyobb mértékben a nagy fák mennyiségétől függ. Az összefüggés mögött két fő okot feltételezünk: egyrészt, ahogyan arról már több esetben szóltunk, az idősebb állományok idősebb faegyedei több és többféle rovar táplálékot nyújtanak. A másik feltételezett ok a rendelkezésre álló odúk mennyisége. A természetes odúk illetve hasadékok előfordulása éppúgy, mint a harkályok által vájt odúk mennyisége szorosan összefügg az erdő fájának méretével. Egyrészt adott méretű odú készítése csak egy bizonyos törzsátmérő felett lehetséges. Ha figyelembe vesszük, hogy a harkályok odúikat több méter magasságban vájják, az alkalmas odú-készítő helyek száma sokkal magasabb a nagyobb fákat tartalmazó erdőkben. Másrészt minél idősebb egy állomány, annál gyakoribbak benne a letörött faágak helyén keletkezett vagy másféle természetes odúk, illetve a szintén potenciális odú-készítő helyet jelentő elhalt farészek. Érdeemes megfigyelni, hogy hogyan alakul ennek az igen fontos változónak a súlya az egyes modellek esetében: a fajszám esetében 15, abundancia esetében 20, harkályok esetében összesen kb. 25, míg a másodlagos odúlakók esetében a variancia 44 %-át magyarázza ez az egy változó. Ezek alapján a számok alapján úgy tűnik, hogy a másodlagos odúlakók esetében ennek a változónak fontosabb szerepe van, mint a madarak többsége esetében. Ennek valószínűleg az az oka, hogy vizsgálati területünkön a fák mérete, mint az elérhető odúk számával erősen összefüggő változó, korlátozza a másodlagos odúlakók mennyiségét.

Ezt támasztja alá, hogy a modellben szereplő másik változó az álló holtfa mennyisége. Valószínűleg az álló holtfa is elsősorban mint az odúk szubsztrátja jelentős e fajcsoport számára. Az erős csőrű harkályok számára ez fontos táplálkozóhely is egyben, de a zömmel a lombkoronában táplálkozó kistestű rovarévőfajok számára az álló holtfa, mint táplálkozási hely, nem jelentős.

A modell által becsült és a valós odúlakó egyedszámok összefüggését a 21. ábrán láthatjuk.



21. ábra: Másodlagos odúlakó modell predikciója: mért másodlagos odúlakó egyedszámok a modell által becsült értékek függvényében

Másodlagos odúlakó modell táji elemekkel módosított változata

A másodlagos odúlakók esetében a táji léptékű változók szignifikánsan javították modellünket (9. táblázat). A táji változók beépítése után sem változott a két eredetileg modellben szereplő változó, és továbbra is ez a kettő bizonyult a leginkább fontosnak, bár az egyedül általuk lefedett variancia egy kicsit csökkent. A másodlagos odúlakók esetében a táj két tulajdonsága bizonyult fontosnak: egyedszámukat az idős lomberdők aránya a tájban növelte, míg az idős tűlevelű erdők aránya a tájban csökkentette. A táji változók bevonásával a modell lefedése kb. 6 %-al javult.

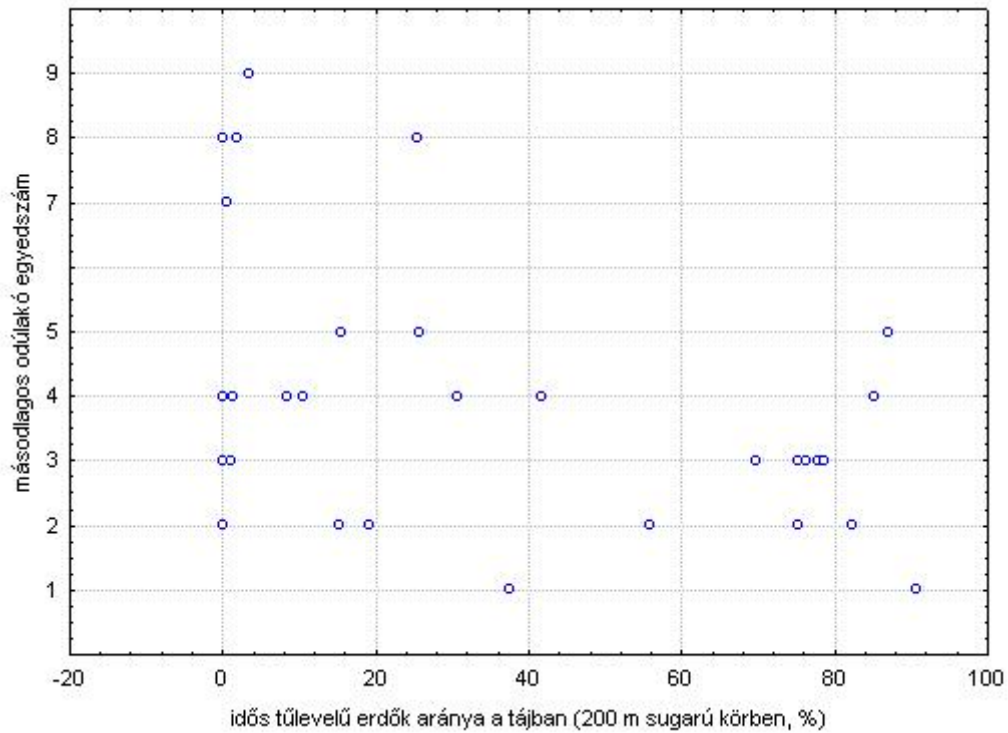
Táji változókkal módosított másodlagos odúlakó modellbe bekerült változók	Irány	Var	Szignifikancia
Nagy fák mennyisége (40-50 cm DBH, db)	+	32,7%	p<0,0001
Álló holtfa élő fákhöz viszonyított relatív mennyisége (db)	+	18,7%	p<0,001
Idős túlevelű erdők aránya a tájban (>50%, 20 évnél idősebb, r=200 m)	-	7,0%	p<0,05
Idős lombos erdők aránya a tájban (>50%, 20 évnél idősebb, r=200 m)	+	6,7%	p<0,05

9. táblázat: A másodlagos odúlakók esetében kapott regressziós modell táji léptékű változók bevonásával módosított változata, illetve az ebben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányban befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából (Var), és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a kistestű másodlagos odúlakók abundanciája, eloszlása normális, a modell készítése során nem transzformáltuk. Az egyes változók tesztelése F-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 66,5 %-át fedi le.

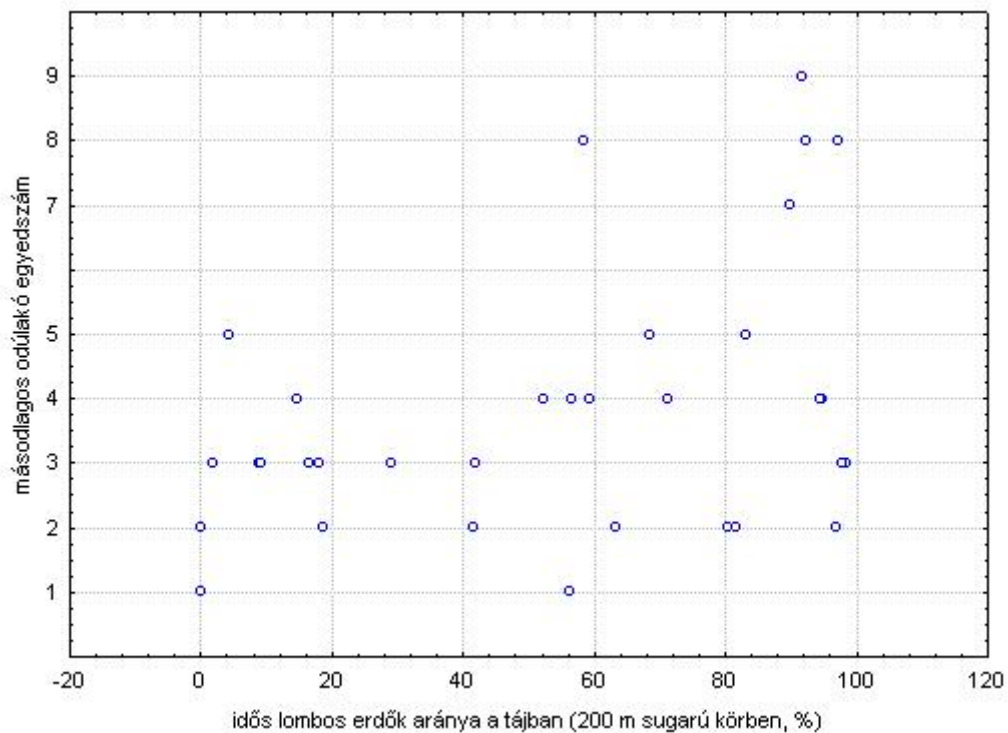
A vizsgált biológiai változó negatív összefüggést mutat az idős túlevelű állományok arányával viszonylag kis térléptékben. Valószínűsítjük, hogy a túlevelűek iránti negatív preferencia (22. ábra) itt elsősorban az erdeifenyő miatt lehet, mivel az idős túlevelű állományok zöme erdeifenyves a területen (erdeifenyvesek aránya 27 %, lucosok aránya 7 %). Ahogyan erről már volt szó, faállomány-alapú elemzéseink során sok helyen talákoztunk a jelenséggel, miszerint a lucfenyő jelenléte számos madárfaj szempontjából fontos, addig az erdeifenyő, amennyiben van hatása a madárközösségre, az mindig negatív.

A fajcsoport esetében talált, idős lomberdők iránti pozitív preferencia (23. ábra) alapján úgy tűnik, hogy a faállomány-adatok alapján talált legfontosabb hatás – az állományok kora – még táji léptékben is fontos tényező.

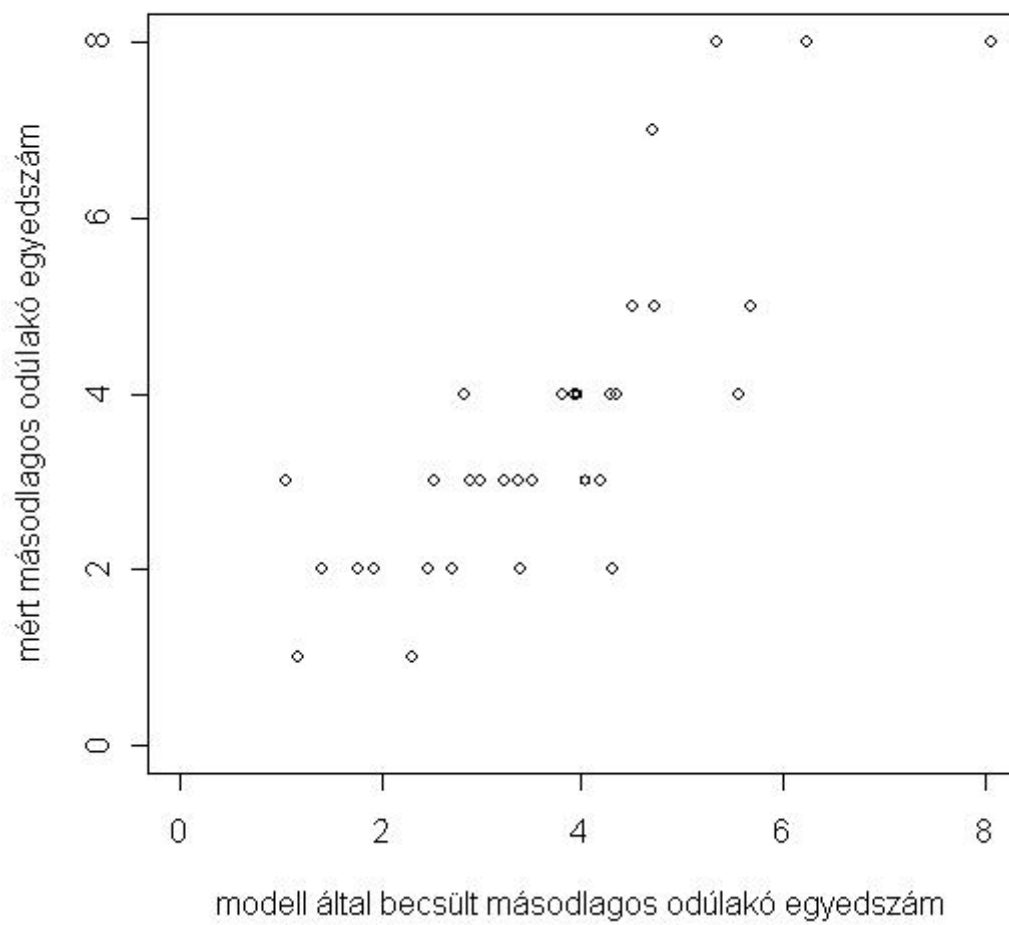
A modell által becsült és a terepen mért másodlagos odúlakó egyedszámok összefüggése (24. ábra) itt is az eredeti modelléhez hasonló képet mutat.



22. ábra: Másodlagos odúlakók egyedszámának kapcsolata az idős túlevelű erdők arányával a tájban (terület %-ában) mért adataink alapján. Idős túlevelű erdőnek az olyan, 20 évesnél idősebb állományokat tekintettük, ahol a túlevelűek aránya >50 %.



23. ábra: Másodlagos odúlakók egyedszámának kapcsolata az idős lombos erdők arányával a tájban (terület %-ában) mért adataink alapján. Idős lombos erdőnek az olyan, 20 évesnél idősebb állományokat tekintettük, ahol a lombos fák aránya >50 %.



24. ábra: Táji léptékű változóval módosított másodlagos odúlakó modell predikciója: mért egyedszámok a modell által becsült értékek függvényében ábrázolva

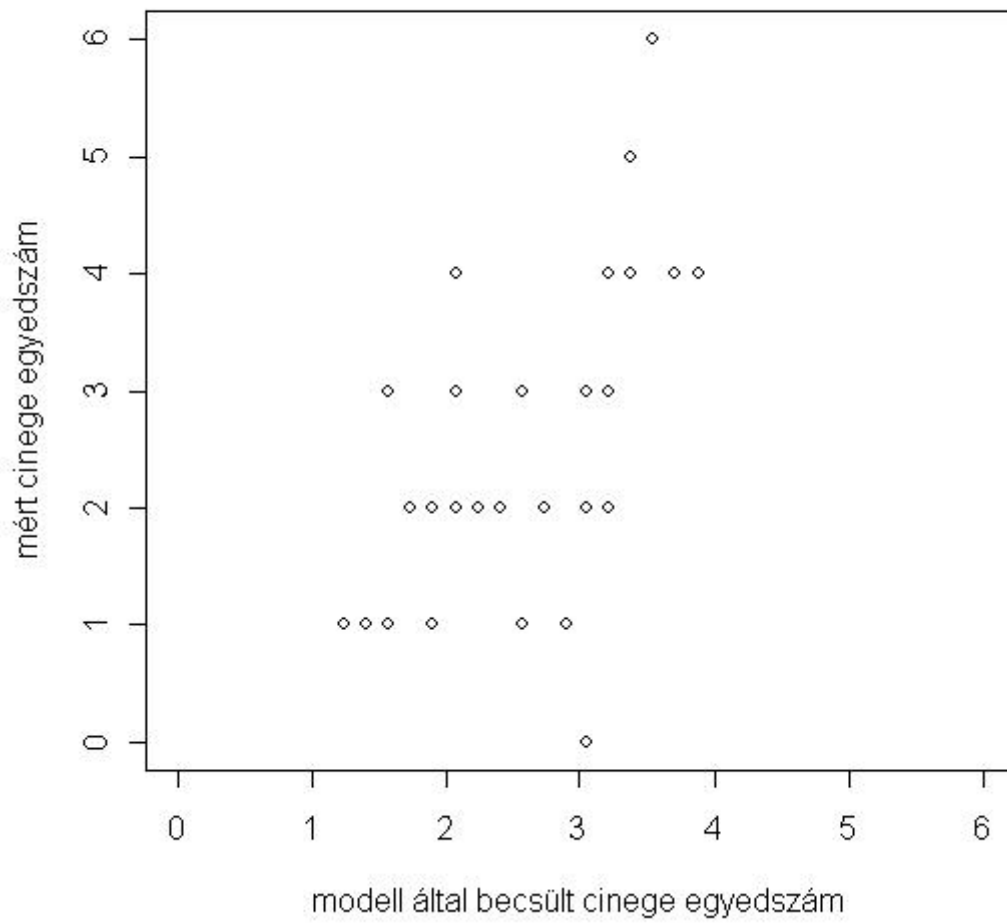
3.2.6. Cinege abundancia

Az általunk megfigyelt cinege-fajok (széncinege, kék cinege, barátcinege, fenyvescinege, búbos cinege) rendszertanilag is igen közel állnak egymáshoz (Parus nemzetség), ezen kívül életmódjukat tekintve is több közös vonással bírnak (másodlagos odúlakók, rovarrevők, kb. hasonló méretűek, nem vonulnak). Mindenképpen érdekes kérdés volt, hogy fajcsoportként vizsgálva őket mutatnak-e közös sajátosságokat, különösen mivel négy faj esetében is próbálkoztunk az elemzéssel (széncinege, kék cinege, barátcinege, fenyvescinege), és mind a kapott modellek lefedését, mind a fontosnak bizonyult változókat tekintve nagyon különböző módon viselkedtek. Az alábbiakban, mivel a csoport vizsgálata számos érdekes megfigyeléshez vezetett, mind a cinegekről, mint fajcsoportról kapott modellt, mind az előbb felsorolt négy faj elemzésével kapott három modellt bemutatjuk röviden, annak ellenére, hogy ezek egy része nem tekinthető túl jónak. (A barátcinege esetében szinte nem kaptunk értékelhető preferenciákat, aminek okát nem ismerjük.)

A cinegék egyedszámát elemezve igen gyenge lefedéssel bíró modellt kaptunk (*10. táblázat*), ami összehasonlítva pl. a sokkal heterogénebbnek tűnő másodlagos odúlakók esetében kapott modellel, meglepő és figyelemfelkeltő eredmény. A modellben szereplő egyetlen változó a már jól ismert nagy fák mennyisége, mely pozitív kapcsolatban áll a cinegék egyedszámával, és a varianciának kb. 30 %-át fedi le. Úgy tűnik, hogy számos közös vonásuk ellenére a közelrokon cinegefajok sokkal inkább különböznek egymástól a környezettel támasztott igényeik tekintetében, mint pl. az összes másodlagos odúlakó. A modell által becsült és a terepen mért cinege egyedszámok közötti összefüggést a *25. ábra* mutatja.

Cinege modellbe bekerült változók	Irány	Var	Szignifikancia
Nagy fák mennyisége (40-50 DBH, db)	+	29,4%	p<0,01

10. táblázat: A cinegék esetében kapott regressziós modellben szereplő változó. A változó pontos leírása mellett látható, hogy az milyen irányban befolyásolta a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fed le a varianciából (Var), és milyen szignifikancia-szint mellett járul hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a cinegék (Parus-fajok) egyedszáma, eloszlása normális, a modell készítése során nem transzformáltuk. A változó tesztelése F-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 29,4 %-át fedi le.



24. ábra: Cinege modell predikciója: mért cinege egyedszámok a modell által becsült értékek függvényében

5.2.7. Kék cinege (*Parus caeruleus*)

A modell (11. táblázat) három háttérváltozó függvényében nyújt predikciót a kék cinege előfordulási valószínűségére. Érdekes módon a legfontosabb változónak az újonnan keletkezett holtfa mennyisége bizonyult, ez pozitívan befolyásolta a faj előfordulási valószínűségét. Fontos, és szintén pozitívan ható változók voltak még az álló holtfa aránya az állományban, illetve a nagy (40 cm törzsátmérő feletti) fák mennyisége. A modell a kék cinege előfordulásában jelentkező variancia 45,2 %-át magyarázza.

Kék cinege modellbe bekerült változók	Irány	Var	Szignifikancia
Fekvő holtfa (1. korhadási fázis, térfogat)	+	18,9%	p<0,01
Álló holtfa élő fához viszonyított relatív aránya (db)	+	12,1%	p<0,05
Nagy fák mennyisége (>40 cm törzsátmérő, térfogat)	+	9,0%	p<0,05

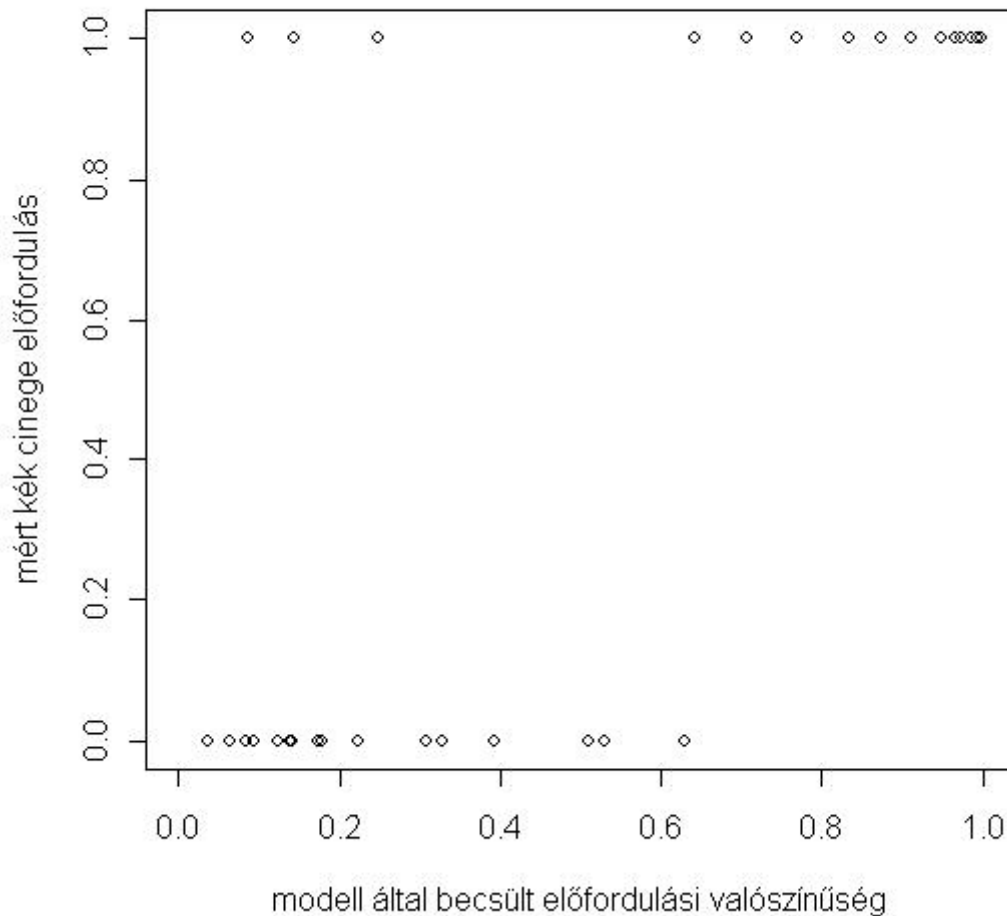
11. táblázat: A kék cinege esetében kapott regressziós modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányban befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából (Var), és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a kékcinege előfordulása, a függő változó eloszlása binomiális, a modell készítése során logit transzformációt alkalmaztunk. Az egyes változók tesztelése Chi²-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 45,2 %-át fedi le.

A kék cinege széles táplálékspektrumú rovarévi faj, amely elsősorban a lombkoronaszint ágain keresi táplálékát (Fuller 1995), így a modellben szereplő első két, holtfára vonatkozó változó értelmezése nem egyértelmű. Az álló holtfa, mint potenciális odúforrás lehet fontos a másodlagos odúlakó faj számára, nem világos azonban, hogy milyen közvetlen kapcsolat lehet a fekvő holtfa mennyisége és a kék cinegék előfordulása között. Itt kell megjegyezni, hogy az általunk használt holtfát jellemző skála szerint az 1. fázisú holtfa olyan holtfa, amelynek nagy részét még kéreg borítja. Ez a legtömegesebb holtfa-típus, általában 1-2 éven belül került a földre vagy erdészeti beavatkozás, vagy természetes esemény hatására. Arriello & Fargallo 2006-os spanyolországi tanulmányában pozitív összefüggést talált az állomány kora, illetve az ezzel összefüggő strukturális diverzitás, és a kék cinege költési sikere között. Mi nem generáltunk háttérváltozóinkból az erdő érettségét, természetességét, vagy komplexitását jellemző indexet, de ha tettük volna, a faegyedek mérete, illetve az álló és fekvő holtfa jellemzői nagy súllyal estek volna latba ezek számításakor, lehetséges, hogy a holtfa mennyisége ilyen, közvetett módon van kapcsolatban a kék cinege előfordulásával területeinken.

A harmadik modellben szereplő változó és a kék cinege közötti kapcsolatot az előzőekben leírtakhoz hasonlóan magyarázzuk: azok a - zömmel idősebb - állományok,

amelyekben sok a nagy, idős fa, valószínűleg nagyobb egységnyi felületre eső lombtömegükkel, és az ezen elérhető nagyobb mennyiségű rovaráplálékkal nyújtanak kedvezőbb élőhelyet a kék cinegének.

A modell által becsült kék cinege előfordulási valószínűségek és a terepen tapasztalt előfordulások összefüggése a 26. ábrán látható.



26. ábra: Kék cinege modell predikciója: mért kék cinege előfordulások a modell által becsült előfordulási valószínűségek függvényében

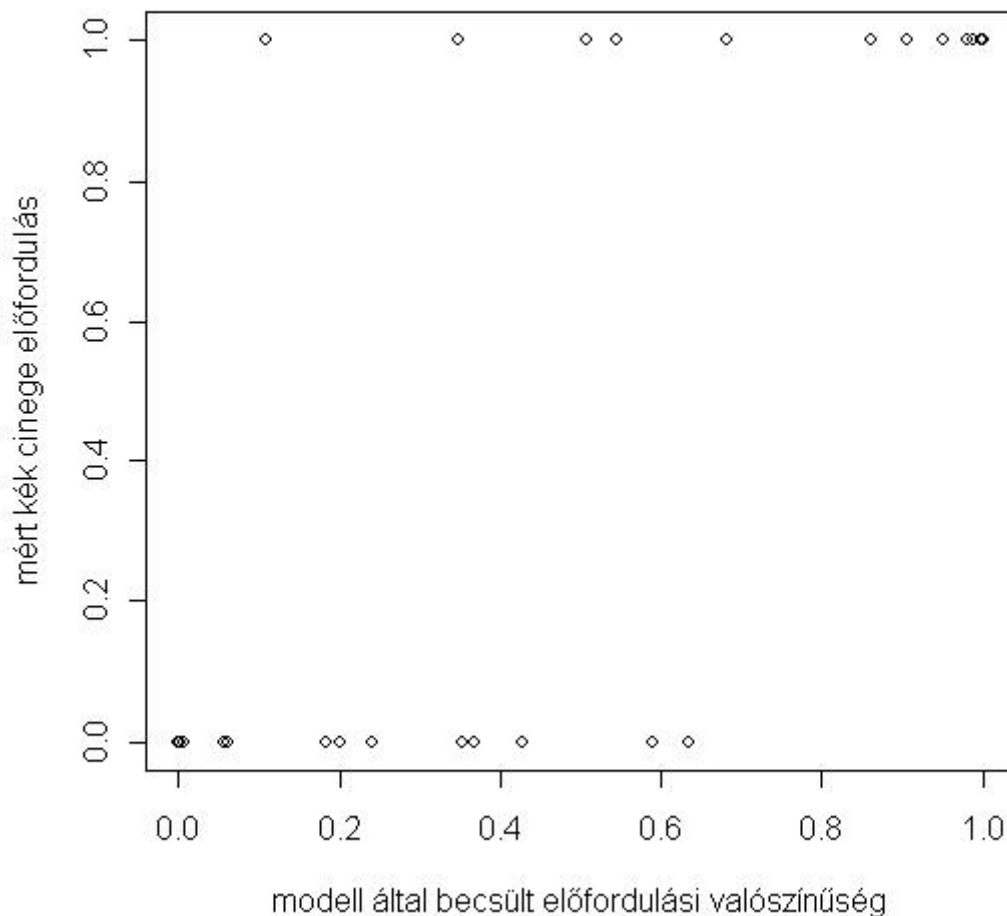
Kék cinege modell táji elemekkel módosított változata

A kék cinege esetében kapott modellt a táji változók bevonása szignifikánsan javította (12. táblázat). Az eredetileg ható három változóból a leggyengébb – a nagy fák mennyisége – kiesett a modellből, helyére egy táji változó került, a táj diverzitása, mely pozitívan hatott a faj előfordulási valószínűségére. A modell lefedése a varianciából összesen 14 %-al nőtt. A

modell által becsült előfordulási valószínűségek és a terepi adatok összefüggését a 27. ábra mutatja.

Táji változókkal módosított kék cinege modellbe bekerült változók	Irány	Var	Szignifikancia
Fekvő holtfa (1. korhadási fázis, térfogat)	+	33,0%	p<0,001
Táji elemek diverzitása (Shannon-div., ln alapú, r=500 m)	+	22,5%	p<0,01
Álló holtfa élő fához viszonyított relatív aránya (db)	+	17,1%	p<0,01

12. táblázat: A kék cinege esetében kapott regressziós modell táji léptékű változók bevonásával módosított változata, illetve az ebben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányba befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából (Var), és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a kékcinege előfordulása, a függő változó illesztése binomiális, a modell készítése során logit transzformációt alkalmaztunk. Az egyes változók tesztelése Chi²-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 58,7 %-át fedti le.



27. ábra: Táji léptékű változóval módosított kék cinege modell predikciója: mért kék cinege előfordulások a modell által becsült előfordulási valószínűségek függvényében

5.2.8. Fenyvescinege (*Parus ater*)

Ahogy az az anyag és módszer fejezetben is leírtuk, általános esetben azon közepesen gyakori fajok esetében építettünk ehhez hasonló, binomiális függő változóval dolgozó modellt, ahol a kérdéses faj a 33 mintaterületből kb. 10-20 területen fordult elő. A fenyvescinege ennél kicsit kisebb mennyiségben, 7 területen volt jelen, de a terepi tapasztalatok és irodalmi adatok alapján (*Fuller 1995*) annyira jellegzetes igényekkel bíró, specialista faj, hogy kísérletképpen elvégeztük az elemzést. Ahogy azt vártuk, rendkívül erős preferenciákat mutatott, így úgy döntöttünk, hogy a korlátok ismertetése mellett, de érdemes röviden foglalkoznunk a kapott eredményekkel.

A modellbe (*13. táblázat*) itt is három változó került. A faj előfordulása erősen összefügg a tülevelűek mennyiségével, a fák méretének szórásával és a gyepszint borításával. Mind a három változó pozitívan befolyásolja a fenyvescinege előfordulási valószínűségét. A modell lefedése, ahogy az a táblázatból is láthatjuk, 100%-nak bizonyult. A faj jellegzetes életmódja miatt magas értékre számítottunk, de ebben az esetben a kis mintaszám is közrejátszhatott. Azt feltételezzük, hogy újabb területek bevonása esetén a modell által lefedett variancia csökkenne, de a ható változók ugyanazok maradnának.

Fenyvescinege modellbe bekerült változók	Irány	Var	Szignifikancia
Tülevelű mennyiség (térfogat)	+	52,8 %	p<0,0001
Fák méretének szórása (térfogat)	+	45,2 %	p<0,001
Gyepszint borítás	+	23,6 %	p<0,01

13. táblázat: A fenyvescinege esetében kapott regressziós modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányban befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából (Var), és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a fenyvescinege előfordulása, a függő változó eloszlása binomiális, a modell készítése során logit transzformációt alkalmaztunk. Az egyes változók tesztelése Chi²-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 100 %-át fedi le.

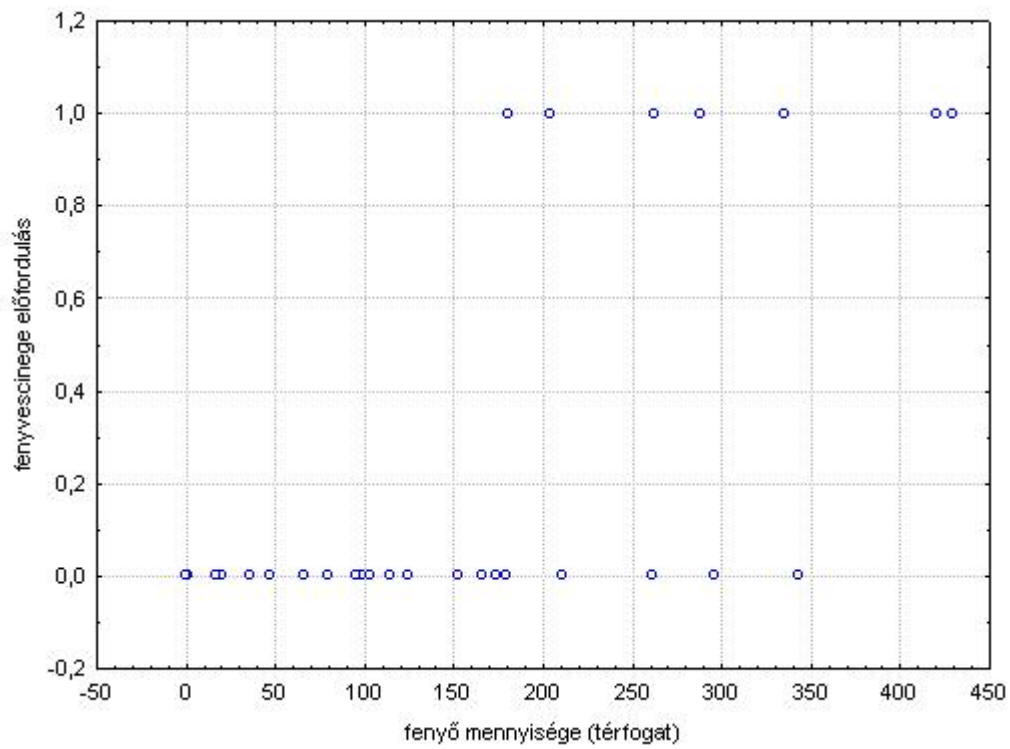
Legfontosabb ható tényezőnek a tülevelűek mennyisége bizonyult. (*28. ábra*) Mivel a faj különösen szívesen táplálkozik tülevelű fafajok lombkoronaszintjében (*Székessi 1973*), ez nem meglepő eredmény. Sok más faj esetében az a fafaj, vagy fafajok, amelyeken madaraink táplálkoznak, azért nem bizonyult fontos változónak modelljeinkben, mert mintaterületeink nagyon nagy részén ezek a fő állományalkotó fafajok, így nem korlátozzák e fajok előfordulását. Ebben az esetben valószínűleg azért jelent meg az összefüggés modellünkben, mert a tülevelűek csak területeink kisebb részében fordulnak elő komolyabb mennyiségben

(az általunk térképezett faegyedeknek kb. 25 %-a volt túlevelű), így korlátozhatják a faj előfordulását.

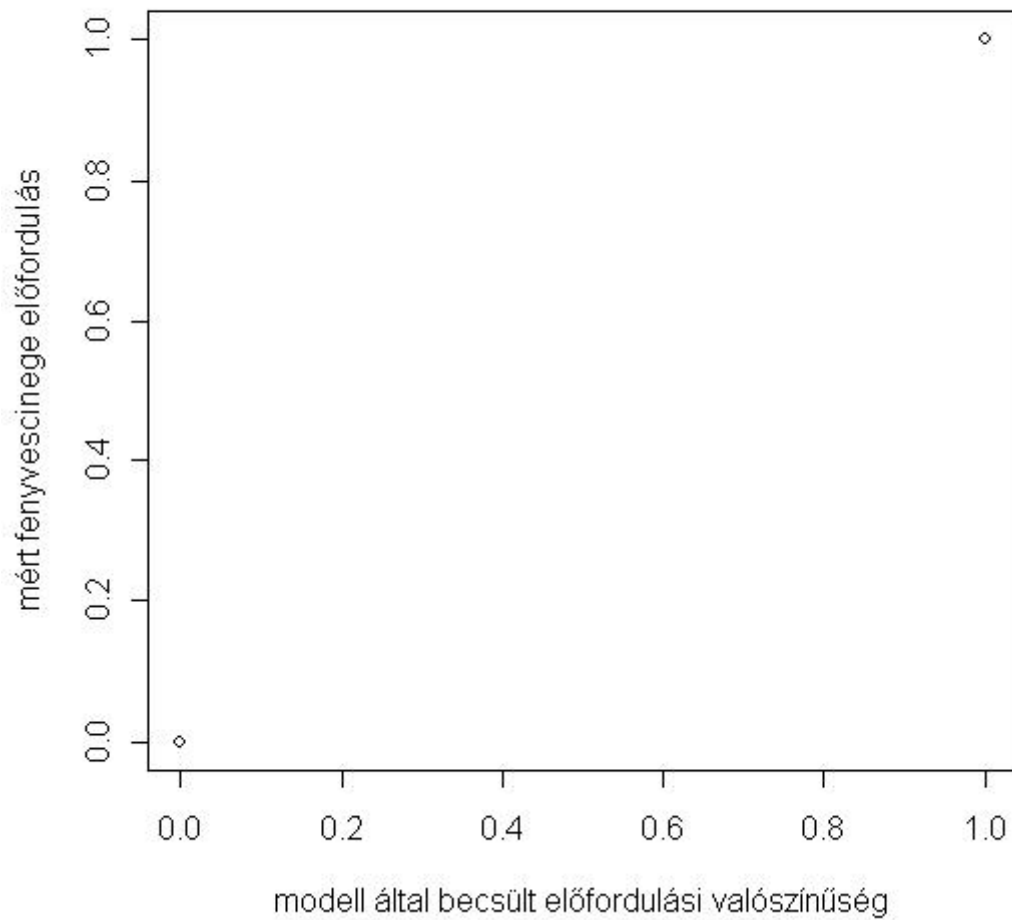
Majdnem ugyanilyen fontos tényezőnek adódott a fák méretének szórása is. Ez a változó jól kifejezi azt, hogy mennyire heterogén a faállomány méreteloszlás szempontjából. Tehát az állományok fenyő-elegyaránya mellett meghatározónak bizonyult, hogy mennyire heterogén a faállomány korösszetétele: mennyire fejlett az újulati szint illetve a második lombkoronaszint, és mennyire jellemző a nagy, idős faegyedek jelenléte. Nem először találkozunk ilyen összefüggéssel az elemzések során: a változatosabb szerkezetű erdő változatosabb és többféle mikroélőhelyet nyújt a rovaroknak, így gazdagabb táplálkozóterületet az itt táplálkozó rovarvő madárfajoknak.

Jóval kisebb súllyal, de fontosnak bizonyult még a gyepszint borítása is. Arról a problémáról, hogy egy, tudásunk szerint főként a lombkoronaszintben táplálkozó faj esetében mi lehet az oka annak, hogy erős kapcsolatot mutat a gyepszint egyes tulajdonságaival, a csilpcsalpfüzike esetében bővebben is lesz szó. Azt feltételezzük ezzel a változóval kapcsolatban, hogy a gyepszint csak jelzi a faállomány valamely olyan tulajdonságát, amit nem sikerült jól mérnünk más módon, de a fenyvescinege számára fontos.

A modell által becsült előfordulási valószínűségek, és a terepen mért előfordulások közötti kapcsolatot mutatja a 29. ábra.



28. ábra: Fenyvescinege előfordulásának kapcsolata a túlevelűek térfogatával (m^2/ha) mért adataink alapján



29. ábra: Fenyvescinege modell predikciója: mért fenyvescinege előfordulások a modell által becsült előfordulási valószínűségek függvényében. A pontok egymáson helyezkednek el, 0-0 értéket 7, 1-1 értéket 26 mintaterület vett fel.

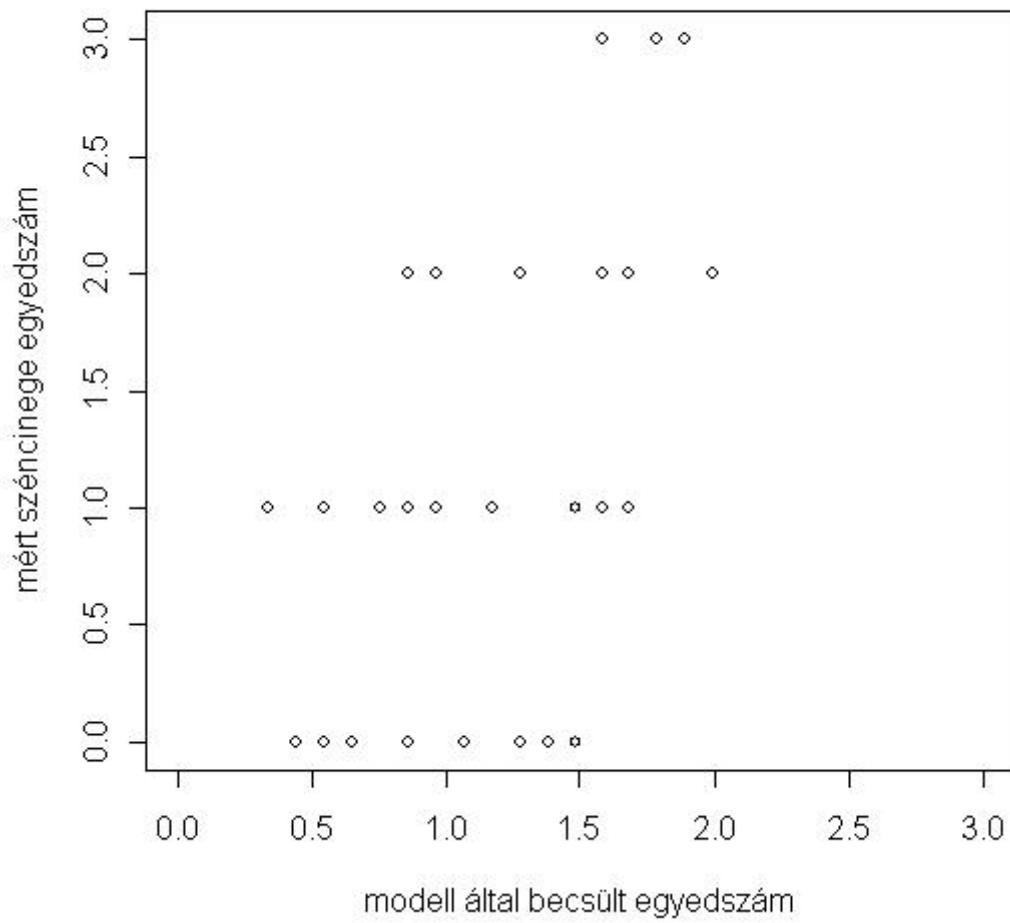
5.2.9. Széncinege (*Parus major*)

A széncinege vizsgálati területünkön az egyik leggyakoribb fajnak bizonyult. Mivel szinte minden területünkön jelen volt, elemezhető varianciát csak a megfigyelt hímek számában találtunk. Ez alapján építettünk modellt (*14. táblázat*), de nem igazán kaptunk jó eredményt: modellünkbe egy változó került, a nagyméretű fák mennyisége, mellyel a faj egyedszáma pozitív összefüggést mutatott (mint ahogyan olyan sok más kistestű rovarrevő faj esetében is találtuk), de a modell a varianciának csak 24,9 %-át fedi le. Azért mutatjuk be mégis, hogy ráirányítsuk a figyelmet arra, mennyire különbözőképpen viselkedhetnek egymáshoz nagyon közeli rokon fajok igényeiket és elemezhetőségüket tekintve. Itt kell még megjegyeznünk, hogy több más gyakori, és hazai erdőtípusainkon belül generalista faj, pl. vörösbegy, énekes rigó, (*Fuller 1995*) esetében tapasztaltuk, hogy nem kapunk jól értékelhető preferenciákat. Ezt azzal magyarázzuk, hogy területeink nagy részében megtalálják létfeltételeiket, így egy átlagos 100 m sugarú körön belül általában előfordulnak, különbségek csupán a megfigyelhető egyedszámban adódnak, de úgy tűnik, hogy egy madárfaj egyedszámában jelentkező különbségek nem elegendőek igényeinek feltárásához.

A modell által becsült széncinege egyedszámok és a terepi adatok közötti összefüggést a *30. ábra* mutatja.

Széncinege modellbe bekerült változók	Irány	Var	Szignifikancia
Nagyméretű fák mennyisége (40-50 cm átmérő között, db)	+	24,9%	p<0,01

14. táblázat: A széncinege esetében kapott regressziós modellben szereplő változó. A változó leírása mellett látható, hogy az milyen irányban befolyásolja a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fed le a varianciából (Var), és milyen szignifikancia-szint mellett járul hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a széncinege egyedszáma, eloszlása normális, a modell készítése során nem transzformáltuk. A változó tesztelése F-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 24,9 %-át fedi le.



30. ábra: Szencinege modell predikciója: mért szencinege egyedszámok a modell által becsült egyedszámok függvényében

5.2.10. Csilpcsalpfüzike (*Phylloscopus Collybita*)

A modell a csilpcsalpfüzike előfordulási valószínűségére nyújt predikciót három változó függvényében (15. táblázat). A faj pozitívan reagált a gyepszint fajszámának növekedésére, és az elegyfák arányának növekedésére, viszont negatívan a 30-40 cm törzsátmérőjű fák mennyiségére. A modell által lefedett variancia 57,7 %.

Csilpcsalpfüzike modellbe bekerült változók	Irány	Var	Szignifikancia
Gyepszint fajszám (db faj/30*30 m)	+	25,5%	p<0,001
Elegyfák aránya (térfogat)	+	9,9%	p<0,05
30-40 cm törzsátmérőjű fák mennyisége (db)	-	5,8%	p<0,1

15. táblázat: A csilpcsalpfüzike esetében kapott regressziós modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányban befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából (Var), és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a csilpcsalpfüzike előfordulása, a függő változó illesztése binomiális, a modell készítése során logit transzformációt alkalmaztunk. Az egyes változók tesztelése Chi²-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 57,7 %-át fedi le.

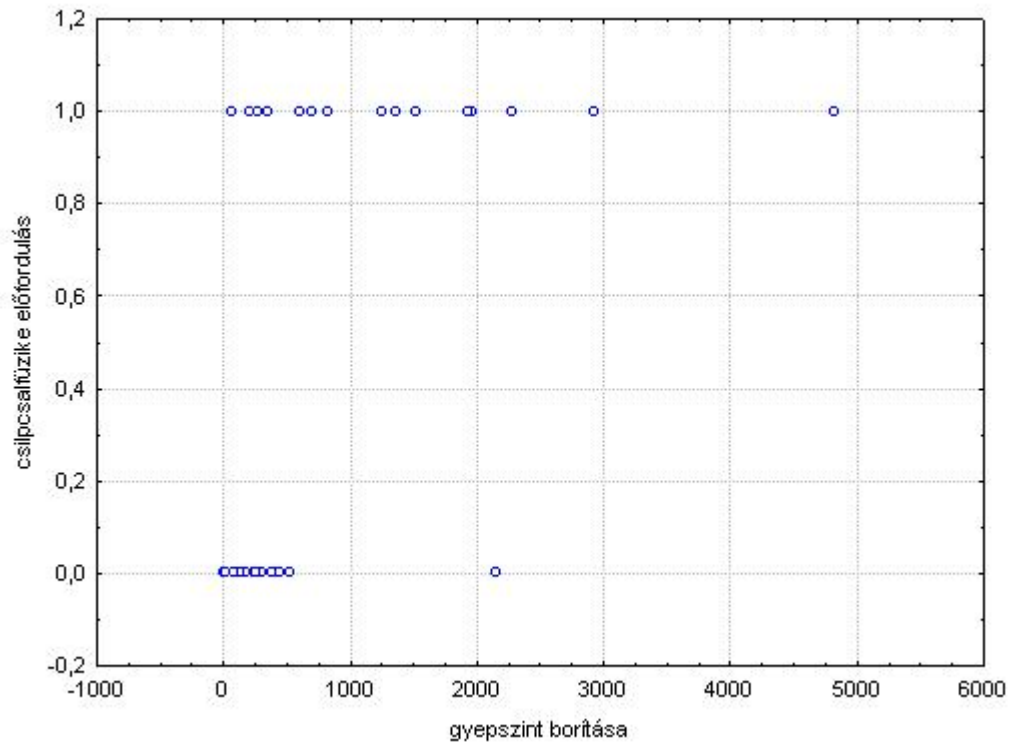
A kapott összefüggések értelmezése ebben az esetben nem egyszerű feladat. A legnehezebb éppen a legerőteljesebben ható változó értékelése. A csilpcsalpfüzike kifejezetten a lombkoronaszintben és cserjeszintben táplálkozó faj (Fuller 1995), így nehéz elképzelni, hogy hogyan hathat rá közvetlenül a gyepszint akármilyen tulajdonsága. A másik fontos megfigyelés, hogy a faj a gyepszint borításával is egyértelmű, pozitív korrelációt mutatott (31. ábra), de határozottan kisebb mértékűt, mint a fajszám iránt (32. ábra): modellünk lefedése 15%-al romlott volna, amennyiben ezt a változót alkalmazzuk. Az ábrákon jól látszik, hogy a két esetben kicsit más jellegű az összefüggés. Míg a gyepszint borítása esetén a fő tendencia az, hogy ahol nincs csilpcsalpfüzike, ott mindig nagyon kicsi volt a gyepszint borítása, addig a fajszám esetében, ennél is határozottabban jelentkezik a kapcsolat: egy bizonyos fajszám alatt a faj soha nincs jelen. Úgy gondoljuk, hogy a gyepszint fajszáma valamilyen olyan, lehet, hogy az általunk mért változóknál komplexebb változóval áll szoros összefüggésben, amit nekünk nem sikerült jól mérnünk, de a faj számára fontos, pl. a fényviszonyokkal, vagy annak heterogenitásával. Ahogyan arról már tettünk is említést a fényviszonyokat többféle módszerrel jellemeztük az állományokban, de ezek közül több (pl. levélfelület index és diffúz fény mérése, fényviszonyok modellezése a lombkorona szerkezete alapján) jelenleg még elővizsgálati stádiumban van. Az összes vizsgált állományban csak a

denziométerrel becsült záródás (ill. záródás hiány) adatok állnak rendelkezésünkre, amely a fényviszonyoknak csak egy aspektusát jellemzi.

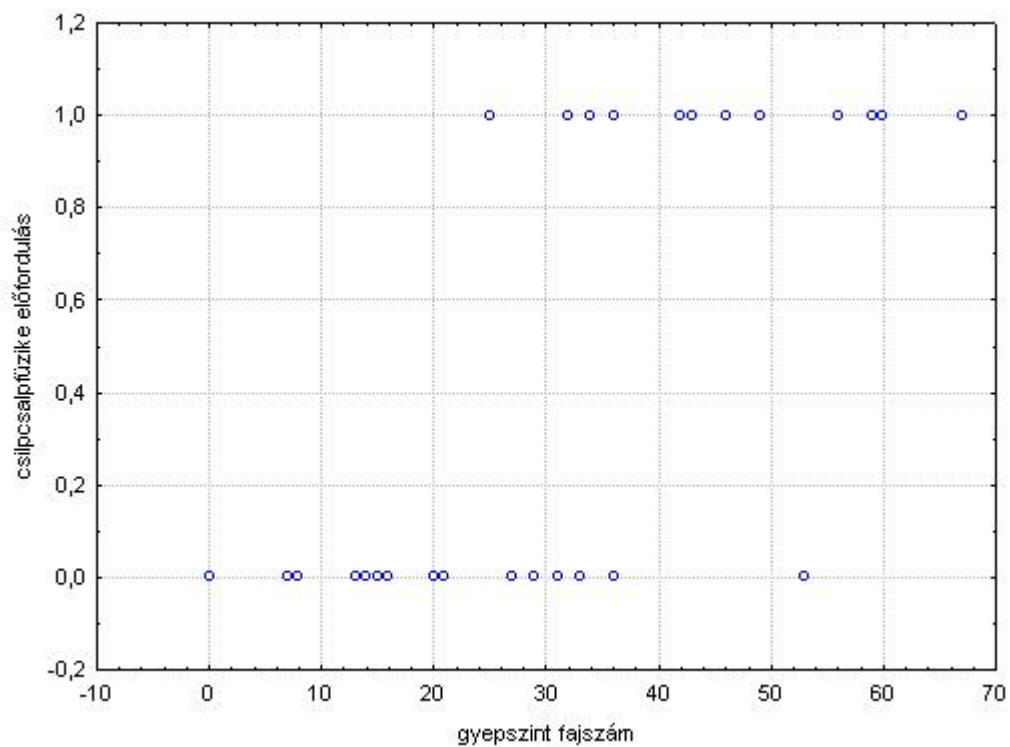
A faj erős, pozitív kapcsolatot mutatott az elegyfák arányával is (33. ábra), feltételezzük, hogy a változatosabb fafaj-összetételű állományok változatosabb és kiegyensúlyozottabb rovartáplálékkal szolgálnak a táplálkozó madár számára. *Bursky et al. (2004)* Oroszországban készült tanulmánya szerint a csilpcsalpfüzike táplálékgyűjtési stratégiáját tekintve teljesen generalista: nem különösebben válogat a rendelkezésre álló mikroélőhelyek közül, hanem mindig egy éppen hozzá közel eső újabb lombkorona-részletet kutat át, eközben csak a legszűkebb környezetét figyeli, de itt minden tápláléknak alkalmas kisebb-nagyobb ízeltlábút elkap. Így olyan élőhelyen, ahol nagyobb a táplálékállatok denzitása, sikerebben kutat táplálék után. A puhafák ill. egyéb elegyfák valószínűleg ilyen táplálkozóhelyeknek számítanak.

Hasonló okot feltételezünk a közepes méretű fák mennyiségével kapcsolatban is (34. ábra): ilyen méretű fák szinte az összes állományunkban előfordulnak, de nagyon eltérő számban. Ahol nagy mennyiségben vannak jelen, ott általában kevés a nagyméretű, öreg fa, zárt az állomány, így kevésbé fejlett az újulati vagy cserjeszint is. A csilpcsalpfüzike élőhelyválasztáskor mindkét előbb említett faktorról pozitív összefüggést mutat (*Fuller 1995*). Valószínű, hogy e szintek hiánya, illetve kevésbé fejlett volta a csilpcsalpfüzike esetében csökkent a rendelkezésre álló táplálék mennyiségét, mivel a jóval kevesebb és homogénebb mikroélőhely kevesebb ízeltlábút tart el. Külön-külön az előbb említett tulajdonságok valószínűleg azért nem bizonyultak ható változónak, mert így túl kicsi a hatásuk ahhoz, hogy ekkora mintaszám mellett kimutassuk őket.

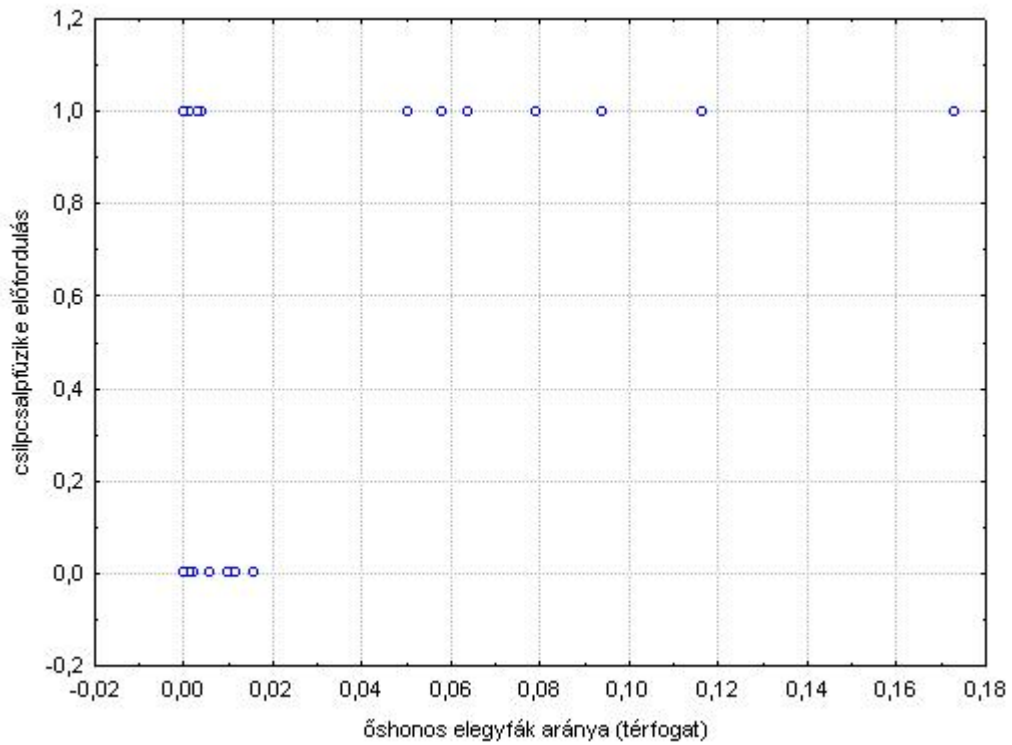
A modell által nyújtott predikció (35. ábra) gyakorlati szempontból elég jó: 3 terület kivételével 0,5 alatti előfordulási valószínűséget rendel azokhoz a területekhez, ahol a faj nem fordul elő, de 0,5 feletti értéket ott, ahol a faj előfordul.



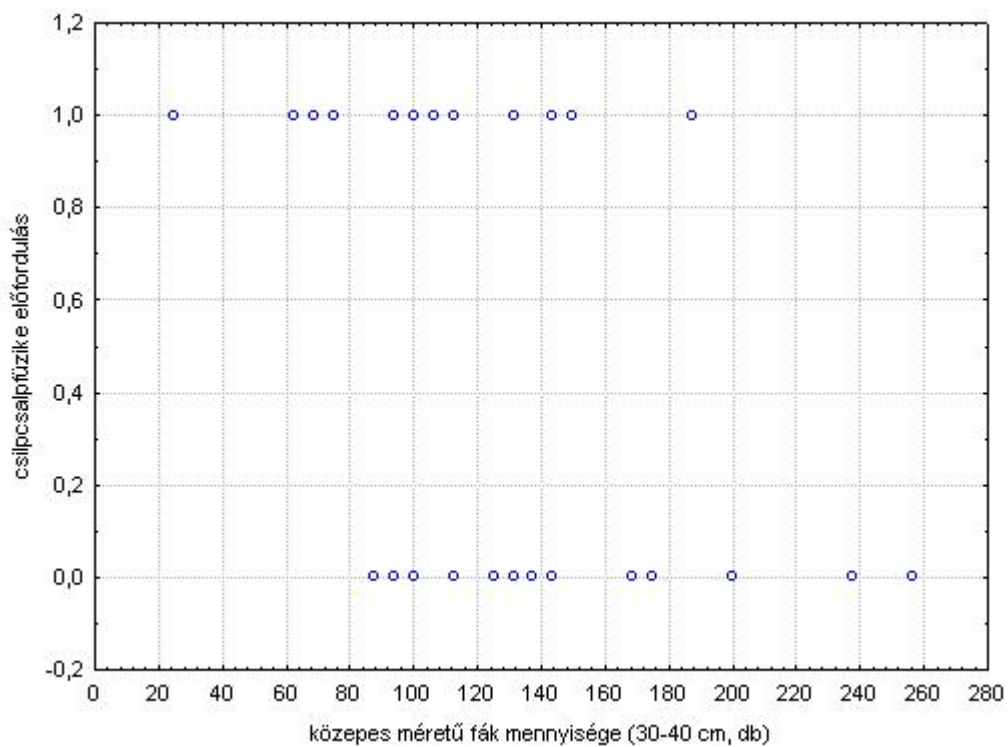
31. ábra: Csilpcsalpüzike előfordulásának kapcsolata a gyepszint borításával (m²/ha) mért adataink alapján



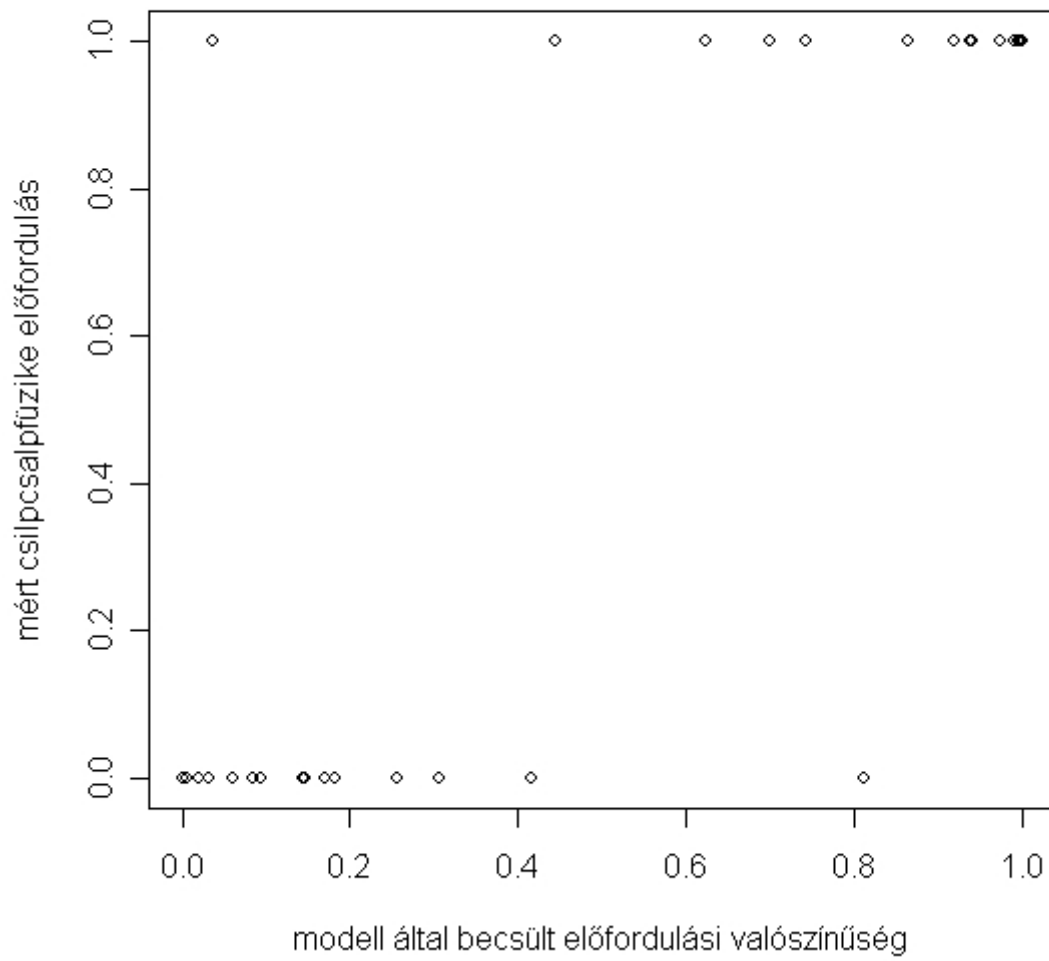
32. ábra: Csilpcsalpüzike előfordulásának kapcsolata a gyepszint fajszaival mért adataink alapján (az itt szereplő fajsza 30*30 m-re vonatkozik)



33. ábra: Csilpcsalpüzike előfordulásának kapcsolata az elegyfák térfogatával (m^2/ha) mért adataink alapján



34. ábra: Csilpcsalpüzike előfordulásának kapcsolata a közepes méretű fák darabszámával (db/ha) mért adataink alapján



35. ábra: Csilpcsalpfüzike modell predikciója: mért csilpcsalpfüzike előfordulások a modell által becsült előfordulási valószínűségek függvényében

5.2.11. Csuszka (*Sitta europea*)

A modell (16. táblázat) a csuszka előfordulási valószínűségére nyújt predikciót három változó függvényében. A csuszka előfordulása a területen pozitív összefüggést mutat a fekvő holtfa mennyiségével, negatív a tölvelevek mennyiségével és ismét pozitív az átlagos faegyedek méretével. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 68,8 %-át fedi le.

Csuszka modellbe bekerült változók	Irány	Var	Szignifikancia
Fekvő holtfa mennyiség (10-40 cm átmérő, térfogat)	+	36,6%	p<0,0001
Tölvelevek mennyisége (6-13 m magasság, db)	-	21,6%	p<0,01
Térképezett fák (átmérő>5 cm) átmérőjének átlaga (cm)	+	10,0%	p<0,05

16. táblázat: A csuszka esetében kapott regressziós modellben szereplő változók. A változók pontos leírása mellett látható, hogy azok milyen irányban befolyásolták a vizsgált biológiai változót, mekkora részt fedtek le a varianciából (Var), és milyen szignifikancia-szint mellett járultak hozzá a modell építéséhez. A vizsgált biológiai változó a csuszka előfordulása, a függő változó eloszlása binomiális, a modell készítése során logit transzformációt alkalmaztunk. Az egyes változók tesztelése Chi²-próbával történt. A modell a vizsgált biológiai változó varianciájának 68,8 %-át fedi le.

Az első, modellben szereplő változó, a fekvő holtfa mennyisége, a faj táplálkozási szokásaival függhet össze: elsősorban a fák kérgét kutatja át rovarok után, mind az élő mind a holt fán szívesen táplálkozik, álló faegyedeken és a földön fekvő fatörzseken, ágakon és tuskókon is (Fuller 1995).

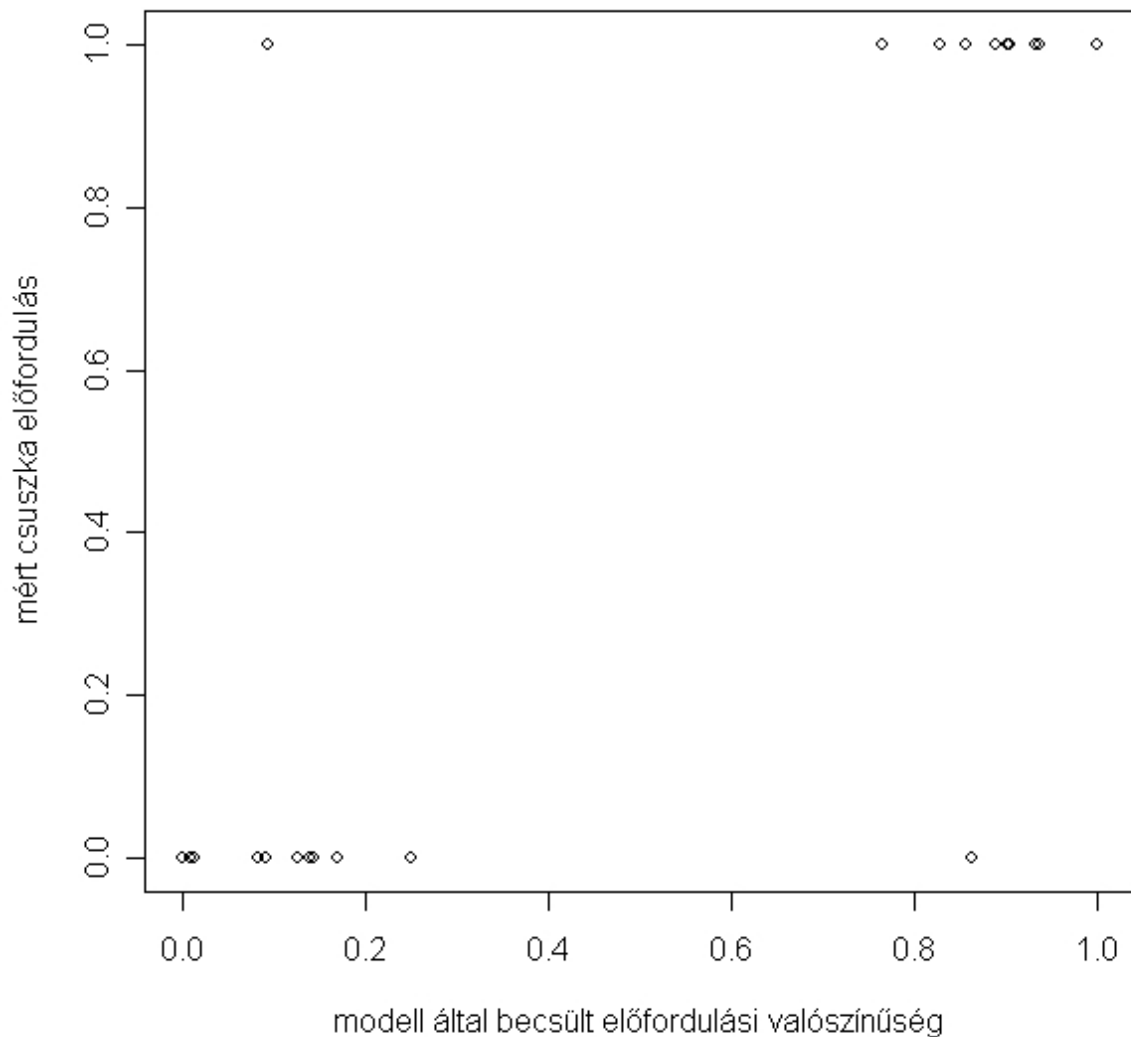
A tölvelevek mennyiségével mutatott negatív összefüggést más kutatások is kimutatták (Nilsson 1976), de a jelenség okát nem ismerjük.

A harmadik modellben szereplő változó már ismerős: eszerint a csuszka olyan állományokban fordul elő gyakrabban, ahol a lombkoronaszintet minél nagyobb fák alkotják, illetve az újulati és közepes méretű fákból álló második lombkoronaszint meglehetősen kevésbé jellemző vagy hiányzik (területeinken a csuszka jelenléte a két tényezővel, melyeket ez a változó együtt fejez ki, külön-külön is korrelált: a nagy fák mennyiségével pozitívan, a kis fák mennyiségével negatívan). A jelenség feltételezett oka az előzőekben már tárgyaltakhoz hasonló: a csuszka számára az ilyen erdő költési időszakban két okból lehet kedvező. Egyrészt a nagy, idős fák több költési lehetőséget (magától keletkezett, vagy harkályok által vajt odút, kéregpedést) nyújtanak a másodlagos odúlakó csuszkanak (Székessi 1973). Másrészt a főleg a fatörzsön táplálkozó faj számára a nagyméretű faegyedek hatványozottan jobb táplálkozó-területet nyújthatnak sokkal nagyobb törzs-felületük és öregebb voltuk miatt. Az utóbbi azért növeli az elérhető rovar táplálék mennyiségét, mert az idős fákon sokkal több

idő állt a rovarok kolonizációjához rendelkezésre, és az idősebb faegyedeken többféle mikroélőhely található, mint a fiatalabbakon. Figyelemre méltó, hogy még a mi, relatív idős állományainkon belül is ilyen sok madárfaj esetében ható tényezőnek bizonyult ez a változó, ez alapján azt feltételezzük, hogy hazai viszonylatban (ahol az erdők átlagosan jóval fiatalabbak a miáltalunk vizsgált állományok átlagos koránál) ez a tényező a madárközösség komoly meghatározója.

A nemzetközi irodalomban meglehetősen kevés a mienkhez hasonló kérdéseket hasonló módszerekkel vizsgáló munka, de itt kell megemlíteni, hogy az egyik ilyen, egészen új vizsgálat pont egy csuszkafaj esetében történt. *Thibault et al. (2006)* egy korzikán élő, endemikus csuszkafajt (*Sitta whiteheadi*) vizsgáltak, amely erősen specializálódott életmódot folytat: egy szintén a szigeten endemikus fenyőfaj idős állományaiban él, és elsősorban annak magjaival táplálkozik. A faj télen és nyáron is territóriumában marad, így jól elemezhető volt, hogy mi alapján választja ki azokat, és a döntő faktornak itt is a nagy fák mennyisége bizonyult. A szerzők ezt az idős fák nagyobb magprodukciónak magyarázzák, ami valószínűleg igaz is, bár nagyon kevés énekesmadár-fajt ismerünk csak, amely a fiókáit ne rovarokkal etetné, erre a kérdésre a vizsgálat nem terjedt ki. A mi csuszka-fajunk táplálkozásában is szerepelnek különböző magok, pl. a bükk makkja, de ennek nem a fiókák etetésében van komoly szerepe, hanem a faj sikeres áttelelésében (*Nilsson 1987, Enoksson 1990*).

Egy ilyen lefedésű modell már meglehetősen jó predikciót nyújt: (36. ábra) ez esetben 2 terület kivételével az olyan területekhez, ahol a faj előfordult, rendre 0,5 feletti, az olyan területekhez, ahol a faj nem fordult elő, 0,5 alatti előfordulási valószínűségeket rendel.



36. ábra: Csuszka modell predikciója: mért csuszka előfordulások a modell által becsült előfordulási valószínűségek függvényében

5.3. Faunisztikai megfigyelések

A madárközösség felmérése során 17 terepi napot töltöttem kutatási területünkön a költési időszakban, 2006. április 15. és június 10. között. Ezen időszakon belül minden terepi napon fajlistát készítettem a látott vagy hallott madárfajokról, ezekből az adatokból a költési időszak végére jól kirajzolódott a területen (lásd *1. számú melléklet*) költő madárfajok listája, illetve elterjedtségi viszonyai. Az így kapott adatbázist a *4. számú mellékletben* tesszük közzé.

6. Következtetések

Vizsgálataink alapján a faállomány madárközösséget legerőteljesebben befolyásoló tulajdonságának az állományt alkotó fák mérete, illetve az állomány kora bizonyult. A faállomány madárközösség szempontjából fontos szerkezeti elemei az erdő vertikális szintjeinek fejlettsége (nagy fák, második lombkoronaszint, újulat és gyepszint), az álló és fekvő holtfa mennyisége és az állomány záródottságának mértéke. A faállomány összetételét jellemző sajátosságok közül az elegyfák mennyisége és a lucfenyő aránya bizonyult fontosnak. A madárközösség számos változója esetében tapasztaltuk, hogy teljesen ellentétesen reagált az erdeifenyő és a lucfenyő előfordulására: míg a viszonylag kis mennyiségben jelenlevő lucfenyő számos faj esetében pozitív hatással bírt, addig a jóval tömegesebb erdeifenyő általában negatívan hatott.

A madárközösség általános változói (fajszám, egyedszám, fajcsoportok egyedszáma/fajszáma) jól elemezhetőnek bizonyultak. A fajszámot valószínűleg több, és speciálisabb változó egyidejű jelenléte, tehát az állomány heterogenitása (források sokfélesége) növeli elsősorban, így egy-egy változó kisebb súllyal szerepel. Ezzel szemben a madárközösség egyedszáma egy-egy területen elsősorban az elérhető források mennyiségével növekszik, így egyszerűbb, kevesebb változóval modellezhető paraméter, mely elsősorban, és a fajszámnál erősebben az állomány korával és természetességével függ össze. Az általunk elemzésbe vont fajcsoportok közül viszonylag erős közös preferenciákat mutattak a másodlagos odúlakók és a harkályok, ellenben alig voltak közös preferenciáik a cinegéknek és rigóknak (az utóbbi esetben nem is tudtunk modellt építeni), annak ellenére, hogy rendszertanilag az utóbbi két csoport közelebbi rokon fajokból áll. Ebből arra következtetünk, hogy az első két fajcsoportot inkább közös életmódbeli sajátosságaik, míg az utóbbi két csoport fajait inkább az egyes fajokra jellemző, különböző igények korlátozzák. A vizsgált madárfajok előfordulására ill. egyedszámára vonatkozó modellek esetében jellemző, hogy az egyes fajok általában kevés (egy-négy), egymástól nagyjából független változóval mutatnak erősebb-gyengébb kapcsolatot, és hogy a vizsgált fajok nagyon jelentős különbségeket mutatnak abban a tekintetben, hogy az előfordulásukban jelentkező variancia milyen mértékben magyarázható a környezet háttérváltozóival. A következőkben ennek a jelenségnek a lehetséges okaival foglalkozunk röviden. Elemzéseink során minden olyan fajt vizsgáltunk, amely nem volt túl ritka területeinken, vagyis legalább 10 területen előfordult. Felmerült viszont egy másik hasonló kritérium is: nem bizonyultak jól elemezhetőnek azok a nagyon

gyakori fajok sem, amelyek majdnem mindenütt jelen voltak. Ezek előfordulásában is mutatkozott variancia, mivel a mintavételezések során a megszokott távolságon belül az ilyen fajok eltérő egyedszámban voltak jelen. Tehát meg lehetett próbálni olyan modelleket építeni, melyek predikciója nem a faj előfordulási valószínűségét, hanem egyedszámát becsli, de nem igazán sikerült a varianciát jól lefedő modellekhez jutnunk (a mi esetünkben 4 ilyen faj volt: énekesrigó, vörösbegy, erdei pinty, széncinege, ezek közül a fajok közül az utóbbi esetében kapott modellt mutattuk be). Az a feltételezésünk, hogy az ilyen, a vizsgált erdőtípusok körén belül előfordulásukat tekintve generalista fajok költő párjai teljesen felosztják egymás között a rendelkezésre álló területet, így különbségek csak a revírek méretében, tehát az egységnyi területre eső hímek számában találhatunk annak függvényében, hogy az adott terület mennyire alkalmas az adott faj számára. Az eddigi tapasztalatok alapján úgy tűnik, hogy egy faj esetében a faj elterjedését legerőteljesebben meghatározó háttérváltozók feltárása akkor igazán sikeres, ha mintaterületeink között elegendő számú olyan terület is van, ahol a faj nem fordul elő. Ez egyrészt adódhat az adatfelvétel pontatlanságából is: sokkal könnyebb egy faj jelenlétét, vagy hiányát megállapítani, mint azt, hogy 100 m sugarú körön belül hány egyed énekel, ezért az utóbbira vonatkozó adatok valószínűleg bizonytalanabbak. A közepesen nagy egyedszámban felmért (10-20 előfordulás/33 terület) 14 fajból azonban az elemzések alapján úgy tűnik, hogy csak körülbelül a fajok fele mutat határozott preferenciákat (lásd *2. számú melléklet* adatait). Érdekes tapasztalat volt az elemzések során, hogy egymáshoz sokszor egészen közeli rokon (pl. a cinegefajok) vagy hasonló életmódú (pl. csuszka és fakuszok) madárfajok esetében az egyik fajra vonatkozóan igen jól sikerült lefednünk a faj előfordulásában jelentkező varianciát modelljeinkkel, míg egy másik faj esetében ez egyáltalán nem sikerült. Ezek a nagy különbségek az elemezhetőség tekintetében igen izgalmas kérdéseket vetnek fel, de a magyarázatról csak feltételezéseink vannak. Feltételeztük, hogy több faj esetében nem megfelelő térléptékben gyűjtöttük háttéradatainkat. Egyrészt vannak olyan, nagyobb termetű, így általában nagyobb revírt foglaló fajok (pl. szajkó, nagyobb harkályok, galambfélék), amelyek az általunk alapegységnek tekintett erdőrészeknél (amelyek mérete 3-7 ha körüli) nagyobb területen mozognak. Az általunk vizsgált fajok közül az örvös galamb, fekete harkály és a nagy tarkaharkály esetében kapott modell bizonyult kevésbé megbízhatónak, mint a hasonló egyedszámban jelenlevő többi fajé. Így annak ellenére, hogy az adott területen előfordultak, esetükben a szomszédos területek tulajdonságai is fontosak lehetnek, amelyekről mi nem használtunk fel információkat. Ennek a problémának a megoldására próbálkoztunk táji léptékű változók beépítésével modelljeinkbe, ezen elemzések értékeléséről a következő bekezdésben lesz szó. A fajok egy másik csoportja

(a mi esetünkben valószínűleg ilyenek a hegyi fakusz és a barátposzáta) esetében pont ellenkező jellegű akadályt lehet elképzelni: az általunk a pontszámláláskor megfigyelt terület egy átlagos kistestű madár revírjénél néhányszor nagyobb, de mi azzal a feltételezéssel élünk, hogy az általunk kijelölt 40*40 m-es terület mégis jól jellemzi az adott erdőrészt, mivel azt homogénnek tekintettük. (Annak ellenére, hogy ez nyilvánvalóan nem így van.) Valószínűleg vannak olyan, zömmel kistestű, a költési időszakon belül kis területen mozgó fajok, amelyek esetében kiemelt fontossága van az erdőrészen belüli inhomogenitásnak (pl. egy lék jelenlétének). Az ezek számára fontos tényezőket nyilván sokkal kevésbé tudjuk jól kimutatni az előzőekben feltett feltételezéssel élve. Jelen kutatás keretein belül ezt a problémát talán némileg orvosolni lehet majd azzal, hogy e fajok esetében csak a 0-50 méter közötti adatokat vesszük figyelembe, vagy a közelebbi megfigyeléseket nagyobb súllyal vesszük figyelembe az elemzéskor.

A faállomány-háttér adatok elemzése során azt tapasztaltuk, hogy igen nehéz olyan háttérváltozó-gyűjtési protokollt alkotni, amely elfogadható munkaigény mellett minden, a madárközösség számára lényeges változót jól mér. A mi esetünkben azokkal az elemekkel volt probléma (álló holtfa, különböző elegyfák), amelyek nem eléggé tömegesek ahhoz, hogy kellő számban képviseltesék magukat az általunk vizsgált 40*40 méteres területen belül, így e változókat csak igen korlátozottan tudtuk bevonni az elemzésbe, annak ellenére, hogy fontosságuk számos faj esetében ismert vagy feltételezhető.

A táji léptékű változók elemzése alapján azt találtuk, hogy számos esetben erős és egyértelmű kapcsolatok voltak a madárközösség változói és a táj bizonyos tulajdonságai között. Elemzéseink alapján a madárközösség szempontjából kiemelt jelentőségű táji elemek bizonyultak a lucosok (pl. fajszám, abundancia, másodlagos odúlakók, cinegék, fenyvescinege, minden esetben pozitív kapcsolat), az erdeifenyvesek (pl. nagy tarkaharkály, meggyvágó, széncinege, minden esetben negatív kapcsolat), a bükkösök (pl. másodlagos odúlakók, cinegék, széncinege, minden esetben pozitív kapcsolat), az idős erdők, a fiatalosok illetve a nyílt területek (pl. fekete harkály, csuszka, feketerigó, széncinege, minden esetben negatív kapcsolat) arányai. Több faj esetében bizonyult fontos tényezőnek a táji elemek diverzitása is (pl. fajszám, csilpcsalpfüzike, kék cinege, minden esetben pozitív kapcsolat). Úgy tűnik azonban, hogy az erdei költő madárközösség szempontjából nem olyan nagy jelentőségű, hogy a táj nyílt területei milyen típusúak, és a várakozással ellentétben nincs számottevő hatása az utak mennyiségének sem. Az elemzések során jól látszott, hogy egyes preferenciák állomány és táji léptékben is jelentkeztek (pl. a fenyvescinege éppen úgy pozitív kapcsolatot mutatott a lucfenyővel állomány, mint táji léptékben vizsgálva), míg találtunk

fajokat, amelyek táji léptékben olyan elemekhez is vonzódtak, amelyek élőhelyül önmagában nem volnának alkalmasak. (Pl. a nagy tarkaharkály, amely egyértelműen az idős állományokban fordul inkább elő, erős pozitív kapcsolatot mutatott a fiatalosok mennyiségével táji léptékben vizsgálva. Ennek oka talán az lehet, hogy a vágásterületek miatt jelen levő erdőszélek, illetve nyílt területek a faj kedvelt táplálkozó-területei (*Székessi 1973*). A vizsgált táji elemek arányát (lásd anyag és módszer fejezet) 5 különböző léptékben számítottuk. Mivel számos faj esetében nemigen találtunk az irodalomban arra vonatkozó adatokat, hogy mekkorák az egyes párok revírjei, illetve milyen térléptékben számít a táj minősége, úgy gondoltuk, érdemes vizsgálat tárgyává tenni ezt a kérdést is. Általában elmondható, hogy az átlagos kistestű énekesek kicsi, 1 ha-nál jóval kisebb revíreket foglalnak (*Fuller 1995*), melynek felső méretét elsősorban az korlátozza, hogy bizonyos távolságnál messzebről nem gazdaságos a táplálék hordása a fiókák számára. (Emiatt nagyon fontos, hogy megfelelő legyen az élőhely minősége: elég kicsi területen kell, hogy rendelkezésre álljon elegendő mennyiségű táplálék). Ennek ellenére számos ilyen, kistestű faj volt érzékeny a táj elemeinek arányára a revír méreténél jóval nagyobb (pl. 200-400 m sugarú körök) térléptékben is. Úgy tűnik, e fajok esetében szükség van bizonyos táji környezetre az állományon belüli megfelelő viszonyok mellett. Két érdekes megfigyelést emelnénk még ki a madárközösség táji elemek összefüggésével kapcsolatban. Egyrészt általában elmondható, hogy a madarak revírjeinek méretét sokszorosan meghaladó nagyobb térléptékek (300-400-500 m sugarú körök) esetében érzékenyebben reagált a madárközösség a táji elemek arányára, mint a revír közvetlenebb környékén. Ennek valószínűleg az az oka, hogy vizsgálati területünk átlagos foltmérete mellett ezek a nagyobb térléptékek hívebben jellemzik az adott tájat. Így ahhoz a kissé paradox megállapításhoz juthatunk, hogy, bár nem gondoljuk, hogy egy kistestű énekes számára fontos lenne a tőle 400-500 m-re található területek minősége, mégis érdemes olyan nagy térléptéket választani a táji elemzések során, amelyek figyelembe vétele mellett már a tájra ténylegesen jellemző folt-eloszlást kapunk (A mi esetünkben a foltok átlagos száma rendre 100 m sugártól 500 m-ig: 6, 15, 24, 36, 48.). A másik érdekes megfigyelés, hogy várakozásainkkal ellentétben a faállomány változókkal gyengén modellezhető nagyobb testű madárfajoknál (pl. fekete harkály, nagy tarkaharkály, örvös galamb) a táji léptékű változók bevonása sem javított jelentősen a modelleken. Általában elmondható, hogy azok a fajok mutattak erős preferenciákat a táji elemekkel kapcsolatban, amelyek eredetileg is jobban elemezhetőnek bizonyultak. Összegzésül kiemelnénk, hogy a táji léptékű változók bevonása az elemzésekbe számos nem várt megállapításhoz vezetett, amelyek érdekes kérdéseket vetnek fel. Mindenképpen fontos, és nyilvánvaló alkalmazási

lehetőségeket rejtő eredmény az is, hogy néhány faj esetében egészen egyszerű, terepi munka nélkül is elérhető táji információk alapján sikerült pontosítani a faj előfordulását predikáló modelljeinket.

Az itt bemutatott vizsgálat értékét nagymértékben az határozza meg, hogy az általunk készített modellek mennyire nyújtanak használható becsléseket a valóságban. Arra vonatkozóan, hogy modelljeink az Őrség és Vendvidék hasonló (tehát 70 évnél idősebb, víz és kitettség által jelentősen nem befolyásolt) erdein belül mennyire jó becsléseket adnak az általunk vizsgált biológiai változókra, némi információt nyújtanak a modellek tesztelésére fenntartott öt terület esetében kapott predikciók (*3. számú melléklet*), bár ezek kis számuk miatt csak hozzávetőleges információt szolgáltathatnak. A területen található, de más jellegű állományokra és az ország más tájain található erdőkre vonatkozóan úgy gondoljuk, hogy modelljeink használhatósága korlátozott. Azok biztosan nem alkalmazhatók pl. telepített akácokban, ártéri erdőkben, illetve fiatalabb erdőkben, viszont reméljük, hogy a hazánk közephegységeiben előforduló idősebb állományok nagyobb részében igen. Modelljeink paraméterei valószínűleg csak abban a régióban érvényesek, amelyből az adatok származnak, de úgy gondoljuk, hogy a fontos változók más tájegységeken is hasonlóak lesznek. Azok a háttérváltozók, amelyek nem mutatnak megfelelő varianciát a mintánkban (de más régióban esetleg igen), nem jelennek meg a modellekben, annak ellenére, hogy egy adott faj (fajcsoport) számára fontosak lehetnek. Érdekes, hogy a bemutatott modellek közül számtalan faj esetében volt fontos faktor az állományt alkotó fák mérete, annak ellenére, hogy csak idős állományokat vizsgáltunk. Nyilvánvaló, hogy ha a különböző korú erdők a hazánkra jellemző arányban képviseltették volna magukat mintaterületeinken belül, akkor ez a faktor még inkább felértékelődött volna.

Végül modelljeink értékelésével kapcsolatban fontosnak tartjuk kiemelni, hogy az általunk feltárt kapcsolatok nem feltétlenül ok-okozati jellegűek, bár a kapott kapcsolatok nagyobb része meglevő ismereteinkkel jól összeegyeztethetőnek bizonyult (Ez alól azonban akadt kivétel, pl. csilpcsalpfüzike esetében, ezek az eredmények további érdekes kérdéseket vetnek fel.). Számos esetben a kapott összefüggést már más vizsgálatok is megmutatták, más esetekben vannak irodalmi adatok arra vonatkozóan, hogy egy-egy faállomány-változó milyen közvetlen vagy közvetett módon hathat a vizsgált madárfajra, illetve madárközösséget jellemző egyéb változóra, ezeket az ismereteket modelljeink értékelésekor felhasználtuk. A modellek gyakorlati alkalmazhatósága szempontjából az elsődleges cél az, hogy megtaláljuk a faállomány azon változóit, amelyek alapján a vizsgált jellemző (pl. faj ill. fajcsoport egyedszáma) jól előre jelezhető az adott a régióban. A modellek akkor is használhatóak a

természetvédelmi munka során, ha ezek az indikátorok nincsenek közvetlen kapcsolatban az adott madár biológiai igényeivel. Az ok-okozati összefüggések feltárása azonban az általunk alkalmazottnál intenzívebb, egy-egy fajra, fajcsoportra koncentrált, kísérletes vizsgálatokat igényel (pl. *Török 1992*).

A költő madárközösség szempontjából legfontosabb változók ismeretében lehetővé válhat, hogy a jövőben már csak ezekről a paraméterekről gyűjtsünk nagyobb területről és több állományból adatokat. Ez által a költő-madárközösségre vonatkozó olyan általánosabban érvényes modellek fejleszthetők, amelyekkel előre lehetne jelezni egy-egy beavatkozás, illetve gazdálkodási mód madárközösségre gyakorolt hatását.

Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt hálás köszönettel tartozom témavezetőmnek, Dr. Ódor Péternek a rengeteg segítségért és türelméért. Ezen kívül a kutatásban résztvevő csapattársaimnak: Márialigeti Sárának, Németh Balázsnak, Tinya Flórának, és Mazál Istvánnak.

Kutatásunkat az Őrségi Nemzeti Park és az OTKA (D46045) támogatta

Irodalomjegyzék

- Angelstam, P. and Mikusinski, G. 1994. Woodpecker assemblages in natural and managed boreal and hemiboreal forest – a review. *Ann. Zoologica Fennici* 31: 157-172.
- Bani, L. Massimino, D., Bottoni, L. and Massa, R. 2006. A multiscale method for selecting indicator species and priority conservation areas A case study for broadleaved forests in Lombardy, Italy. *Conservation Biology* 20: 512-526.
- Blondel, J., Ferry, C. and Frochot, B. 1970. La méthode des indices ponctuels d'abondance (I.P.A.) ou des relevés d'avifaune par "stations d'écoute". *Alauda* 38: 55-71.
- Bobiec, A., Gutowski, J.M., Zub, K., Pawlaczyk, P., Laudenslayer, W.F., 2005. The afterlife of a tree. WWF Poland, Warszawa.
- Bütler, R., Angelstam, P., Ekelund, P. and Schlaepfer., R. 2004. Dead wood threshold values for the three-toed woodpecker presence in boreal and sub-Alpine forest. *Biological Conservation* 119: 305-318.
- Camprodon, J. and Brotons, L. 2006. Effects of undergrowth clearing on the bird communities of the Northwestern Mediterranean Coppice Holm oak forests. *Forest Ecology and Management* 221: 72-82.
- Csóka, Gy. 2000. Az elpusztult, korhadó fa szerepe az erdei biodiverzitás fenntartásában. In: Frank, T. (ed.). *Természet – erdő – gazdálkodás*. MME és Pro Silva Hungária Egyesület, Eger, pp. 85-96.
- Delong, A.K., Crawford, J.A. and Delong, D.C. 1995. Relationships between vegetational structure and predation of artificial sage grouse nests. *Journal of Wildlife Management* 59: 88-92
- Enoksson, B. 1990. Autumn territories and population regulation in the nutcracker *Sitta europaea*: an experimental study. *Journal of Animal Ecology* 59: 1047-1062.
- ESRI 1992-2002. ArcView 3.3
- Everitt, B.S. and Hothorn, T. 2006. *A Handbook of Statistical Analyses Using R*. Chapman and Hall, London.
- Faraway, J.J. 2005. *Linear Models with R*. Chapman and Hall, London.
- Faraway, J.J. 2006. *Extending the Linear Model with R*. Chapman and Hall, London.
- Fekete, G., Molnár, Zs. and Horváth, F. (eds.). 1997. A magyarországi élőhelyek leírása, határozója és a Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer. Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer Kötetei II. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest.

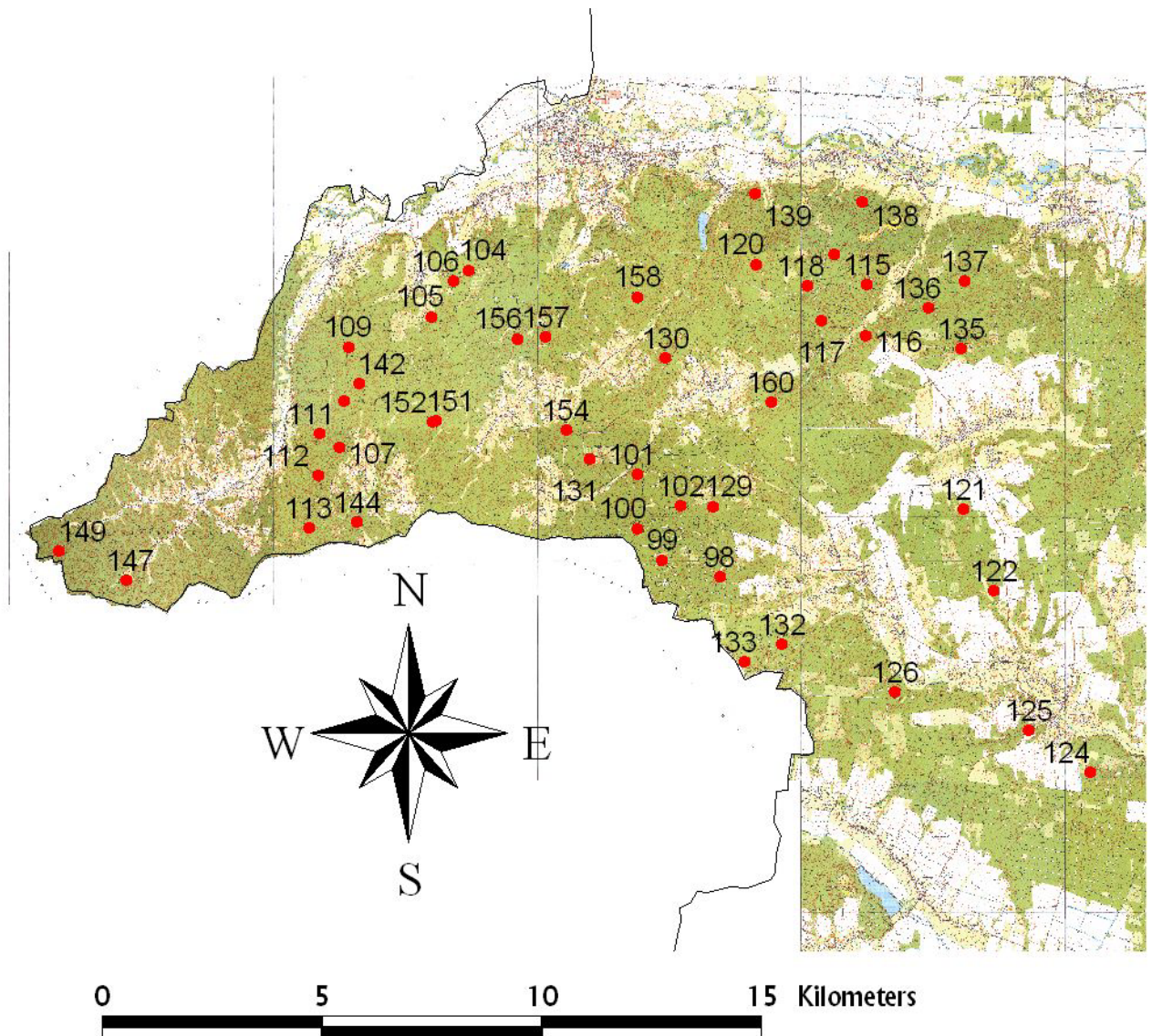
- Fuller, R.J. 1995. Bird Life of Woodland and Forest. University Press, Cambridge.
- Haraszthy, L. (ed.). 1984. Magyarország fészkelő madarai. Natura Kiadó, Budapest.
- Harmon, M.E., Franklin, J.F., Swanson, F.J., Sollins, P., Gregory, S.V., Lattin, J.D., Anderson, N.H., Cline, S.P., Aumen, N.G., Sedell, J.R., Lienkaemper, G.W., Cromack, K. and Cummins, K.W. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Research* 15: 133-276.
- Johnsson, K. 1993. The black woodpecker (*Dryocopus martius*) as a keystone species in forest. Dissertation, Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport 24. Uppsala.
- Kosinski, Z., Ksit, P. and Winiecki, A. 2006. Nest sites of great spotted woodpeckers (*Dendrocopos major*) and middle spotted woodpeckers (*Dendrocopos medius*) in near-natural and managed riverine forests. *Acta Ornithologica* 41: 21-32.
- Lemmon, P.E. 1957. A new instrument for measuring forest overstory density. *Journal of Forestry* 55: 667-668.
- Long, J.N. 1998. Multiaged systems in the Central and Southern Rockies. *Journal of Forestry* 96: 34-36.
- Mikusinski, G. and Angelstam, P. 1997. European woodpeckers and anthropogenic habitat change: a review. *Vogelwelt* 118: 277-283.
- Moskát, Cs. 1987. Habitat distribution of breeding birds in relation to forest succession. *Folia Zoologica* 38: 363-376.
- Moskát, Cs. 1990. A combined version of territory mapping and point count techniques. In: Stastny, K. and Bejcek, V. (eds.), Bird census and atlas studies. Proc XIth Int. Conf. On Bird Census and Atlas Work, Prague. pp. 51-61
- Moskát, Cs. 1991. Multivariate plexus concept in the study of complex ecological data: an application to the analysis of bird-habitat relationships. *Coenosis* 6: 79-89.
- Moskát, Cs. and Fuisz, T. 1992. Forest management and bird communities in the beech and oak forests of the Hungarian Mountains. *Proceedings Bird Numbers* 29-38.
- Moskát, Cs., Báldi, A. and Waliczky, Z. 1993. Habitat selection of breeding and migrating icterine warblers *Hippolais icterina*: a multivariate study. *Ecography* 16: 137-142.
- Moskát, Cs., Hráskó, G. and Waliczky, Z. 1988. Species composition and the structure of avian communities in the Pilis Mountains, North Hungary. In: Török, J. (ed.), Ornithological Researches in the Pilis Biosphere Reserve. Hungarian Ornithological Society, Budapest. pp. 12-20.

- Nagy, K., Szép, T., Nagy, Zs. and Halmos, G. 2006. Természeti állapot monitorozása országos léptékben, a gyakori madarak adatai alapján. In: Szentesi, Á., Szövényi, G. and Török, J. (eds.), 7. Magyar Ökológus Konferencia, Előadások és poszterek összefoglalói. Budapest, pp. 156.
- Nilsson, S.G. 1976. Habitat, territory size and reproductive succes in nuttachs *Sitta europaea*. *Ornis Scandinavica* 7:179-184.
- Nilsson, S.G. 1987. Limitation and regulation of population density in the nuttachs *Sitta europaea* (Aves) breeding in natural cavities. *Journal of Animal Ecology* 56:921-937.
- Ódor, P. 1997. Korpafű populációk cönológiai és ökológiai viszonyai. Szakdolgozat, ELTE Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék, Budapest.
- Ódor, P. and van Hees, A.F.M. 2004. Preferences of dead wood inhabiting bryophytes to decay phase, log size and habitat types in Hungarian beech forests. *Journal of Bryology* 26: 79-95.
- Podani, J., 1997. Bevezetés a többváltozós biológiai adatfeltárás rejtelseibe. Scientia Kiadó, Budapest.
- Rice, J., Anderson, B.W. and Ohmart, R.D. 1984. Comparison of the importance of different habitat attributes to avian community organization. *Journal of Wildlife Management* 48: 895-911.
- Sachslehner, L.M. 1995. Habitat characteristics and nest site selection in collared flycatchers *Ficedula albicollis* breeding in natural cavities in Wienerwald, Austria. *Vogelwelt* 116: 245-254.
- Sandström, U. 1992. Cavities in Trees: Their Occurence, Formation and Importance for Hole-nesting Birds in Relation to Silvicultural Practise. Licentiate dissertation, Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport 23. Uppsala.
- Scherzinger, W. 1996. Naturschutz im Wald. Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Standovár, T. and Kenderes, K. 2003. A review on natural stand dynamics in beechwoods of East Central Europe. *Applied Ecology and Environmental Research* 1: 19-46.
- Standovár, T. and Primack, R.B. 2001. A természetvédelmi biológia alapjai. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- StatSoft, Inc. 2006. Statistica (data analysis software system), version 7.1. www.statsoft.com.
- Székely, T. and Moskát, Cs. 1991. Egy közép-európai tölgyerdő madarainak táplálékkereső viselkedése és quild szerveződése. *Ornis Hungarica* 1: 10-28.
- Székessi, V. 1973. Magyarország állatvilága: Aves. Akadémiai Kiadó, Budapest.

- Ter Braak, C.J.F. and Smilauer, P. 1997-2002. Canoco for Windows 4.5. Biometris. Plant Research International, Wageningen.
- Ter Braak, C.J.F. and Smilauer, P. 2002. Canoco Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca.
- The R Development Core Team. 2006. R 2.3.1. A Language and Environment. <http://www.r-project.org>.
- Thibault, J.C., Prodon, R., Villard, P. and Sequin J.F. 2006. Habitat requirements and foraging behaviour of the Corsican nuthatch *Sitta whiteheadi*. *Journal of Avian Biology* 37: 477-486.
- Thomasevic, J.A., Estades C. F. 2006. Stand attributes and the abundance of secondary cavity-nesting birds in southern beech (*Nothofagus*) forests in South-Central Chile. *Ornitologia Neotropical* 17: 1-14.
- Tímár, G., Ódor, P. and Bodoncz, L. 2002. Az Őrség és a Vendvidék erdeinek jellemzése. *Kanitzia* 10: 109-136.
- Tinya, F., Mihók, B., Márialigeti, S., Németh, B., Mazál, I., Mag, Zs. and Ódor, P. 2006. Indirekt fénymérési módszerek vizsgálata őrségi erdőkben. In: Szentesi, Á., Szövényi, G. and Török, J. (eds.), 7. Magyar Ökológus Konferencia, Előadások és poszterek összefoglalói. Budapest, pp. 205.
- Török, J. 1987. Food and foraging of three woodpecker species (*Dendrocopos spp.*) during the breeding season, with notes on their distribution and habitat occupancy in Hungary. National Swedish Environmental Protection Board, Report 3496:43-50.
- Török, J. 1992. Madárközösségek táplálkozási kapcsolatai. Kandidátusi értekezés. ELTE, Budapest.
- Vaisanen, R. A., Jarvinen, O. and Rauhala, P. 1986. How are extensive, human-caused habitat alterations expressed on the scale of local bird populations in boreal forests? *Ornis Scandinavica* 17: 282-292
- Waliczky, Z., Moskát, Cs., Báldi, A. and Lőrincz, G. 1991. A kerti geze (*Hippolais icterina* VIEILL., 1817) élőhelyválasztása a Szigetközben. *Aquila* 98: 135-140.
- Winkler, D. 2005. Ecological succession of breeding bird communities in deciduous and coniferous forests in the Sopron Mountains, Hungary. *Acta Silv. Lign. Hung.* 1: 49-58.

Függelék

1. számú melléklet: Kutatási területünk térképe, az Őrség és a Vend-vidék. Mintaterületeink piros pontokként láthatóak, a térkép bal széle az országhatár.



2. számú melléklet: A felmérésben szereplő 37 madárfaj listája. A frekvencia és abundancia oszlopokban azt látjuk, hogy az adott faj a 38 mintaterület közül hányban fordult elő, illetve hány egyedet mértük fel.

HURING kód	latin név	magyar név	frekvencia	abundancia
AEGCAU	Aegithalos caudatus	őszapó	2	2
CERBRA	Certhia brachydactyla	rövidkarmú fakusz	3	4
CERFAM	Certhia familiaris	hegyi fakusz	18	20
COCCOC	Coccothraustes coccothraustes	meggyvágó	11	11
COLOEN	Columba oenas	kék galamb	5	6
COLPAL	Columba palumbus	örvös galamb	13	13
CUCCAN	Cuculus canorus	kakukk	8	8
DENMAJ	Dendrocopos major	nagy tarkaharkály	19	19
DENMIN	Dendrocopos minor	kis tarkaharkály	2	2
DRYMAR	Dryocopus martius	fekete harkály	11	11
ERIRUB	Erithacus rubecula	vörösbegy	33	57
FICALB	Ficedula albicollis	örvös légykapó	5	6
FRICOE	Fringilla coelebs	erdei pinty	36	81
GARGLA	Garrulus glandarius	szajkó	8	8
JYNTOR	Jynx torquilla	nyaktekerces	1	1
MUSSTR	Muscicapa striata	szürke légykapó	1	1
ORIORI	Oriolus oriolus	sárgarigó	6	6
PARATE	Parus ater	fenyvescinege	7	8
PARCAE	Parus caeruleus	kék cinege	22	29
PARCRI	Parus cristatus	búbos cinege	2	2
PARMAJ	Parus major	széncinege	28	42
PARPAL	Parus palustris	barátcinege	14	15
PHYCOL	Phylloscopus collybita	csilpcsalpfüzike	19	22
PHYSIB	Phylloscopus sibilatrix	sisegő füzike	1	1
PHYTRO	Phylloscopus trochilus	fitiszfüzike	2	2
PICCAN	Picus canus	hamvas küllő	2	2
PICVIR	Picus viridis	zöld küllő	2	2
REGIGN	Regulus ignicapillus	tüzesfejű királyka	2	2
REGREG	Regulus regulus	sárgafejű királyka	3	3
SITEUR	Sitta europaea	csuszka	15	15
STRTUR	Streptopelia turtur	vadgerle	4	4
STUVUL	Sturnus vulgaris	seregély	2	2
SYLATR	Sylvia atricapilla	barátposzáta	15	22
TROTRO	Troglodytes troglodytes	ökörzem	7	8
TURMER	Turdus merula	fekete rigó	15	17
TURPHI	Turdus philomelos	énekes rigó	33	49
TURVIS	Turdus viscivorus	léprigó	8	11

3. számú melléklet: A tesztelésre fenntartott 5 mintaterületen megfigyelt madár-előfordulások és a modelljeink predikciói táblázatos formában a dolgozatban bemutatott 11 modell esetében.

fajszám

tesztterület	mért	predikció
1	11	8,2
2	14	6,1
3	13	8,8
4	11	4,9
5	7	5,0

fekete harkály

tesztterület	mért	predikció
1	0	0,61
2	0	0,10
3	1	0,78
4	0	0,56
5	0	0,35

abundancia

tesztterület	mért	predikció
1	15	16,4
2	17	13,7
3	14	17,0
4	12	11,3
5	7	10,0

kék cinege

tesztterület	mért	predikció
1	1	0,42
2	1	0,33
3	1	0,36
4	1	0,16
5	1	0,32

harkály abundancia

tesztterület	mért	predikció
1	2	2,7
2	1	0,2
3	2	2,1
4	1	0,5
5	1	1,1

fenyvescinege

tesztterület	mért	predikció
1	0	0,00
2	0	1,00
3	0	0,00
4	0	0,00
5	0	0,00

másodlagos odúlakó abundancia

tesztterület	mért	predikció
1	4	4,9
2	3	2,8
3	6	5,1
4	3	1,4
5	2	3,3

széncinege

tesztterület	mért	predikció
1	1	1,7
2	1	1,1
3	1	1,8
4	0	0,4
5	0	1,0

cinege abundancia

tesztterület	mért	predikció
1	2	3,4
2	2	2,4
3	3	3,6
4	1	1,4
5	1	2,2

csilpcsalpfüzike

tesztterület	mért	predikció
1	1	0,01
2	1	0,70
3	1	0,02
4	1	0,90
5	0	0,00

csuszka

tesztterület	mért	predikció
1	1	0,97
2	1	0,13
3	1	0,73
4	1	0,00
5	0	0,16

4. számú melléklet: A madárközösség felmérése során 2006 április 15. és június 10. között az Őrség és a Vendvidék területén eltöltött 17 terepnap összesített madár-adatai. A megfigyelt madarak magyar neve után látható szám az adott madárfaj elterjedtségére utal a területen, amelyet úgy képeztünk, hogy azon napok számát, ahányszor láttuk az adott fajt, elosztottuk az összes terepi nap számával.

	magyar fajnév	relatív gyakoriság
1	fehér gólya	0,47
2	tőkés réce	0,06
3	héja	0,18
4	egerészölyv	0,53
5	fűrj	0,18
6	fácán	0,88
7	haris	0,24
8	kék galamb	0,53
9	örvös galamb	0,94
10	balkáni gerle	0,06
11	vadgerle	0,59
12	kakukk	0,82
13	macskabagoly	0,18
14	gyurgyalag	0,06
15	bübosbanka	0,35
16	nyaktekercs	0,06
17	hamvas küllő	0,29
18	zöld küllő	0,18
19	fekete harkály	0,82
20	nagy fakopáncs	1,00
21	közép fakopáncs	0,18
22	kis fakopáncs	0,29
23	háromujjú höcsik	0,06
24	mezei pacsirta	0,35
25	füsti fecske	0,71
26	molnárfecske	0,24
27	erdei pityer	0,29
28	csonttollú	0,06
29	barázdabillegető	0,47
30	ökörzem	0,82
31	vörösbegy	1,00
32	házi rozsdafarkú	0,41
33	cigánycsuk	0,18
34	Feketerigó	0,94
35	énekes rigó	1,00
36	léprigó	0,47
37	réti tücsökmadár	0,06
38	berki tücsökmadár	0,29
39	énekes nádiposzáta	0,18
40	kis poszáta	0,24
41	mezei poszáta	0,18
42	barátposzáta	1,00
43	csilpcsalpfüzike	0,88
44	sisegő füzike	0,35
45	fitiszfüzike	0,41
46	sárgafejű királyka	0,35
47	tüzesfejű királyka	0,24
48	szürke légykapó	0,12
49	kis légykapó	0,06
50	örvös légykapó	0,53

	magyar fajnév	relatív gyakoriság
51	őszapó	0,18
52	barátcinege	0,65
53	bübos cinege	0,41
54	fenyvescinege	0,47
55	kék cinege	0,88
56	széncinege	0,88
57	csuszka	0,88
58	hegyi fakusz	0,71
59	rövidkarmú fakusz	0,18
60	sárgarigó	0,59
61	tövisszúró gébics	0,12
62	szajkó	0,82
63	szarka	0,24
64	dolmányos varjú	0,12
65	holló	0,35
66	seregély	0,53
67	erdei pinty	1,00
68	csicsörke	0,06
69	zöldike	0,18
70	tengelic	0,12
71	kenderike	0,06
72	meggyvágó	0,59
73	citromsármány	0,47
74	sordély	0,12