

A biodiverzitás-monitorozás alapjai: trend- és hatásmonitorozás



Lengyel Szabolcs

ELKH Ökológiai Kutatóközpont, Vízi Ökológiai Intézet, Tisza-kutató Osztály
Konzervációökológiai Kutatócsoport

Vázlat: miről lesz szó?

- biodiverzitás-monitorozás típusai
- monitorozó programok értékelése
- trend-monitorozás
 - populációk, fajok, közösségek, élőhelyek, ökoszisztémák
- hatás-monitorozás
 - elrendezések, javaslatok

Definíciók

- monitorozás: valamely objektum állapotára vonatkozó, időben megismételt, meghatározott protokoll szerinti adatgyűjtés
- populációk/fajok és élőhelyek változásainak időben ismételt rögzítése valamilyen standardhoz, korábbi állapothoz vagy cél-állapothoz képest viszonyított változás kimutatására vagy mérésére (**Helawell 1991**)
- feladat: jel érzékelése, ha egy vagy több állapotváltozó eltér a várt tartománytól
- **változás kimutatásának képessége**, amiből trendre/hatásra következtethetünk (ability to detect changes to infer trend/impact)
- nem minden, élővilággal kapcsolatos adatgyűjtés monitorozás! (konceptió a fontos!)
- több évtizedes, rendszeres adatgyűjtés, célorientált monitorozás

Szép et al. (2011) Biodiverzitás monitorozás

http://www.nyf.hu/kornyezet/sites/www.nyf.hu.kornyezet/files/tamop/Biodiverzitas_monitorozas.pdf

A monitorozás típusai

- cél szerint:
 - vizsgálat (survey): állapot-leírás, nincs előzetes elvárás
 - vizsgálatssorozat (surveillance): állapot időbeli változása, nincs előzetes elvárás
 - monitorozás (monitoring): rendszeresen ismételt megfigyelés, háttérváltozók rögzítésével, hipotézis-tesztelés lehetőségével (előzetes várakozás)
- időbeliség szerint:
 - surveillance-típusú monitoring: alap-állapot rögzítés, letapogató jellegű
 - folyamatos monitoring: folyamatos, dinamikus állapot-rögzítés
- objektum szerint:
 - biomonitoring: fizikai-kémiai környezet változásai biológiai objektumok alapján
 - biodiverzitás-monitorozás: biológiai sokféleség változásai

A biodiverzitás-monitorozás három alapkérdése

- 1. Miért szükséges az adott monitorozó munka, mi a célja ?
 - tudományos kérdések
 - természetvédelmi stb. beavatkozásokkal kapcsolatos kérdések
 - védett populációk, fajok, közösségek, élőhelyek
 - természetvédelmi kezelés, helyreállítás hatásának vizsgálata
- 2. Mit szükséges monitorozni a vizsgálandó cél érdekében? (~ objektum)
- 3. Hogyan, milyen módon, módszerekkel valósuljon meg a monitorozás? (~ metodika)

A trend- és hatásmonitorozás

Trend-monitorozás

- természetes vagy természetközeli állapotban levő populációk, fajok, közösségek, élőhelyek állapotának nyomon követése, természetes fluktuációk, általában időbeli változások kimutatása
- általában nem ismert, hogy mi váltja ki a változásokat, de fontosak a nagyobb léptékű változások és ok-okozati kapcsolatok felismerésében
- a legtöbb ma zajló monitorozási tevékenység ide tartozik

Hatás-monitorozás

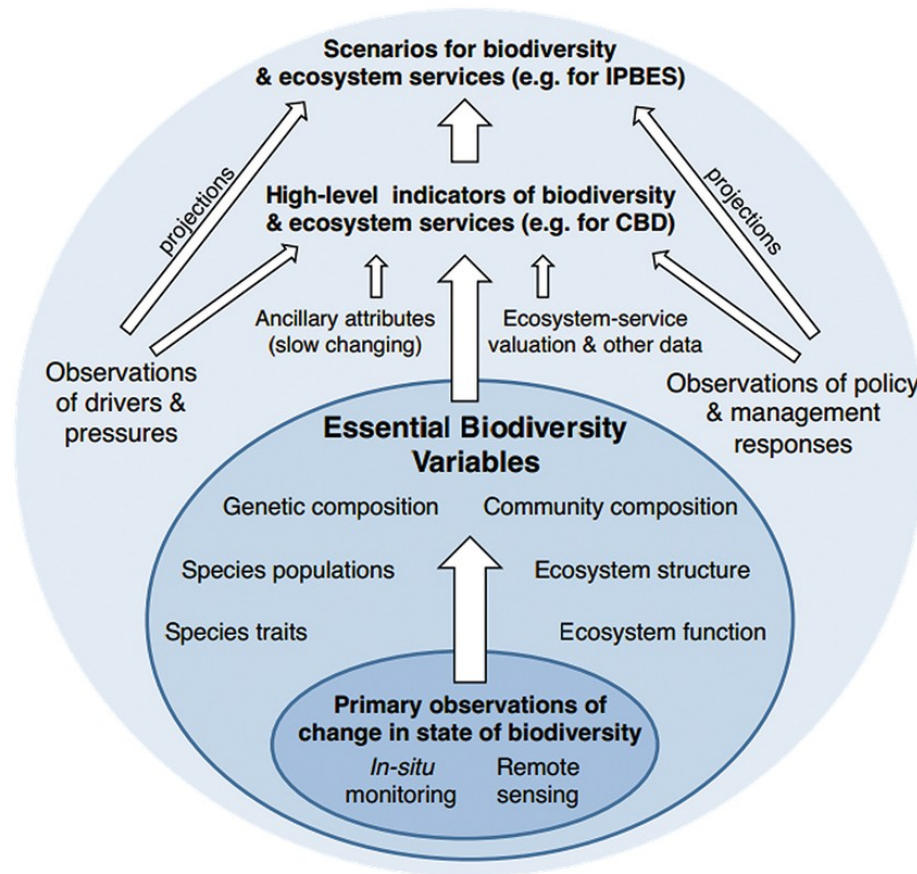
- adott környezeti tényezőnek vagy beavatkozásnak az élővilág tagjaira gyakorolt hatását követi nyomon, általában térbeli változások kimutatása
- hipotézis-tesztelő ≈ ökológiai kísérlet, alkalmasnak kell lennie arra, hogy a hatást más befolyásoló tényezőktől elkülönítse → referencia vagy kontroll objektum óriási szerepe!

Szép et al. (2011) Biodiverzitás monitorozás

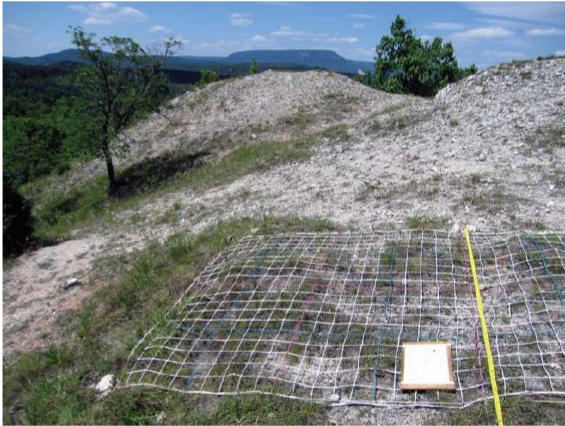
http://www.nyf.hu/kornyezet/sites/www.nyf.hu.kornyezet/files/tamop/Biodiverzitas_monitorozas.pdf

Mit szükséges monitorozni a cél érdekében?

- populációk, fajok, közösségek, élőhelytípusok, ökoszisztémák
- globális monitorozás (Essential Biodiversity Variables)



Populációk és fajok monitorozása

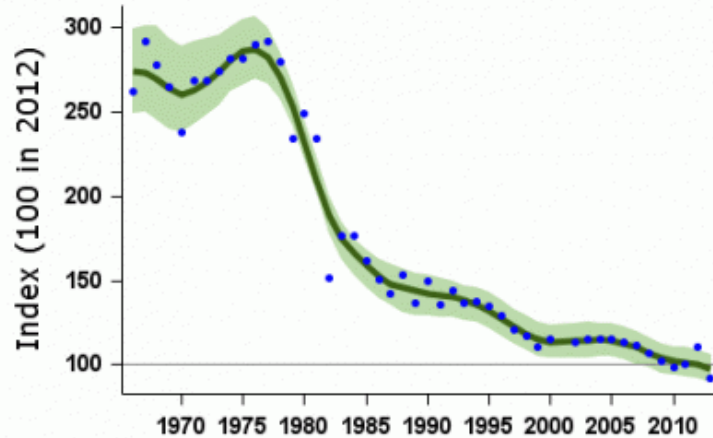


1. táblázat. A dolomitlen egy szubpopulációjának demográfiai adatai.

| | Jelölés | Összefüggés | 2001 | 2003 | 2005 | 2007 |
|--|------------|---|------|------|------|------|
| Egyedszám az aktuális évben | I | $I = I_k - E + N$ | 1091 | 1040 | 1017 | 1032 |
| Egyedszám 2 évvel az aktuális év előtt | I_k | | – | 1091 | 1040 | 1017 |
| Eltűnt egyedek száma | E | | – | 248 | 210 | 125 |
| Új egyedek száma | N | | – | 197 | 187 | 140 |
| Egyedszámváltozás | ΔI | $\Delta I = N - E = I - I_k$ | – | –51 | –23 | 15 |
| Eltűnt egyedek aránya (%) | e | $e = (E/I_k) \times 100$ | – | 22,7 | 20,2 | 12,3 |
| Új egyedek aránya (%) | n | $n = (N/I_k) \times 100$ | – | 18,1 | 18,0 | 13,8 |
| Egyedszámváltozás aránya (%) | c | $c = (\Delta I/I_k) \times 100 = n - e$ | – | –4,6 | –2,2 | 1,5 |

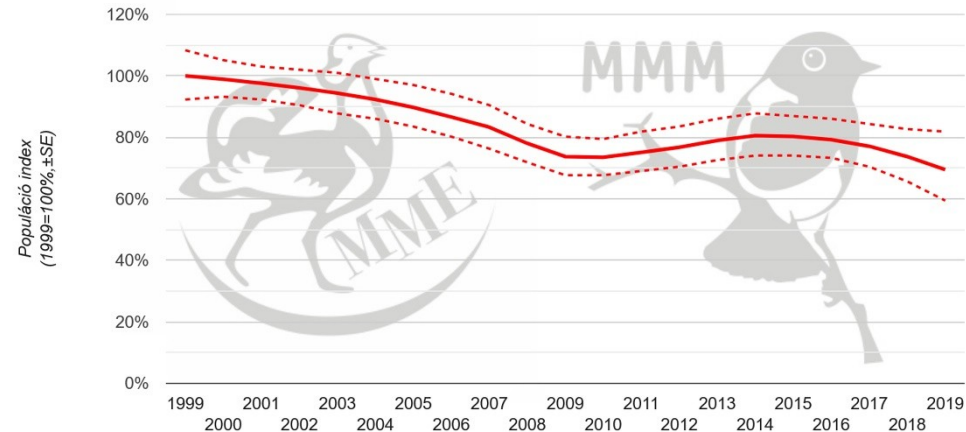
Dobolyi (2008) Rosalia

CBC/BBS England 1966–2013
Skylark



Baillie et al. (2004) BTO Report No 385.

az agrár élőhelyek biodiverzitás indikátora (16 faj, simított | smooth) / fészkelési időszak / Magyarország / 1999-2019



Változás iránya és mértéke: csökkenés / Trend: -1,50% (±0,30%) / P<0.01

<https://mmm.mme.hu/charts/trends>

Biodiverzitás-monitorozó programok Európában

Az EuMon EU FP6 projekt adatbázisa: <http://eumon.ckff.si>

Contract Number: 6463

Research European Commission

eu mon

EU-wide monitoring methods and systems of surveillance for species and habitats of Community interest

Halt the loss of biodiversity by 2020

Welcome to the EuMon portal
Biodiversity monitoring in Europe

An information and support platform for biodiversity monitoring in Europe

Developed and maintained by EuMon, EBONE, and SCALES for the European biodiversity monitoring community

NEW

EuMon and EU BON join forces for enhanced access to monitoring data

The EuMon project (2004-2008) created Europe's most comprehensive metadata catalogue of biodiversity monitoring activities. The EU BON project (2012-2017) (www.eubon.eu) is now building a new portal where this information is highlighted. Therefore, the original EuMon catalogue is now being expanded with new information on data availability and access; coordinators can also express their interest in getting support for data analysis. Furthermore, the current number of monitoring schemes in the EuMon catalogue could be increased, as the catalogue still covers less than half of all existing schemes in Europe. EuMon and EU BON will therefore launch soon a campaign to update and expand the catalogue. This will also create an opportunity for the willing monitoring schemes to publish their data through the EU BON Portal and the Global Biodiversity Information Facility (www.gbif.org). This allows, for instance, related monitoring schemes in different countries integrate with each others data. Stay tuned.

Motivation
Information available
Support tools available
How can I contribute?

Program count: 414
Scheme count: 649
Species: 472
Habitats: 177

Input history

Navigation

About EuMon

Summary
News
Partners
Job opportunities
Presentations of EuMon

EuMon Database on Monitoring Schemes

About the database
Login / Registration
Browse the schemes
DaEuMon-Search
Create overview graphs
BioMAT

About Participatory Monitoring Networks

Volunteering in biodiversity monitoring
List of PMNs in Europe
Overview graphs & tables
Describe your PMN

National Responsibilities

About National Responsibilities & Conservation Priorities
Natura 2000

EuMon products

Policy briefs
Deliverables

A research project funded by the European Union

Monitoring programs

Programs list

Introduction

Print Login

Page: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

Search the database

Monitoring schemes available: 649 / Species: 472 / Habitats: 177

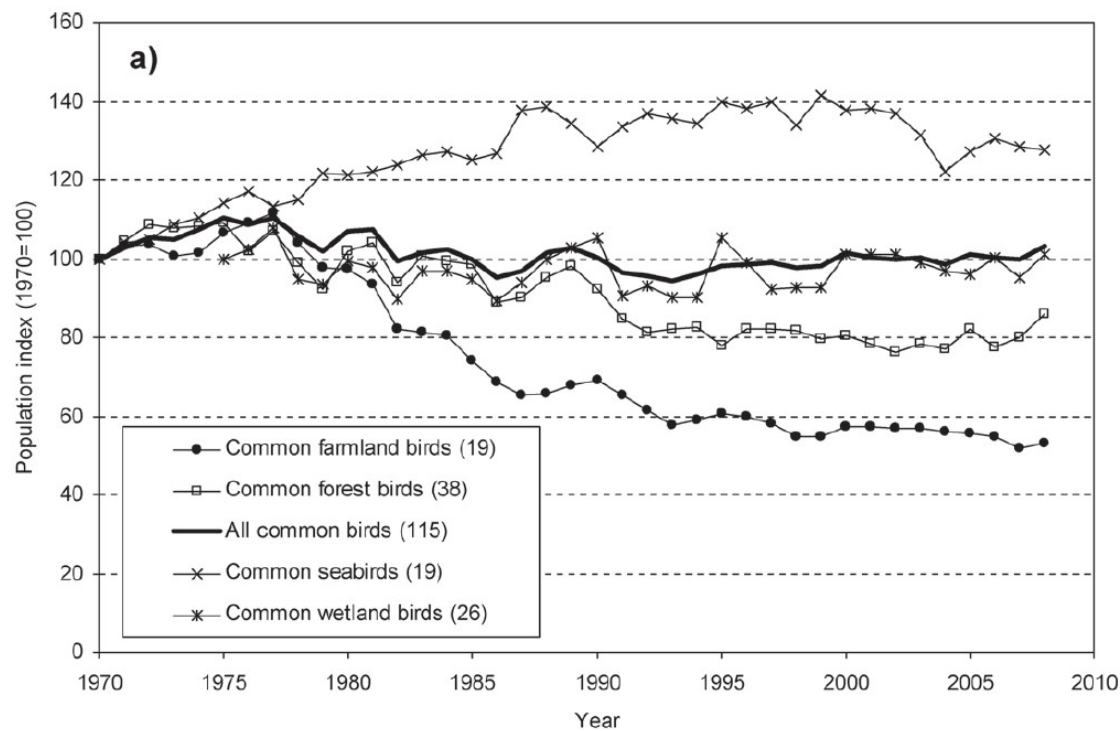
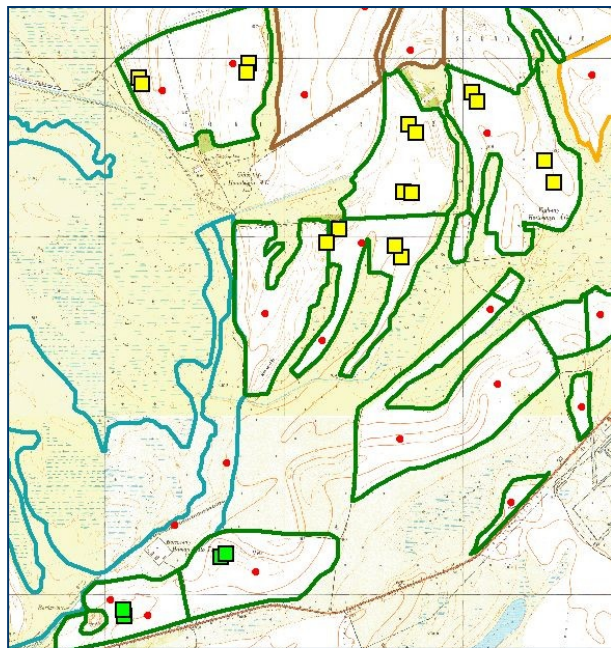
Click the field name to sort...

| Typed in | Program name | Coordinator | Country | Scheme name |
|------------|---|-------------------|-------------|--|
| 2017-06-27 | Wider Countryside Butterfly Survey | Bose Anushika | ?? | Wider Countryside Butterfly Survey |
| 2017-06-27 | Waterways Breeding Bird Survey | Bose Anushika | ?? | Waterways Breeding Bird Survey |
| 2016-06-28 | RAPELD - a method that would be appropriate for long-term ecological studies, but that would permit rapid surveys to evaluate biotic complementarity and land-use planning in Amazonia. | Magnussen William | Europe wide | A standardised, integrated, modular monitoring scheme which is compatible with existing initiatives and can be implemented with the minimum amount of manpower - thereby reducing costs - and provides data quickly. |
| 2016-02-20 | SEMICE (Small mammal monitoring in Spain) | Torre Ignasi | Spain | SEMICE |
| 2015-01-06 | Biodiversity Monitoring Scheme in Luxembourg | Mestdagh Xavier | Luxembourg | Pine Marten Monitoring Scheme in Luxembourg |
| 2015-01-06 | Biodiversity Monitoring Scheme in Luxembourg | Mestdagh Xavier | Luxembourg | Reptile Monitoring Scheme in Luxembourg |
| 2015-01-06 | Biodiversity Monitoring Scheme in Luxembourg | Mestdagh Xavier | Luxembourg | Butterfly Monitoring Scheme in Luxembourg |
| 2015-01-06 | Biodiversity Monitoring Scheme in Luxembourg | Mestdagh Xavier | Luxembourg | Hazel Dormouse Monitoring Scheme in Luxembourg |
| 2015-01-06 | Biodiversity Monitoring Scheme in Luxembourg | Mestdagh Xavier | Luxembourg | Wildcat Monitoring Scheme in Luxembourg |
| 2014-07-04 | Global change observatory - Doñana | | Spain | Observatorio de Cambio Global - Doñana |
| 2014-06-21 | Local Lepidoptera Monitoring | | ?? | Biodiversity index based on light trapping |
| 2014-06-21 | Local Lepidoptera Monitoring | | ?? | Butterfly Transect |
| 2014-05-19 | Species observation service | Valland Nils | Norway | Species occurrence mapping |
| 2014-05-16 | European Breeding Bird Atlas 2 | Keller Verena | Europe wide | European Breeding Bird Atlas 2 |
| 2014-05-12 | Israel Butterflies Monitoring | Pe'er Israel | Israel | National Butterfly Monitoring Scheme in Israel (BMS-IL) |
| 2013-04-26 | Lesser White-fronted Goose monitoring network | Tolvanen Petteri | Finland | Monitoring of the Fennoscandian population of the |

Madármonitorozás: Schmeller et al. (2012) Nat. Cons.
Élőhely-monitorozás: Lengyel et al. (2008) Biodiv. & Cons.

A biodiverzitás-monitorozás

- célok, megközelítések, módszerek rendkívül változatosak
- közös tulajdonság: cél a **változás kimutatásának képessége** (ability to detect changes)





Gregory & van Strien (2010) Ornithol. Sci.

Monitorozás = mérés

Teljes mérés (census)

- ha minden egyedet mérünk (számolunk): abszolút számok (pl. dolomitlen)

Mintavételen alapuló mérés

- ha nem tudunk minden egyedet mérni: relatív számok, indexek
- **statisztikai populáció**: az összes vizsgálati objektum, melyre eredményeink vonatkoztathatóak ( biológiai populáció!)
- **minta**: a statisztikai populációnak az a része, melyet a valóságban is mérünk
 - statisztikai minta (mérések  adathalmaz)
 - fizikai minta (pl. talajminta)
- **mintavételi egység**: amin a mérés fizikailag történik

Mintavételi szabályok a reprezentativitás érdekében

Adatpontok függetlensége

- mintavételi egység 🚗 statisztikai populáció egyede
- egyik egység mintába kerülését a másik egység mintába kerülése ne befolyásolja

Randomizálás

- cél: a statisztikai populáció egyedei egyenlő eséllyel kerülhessenek a mintába
- ha bizonyos egyedek bekerülése befolyásolja más egyedek bekerülését: torz minta
- zavaró tényezők hatásának kiszűrésére is (pl. napszakos vagy térbeli különbségek)

Standardizálás

- egy változó bizonyos szinten való tartása (pl. napszakos vagy térbeli különbségek)
- érvényesség 🎵 , kivitelezhetőség 🔧

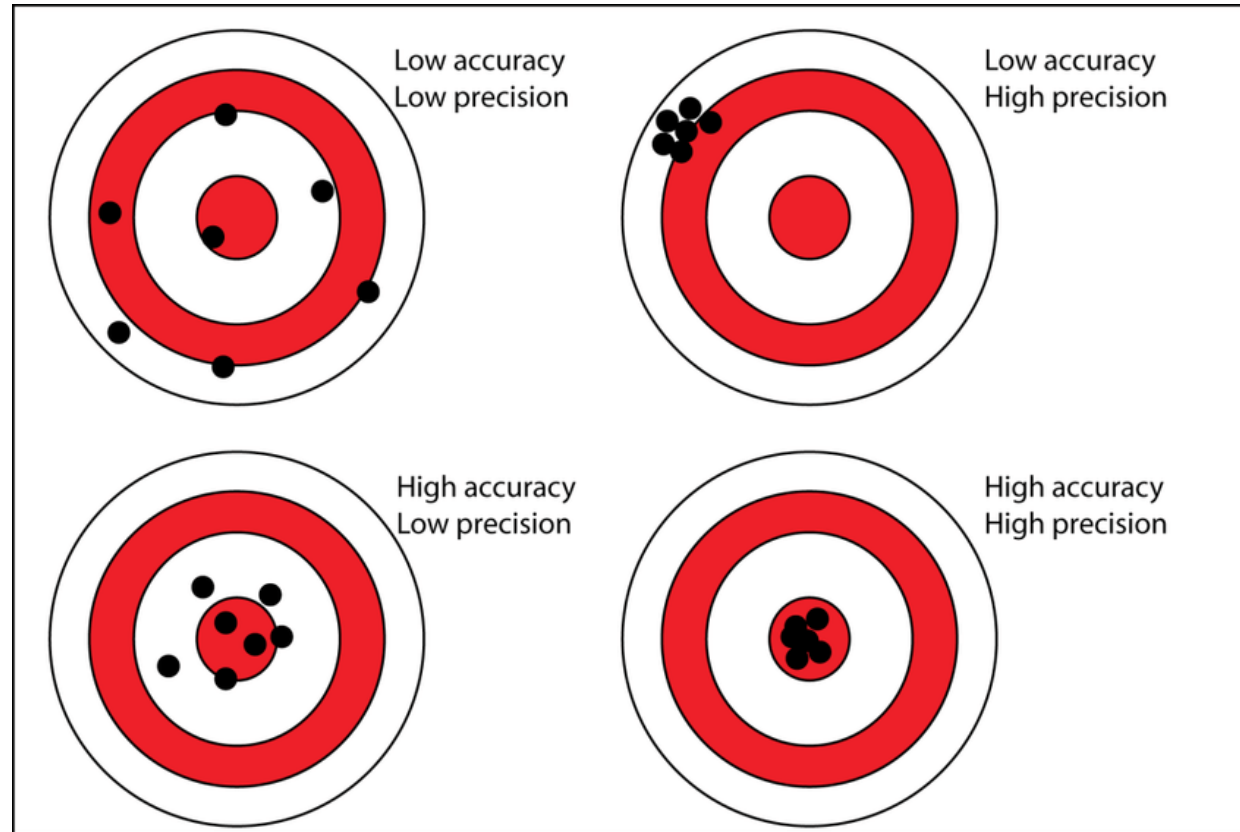
Ismételt mérés

- „egy mérés nem mérés” 📊 ismételt mérés 📊 statisztikai minta
- ismételhetőség: saját kutatásunkon belül, más kutatások számára
- mérési hiba becslésére
 - akkurátusság: mért és valós érték közelsége
 - precizitás: ismételt mérések közelsége

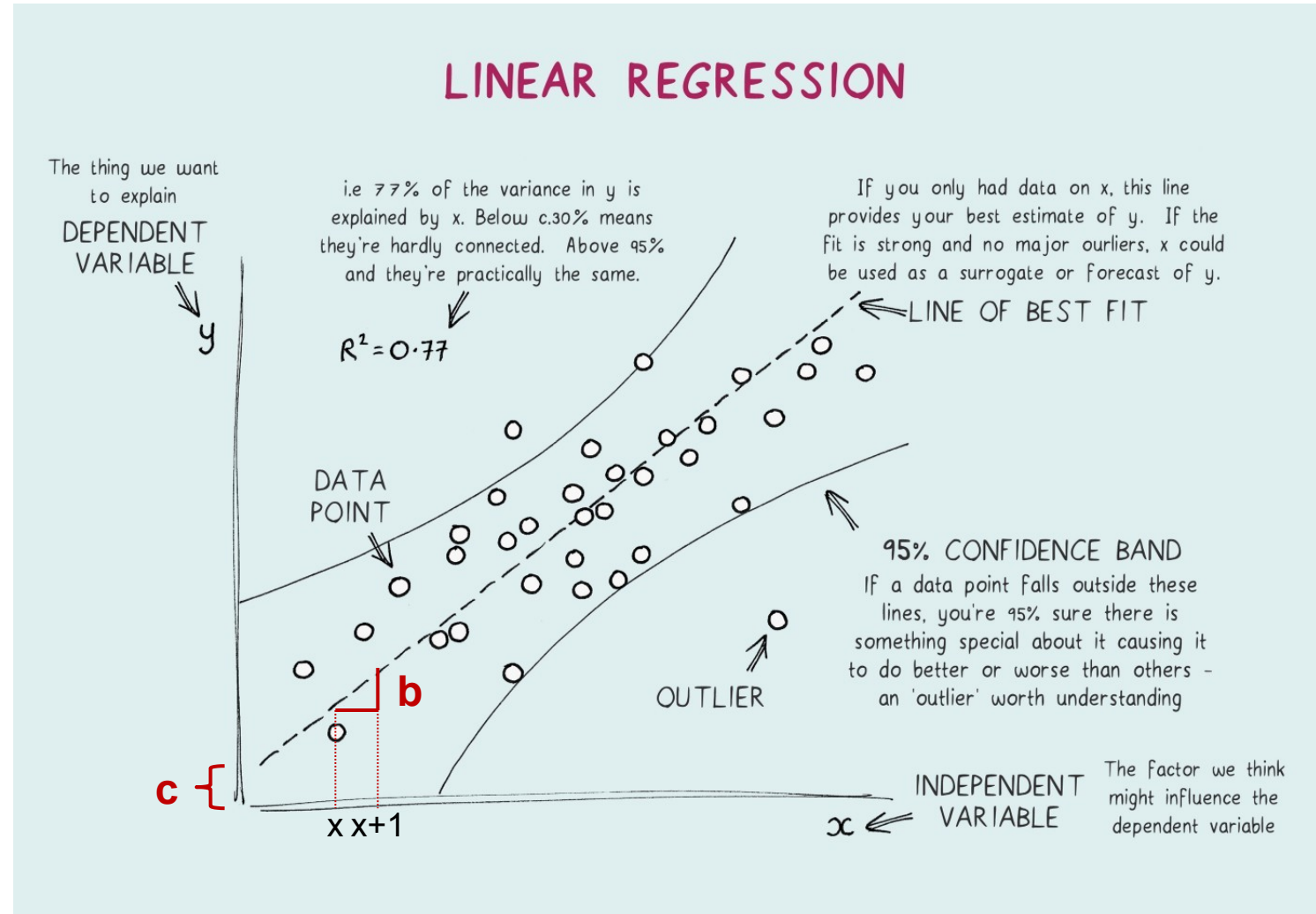
Monitorozás = időben ismételt mérés

Mérés

- Állomány-nagyság, denzitás, abundancia stb.
- Mérési hiba („pontosság”):
 - **akkurátusság**: mért és valós érték közelsége
 - **precizitás**: ismételt mérések közelsége



Mért adatok elemzése: pl. lineáris regresszió



$$Y = c + bX$$

Elemzés és értelmezés

- Statisztikai teszt: szignifikáns-e a trend vagy nem („random”)
- Mindig a nullhipotézist teszteljük („nincs trend”)

| Valóság | Statisztikai teszt eredménye | |
|--------------------------|--|---|
| | H_0 elfogadása | H_0 elutasítása |
| H_0 igaz (nincs trend) | Helyes döntés ($1 - \alpha$) | Elsőfajú hiba (Type I error, α) |
| H_0 hamis (van trend) | Másodfajú hiba (Type II error, β) | Helyes döntés ($1 - \beta$) |

Statisztikai erő (power)

- Statisztikai tesztekben általában elsőfajú hiba a fontosabb
- Monitorozásban NAGY szerepe van a másodfajú hibának is! („van trend, de nem tudjuk kimutatni”)

Statisztikai erő

- Milyen jól tudjuk a trendet becsülni = változás kimutatásának képessége!

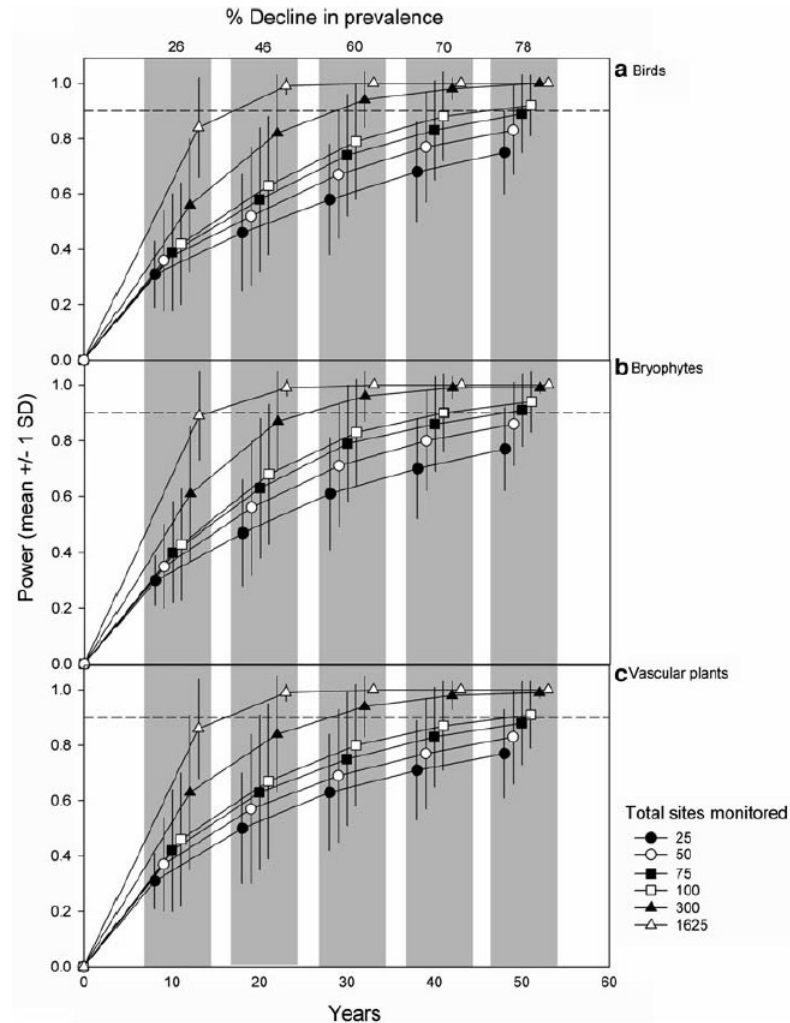
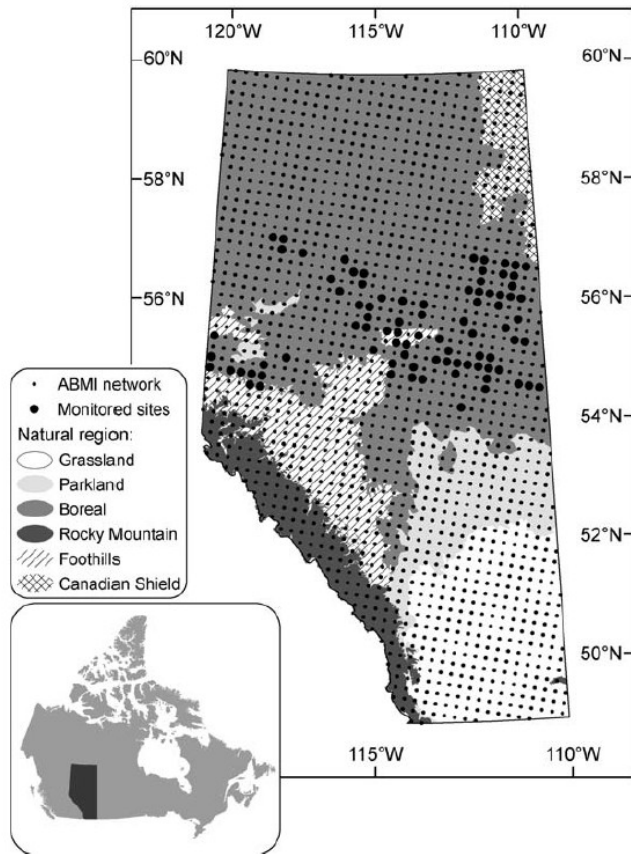


Table 3 Percent of species where 3% annual declines were detected at a power of 90% ($\beta = 0.1$) and an $\alpha = 0.1$ for combinations of sample size (number of monitoring sites) and period of monitoring (years and number of re-visits) by taxonomic group

| Taxa | Years | Number of re-visits | Number of monitoring sites (Number per panel) | | | | | |
|-------------------------------|-------|---------------------|---|---------|---------|----------|----------|------------|
| | | | 25 (5) | 50 (10) | 75 (15) | 100 (20) | 300 (60) | 1625 (325) |
| Birds (62 spp.) | 10 | 2 | 0 | 3 | 6 | 13 | 18 | 62 |
| | 20 | 4 | 11 | 18 | 21 | 27 | 64 | 100 |
| | 30 | 6 | 16 | 29 | 39 | 55 | 80 | 100 |
| | 40 | 8 | 21 | 42 | 60 | 66 | 97 | 100 |
| | 50 | 10 | 31 | 58 | 69 | 77 | 100 | 100 |
| Bryophytes (65 spp.) | 10 | 2 | 0 | 2 | 2 | 6 | 23 | 70 |
| | 20 | 4 | 6 | 18 | 23 | 40 | 71 | 98 |
| | 30 | 6 | 18 | 37 | 48 | 60 | 91 | 100 |
| | 40 | 8 | 23 | 48 | 68 | 71 | 97 | 100 |
| | 50 | 10 | 37 | 66 | 74 | 85 | 100 | 100 |
| Vascular plants (125 spp.) | 10 | 2 | 0 | 2 | 5 | 12 | 34 | 66 |
| | 20 | 4 | 8 | 28 | 32 | 38 | 62 | 100 |
| | 30 | 6 | 26 | 36 | 46 | 54 | 82 | 100 |
| | 40 | 8 | 30 | 45 | 56 | 63 | 95 | 100 |
| | 50 | 10 | 32 | 53 | 65 | 76 | 100 | 100 |
| | | | 10000 | 20000 | 30000 | 40000 | 120000 | 650000 |
| | | | Spatial scale (km ²) at 20-km spacing | | | | | |

Bizonytalanság és forrásai

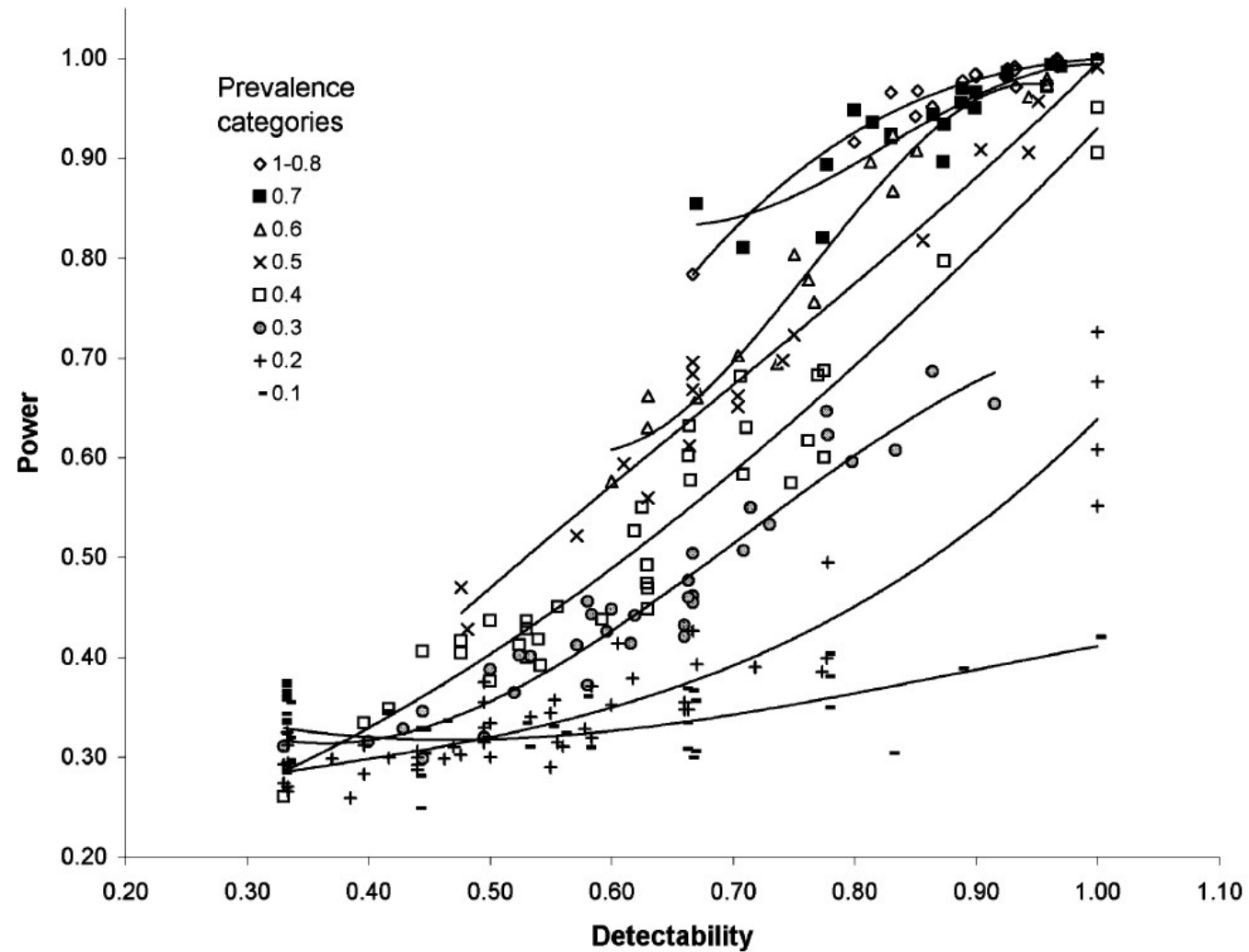
Bizonytalanság (uncertainty) forrásai a monitorozásban

- Kik az érintettek, **ki monitoroz**, mit mintázunk, hol mintázunk, mintavétel területi és időbeli **reprezentativitása**, ok-okozati összefüggések, fajok elterjedése, fajok **detektabilitása**, fajok határozása, távérzékelés, komplementaritás, rétegzettség érvényessége, adatminőség, adatkezelés, adatfeldolgozás stb.

Detektabilitás, észlelhetőség

- évszak, napszak, időjárás, élőhely, távolság, haladási sebesség, faj aktivitása, viselkedése, monitorozók gyakorlottsága stb.
- University of East Anglia kampusz tavánál récék, sirályok és fűzfák számlálása egyetemi hallgatókkal (**Sutherland 2000**), variációs koefficiensek (szórás/átlag*100):
 - Récék: 18%
 - Sirályok: 37% → **világos instrukciók** fontossága!
 - Fűzfák: 137% (12 – 260)
- vizsgálati lehetőségek:
 - Időbeli ismétlések
 - Távolságon alapuló mintavételi módszerek (distance sampling)
 - Jelölés-visszafogáson alapuló módszerek (capture-mark-recapture)

Detektabilitás és statisztikai erő



50 hely, 20 év,
évi 3% csökkenés

Gyakoriság* detektabilitás és statisztikai erő

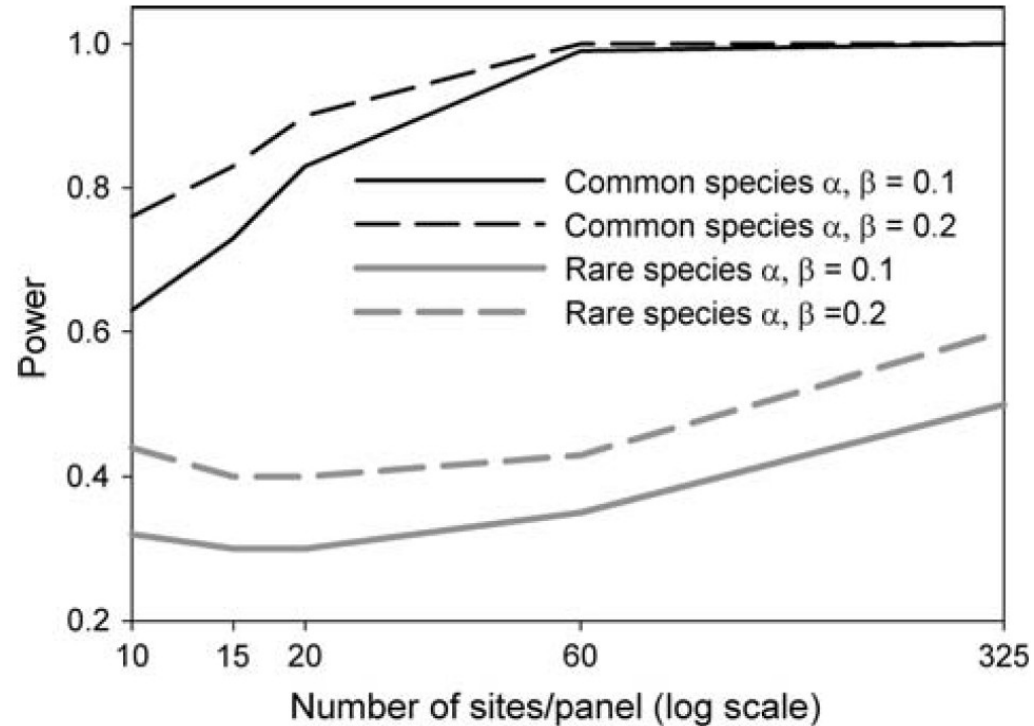
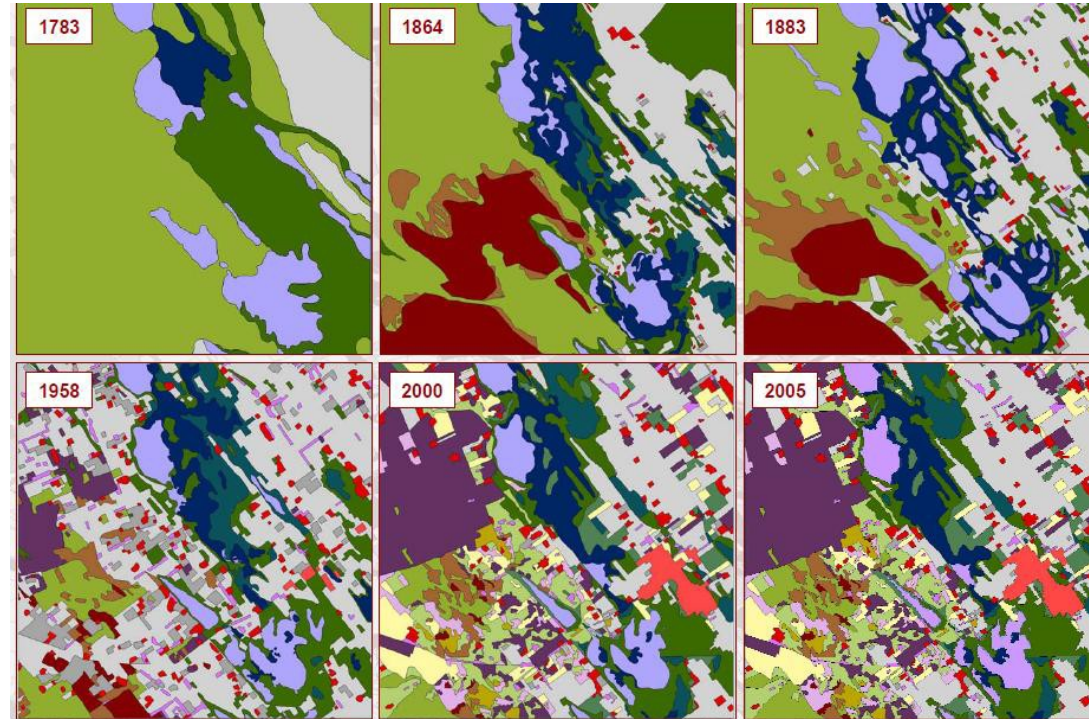


Fig. 4 Power to detect change over time for $\alpha = \beta$ at 0.1 and 0.2. These analyses were conducted for a common, easily-detected species (prevalence = 0.74, detectability = 0.89) and a rare, difficult to detect species (prevalence = 0.13, detectability = 0.33)

Élőhely-monitorozás

- élőhelyek/élőhelytípusok területi és minőségi változásainak nyomon követése
- tájablakokban vagy faltól falig
- megközelítések:
 - terepi mintavételezés, térképezés (*in situ* field sampling)
 - távérzékelés (remote sensing)
 - régi térképek feldolgozása
- csereviszony (trade-off) a térbeli és időbeli lépték mentén:
 - terepi mintavétel: kisebb lépték
 - távérzékelés: nagyobb lépték
 - optimális megoldás: a kettő együtt, egymást kiegészítve



Bíró et al. (2006). NBmR eredmények

A biodiverzitás-monitorozás egyik fő kihívása

- optimális monitorozó rendszer \approx Szent Grál
- a legtöbbször nem ismert olyan monitorozási módszer, mely optimális (maximális információ/erőfeszítés arányú) és minden körülmény között biztosítja a változás kimutatásának képességét (azaz a magas statisztikai erőt)
- kezelések és restaurációk: „optimális” módszer meghatározása lehetséges számos példa alapján leszűrhető tapasztalatok szintézisével, szisztematikus review-k, meta-elemzések alkalmazásával
- monitorozás: a meta-adatok alapján lehet egységes értékelést készíteni (?)



Értékelés (evaluation) és viszonyítás (benchmarking)

- A benchmarking „olyan elemzési és tervezési eszköz, mely lehetővé teszi a vállalat összehasonlítását a versenytársak legjobbjával, valamint más iparágakba tartozó vállalkozásokkal.” ... „(...) folyamat során a vállalat különböző módszereit, folyamatait és eredményeit összevetik egy vagy több más vállalat hasonló jellemzőivel, annak érdekében, hogy fény derüljön a racionalitási, valamint minőség- és teljesítménynövelési lehetőségekre.” (Wikipédia)
- nem abszolút, hanem **relatív**: Hogyan teljesítünk a többi hasonló vállalathoz képest?
- benchmark ≈ viszonyítási pont, benchmarking: folyamat
- → alkalmazási lehetőség a természetvédelmi biológiában?



Az EuMon projekt (2005-2009)

- meta-adatbázis az európai biodiverzitás-monitorozó programokról
- meta-adat: hogyan történik az elsődleges adat gyűjtése?

| No. | Variable * | Response option |
|-----|--|---|
| S1 | Species property monitored? | population trend, distribution trend, community/ecosystem trend |
| S2 | Type of data collected | presence/absence, counts (density), mark-recapture, age/size structure, phenology |
| S3 | Information on population structure | collected/not collected |
| S4 | Stratification in sampling design | yes/no |
| S5 | Experimental design | no, before/after comparison, design with control, design with before/after comparison and control |
| S6 | Criterion for site selection | exhaustive, random, systematic, personal/expert knowledge, other |
| S7 | Detection probability | accounted for/not accounted for |
| S11 | Total area monitored | (user-entered text) |
| S12 | Number of sampling sites | (user-entered text) |
| S13 | Number of samples per visit to sampling site | (user-entered text) |
| S15 | Inter-annual frequency of monitoring | (user-entered text), 1 for every year, 2 for every other year etc. |
| S16 | Number of sampling occasions | (user-entered text) |
| S17 | Time requirement for one sampling occasion | (user-entered text) in person-day |
| S18 | Starting year | (user-entered text) |
| S19 | Ending year (if known) | (user-entered text) |

| No. | Variable * | Response option |
|-----|--|--|
| H1 | Habitat property monitored? | habitat distribution/areal extent, habitat composition, both |
| H2 | Type of data collected | species presence-absence, species abundance |
| H4 | Documentation of spatial variation | remote sensing (aerial photography and satellite imagery), field mapping |
| H5 | Stratification in sampling design | yes/no |
| H6 | Experimental design | applied/not applied |
| H7 | Criterion for site selection | exhaustive, random, systematic, personal/expert knowledge, other |
| H10 | Total area monitored | (user-entered text) |
| H11 | Number of sampling sites | (user-entered text) |
| H12 | Number of samples per visit to sampling site | (user-entered text) |
| H13 | Inter-annual frequency of monitoring | (user-entered text), 1 for every year, 2 for every other year etc. |
| H14 | Number of sampling occasions | (user-entered text) |
| H16 | Starting year | (user-entered text) |
| H17 | Ending year (if known) | (user-entered text) |
| H20 | Spatial extent of monitoring | all habitats, not all habitats |

Az értékelés alapja

- Hogyan teljesít a monitorozó programunk a többi programhoz képest?
- három alapvető jellemző:
 - **mintavételi elrendezés** (sampling design)
 - **időbeli mintavételi erőfeszítés** (temporal sampling effort)
 - **térbeli mintavételi erőfeszítés** (spatial sampling effort)
 - (adatelemzés módja, mélysége)
 - (precízió: szakértői becslés vs. mintavételi erőfeszítés)



Mintavételi elrendezés (sampling design)

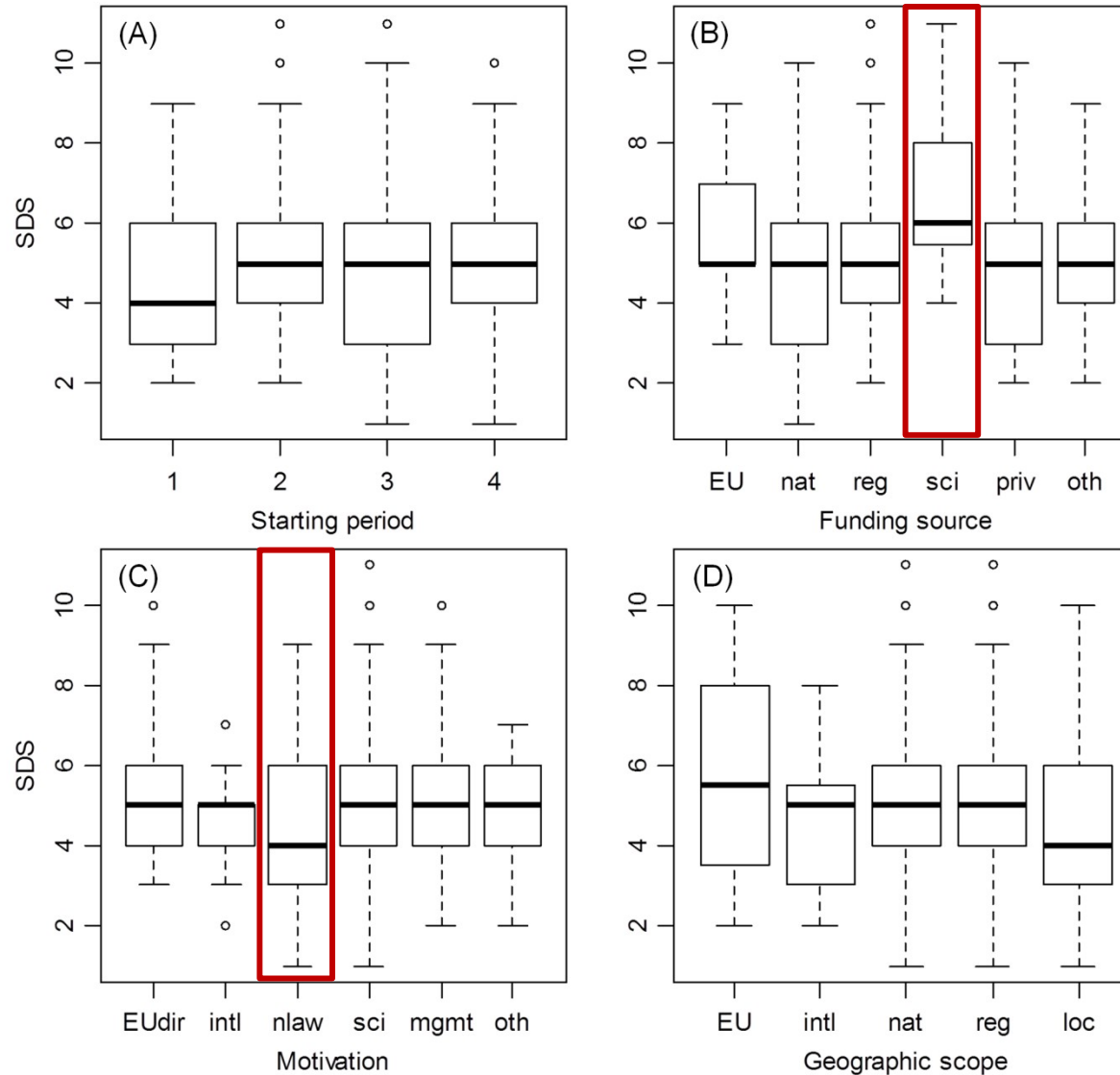
- pontozás (annál több pont, minél megalapozottabb v. minél több az információ)
- összpontszám:
 - faj-monitorozás: 0 – 13 pont
 - élőhely-monitorozás: 0 – 10 pont

| Variable | Response option | Score |
|-------------------------------------|---|-------|
| Monitored property | Population trend | 0 |
| | Distribution trend | 1 |
| | Community/ecosystem trend | 2 |
| | Population + distribution trend | 1 |
| | Population + community trend | 2 |
| | Distribution + community trend | 3 |
| | All three of the above | 3 |
| Data type | Presence/absence | 0 |
| | Age/size structure | 1 |
| | Phenology | 1 |
| | Counts | 2 |
| | Mark-recapture | 3 |
| Information on population structure | No | 0 |
| | Yes | 1 |
| Stratification of sampling design | No | 0 |
| | Yes | 1 |
| Experimental design | Not used | 0 |
| | Before/after comparison | 1 |
| | Controlled experiment | 2 |
| | Before/after plus control | 3 |
| Selection of sampling sites | Expert/personal knowledge or other criteria | 0 |
| | Exhaustive, random, or systematic | 1 |
| Detection probability | Not quantified | 0 |
| | Quantified | 1 |

| Variable | Response option | Score |
|------------------------------------|---|-------|
| Monitored property | Species composition (quality) | 0 |
| | Distribution (quantity) | 1 |
| | Both of the above (quality and quantity) | 2 |
| Data type | Species presence/absence | 0 |
| | Species abundance | 1 |
| Documentation of spatial variation | Not reported / no spatial aspect | 0 |
| | Field mapping | 1 |
| | Remote sensing | 2 |
| Extent of monitoring | Certain habitat types in an area | 0 |
| | All habitat types in area | 1 |
| Stratification of sampling design | Not stratified | 0 |
| | Stratified | 1 |
| Experimental design | Not used | 0 |
| | Used | 1 |
| Selection of sampling sites | Expert/personal knowledge or other criteria | 0 |
| | Exhaustive, random, or systematic | 1 |

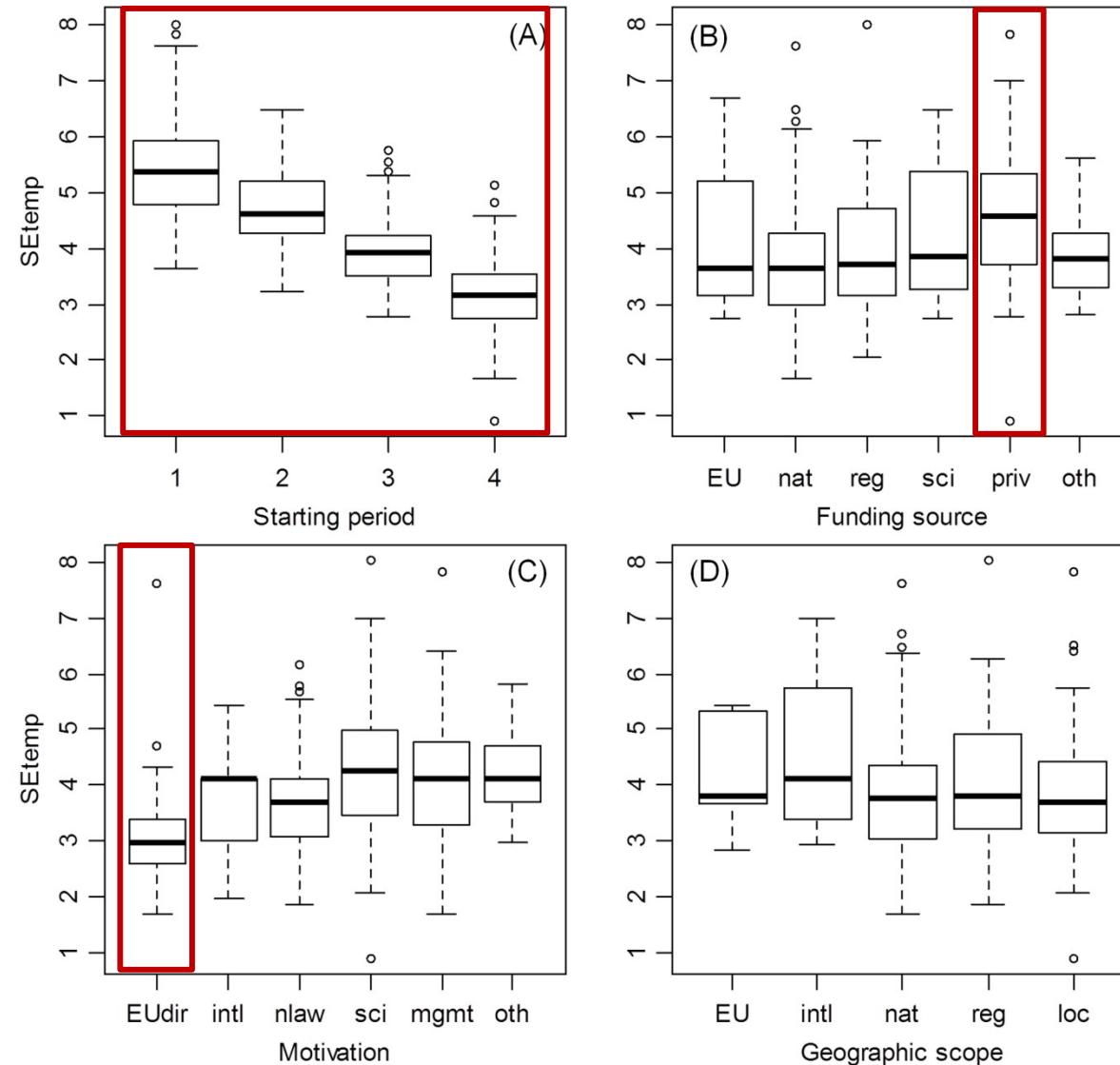
Mintavételi elrendezés (sampling design)

- összpontszám (medián, 25% és 75% interkvartilis, minimum, maximum)



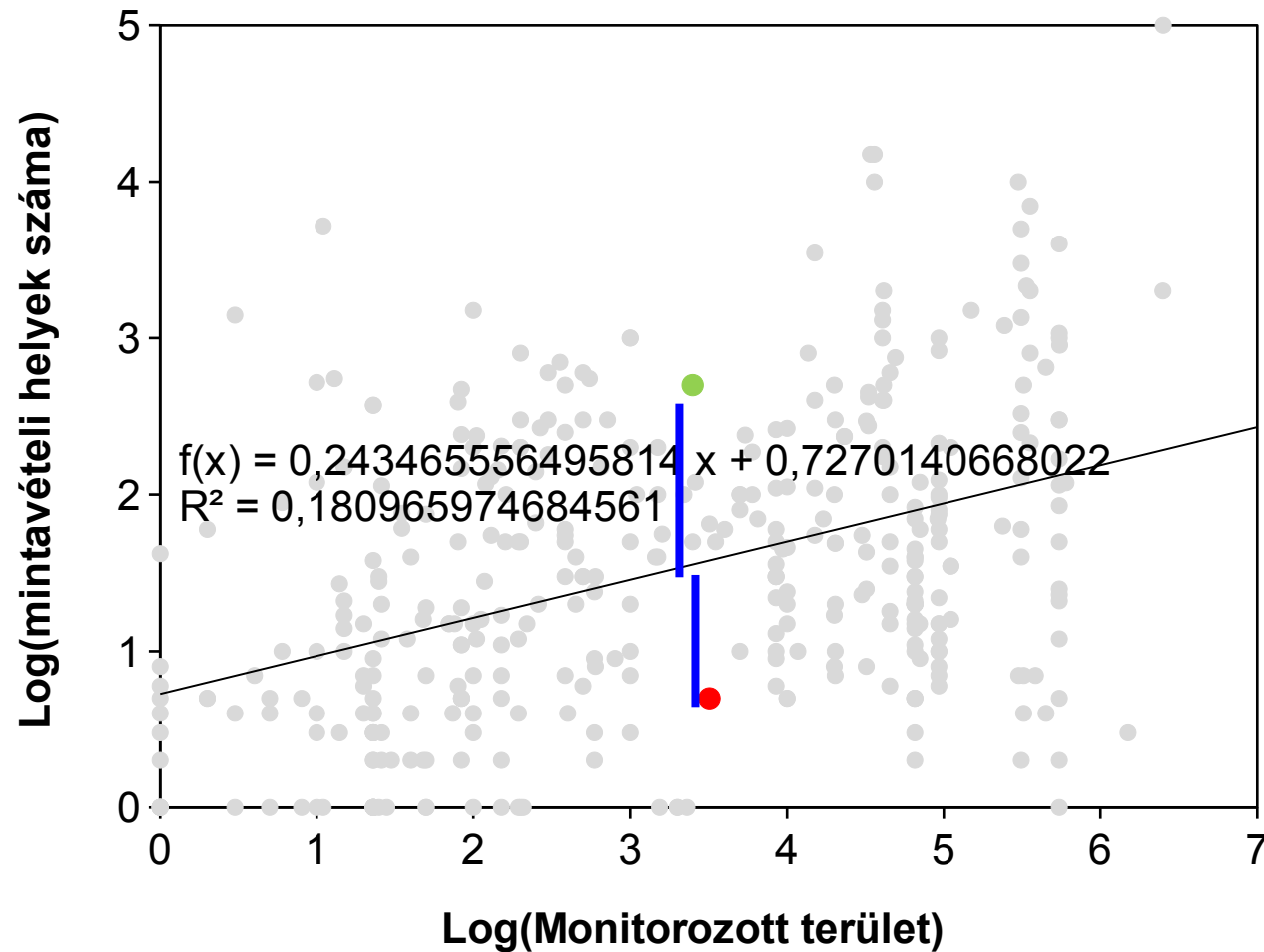
Időbeli mintavételi erőfeszítés (temporal sampling effort)

- index: $ME_{időbeli} = \log(F_{by}(T^2 - 1)(T * F_{wy} - 2))$
- F_{by} : évek közötti gyakoriság, F_{wy} : éven belüli gyakoriság, T : monitorozás ideje években

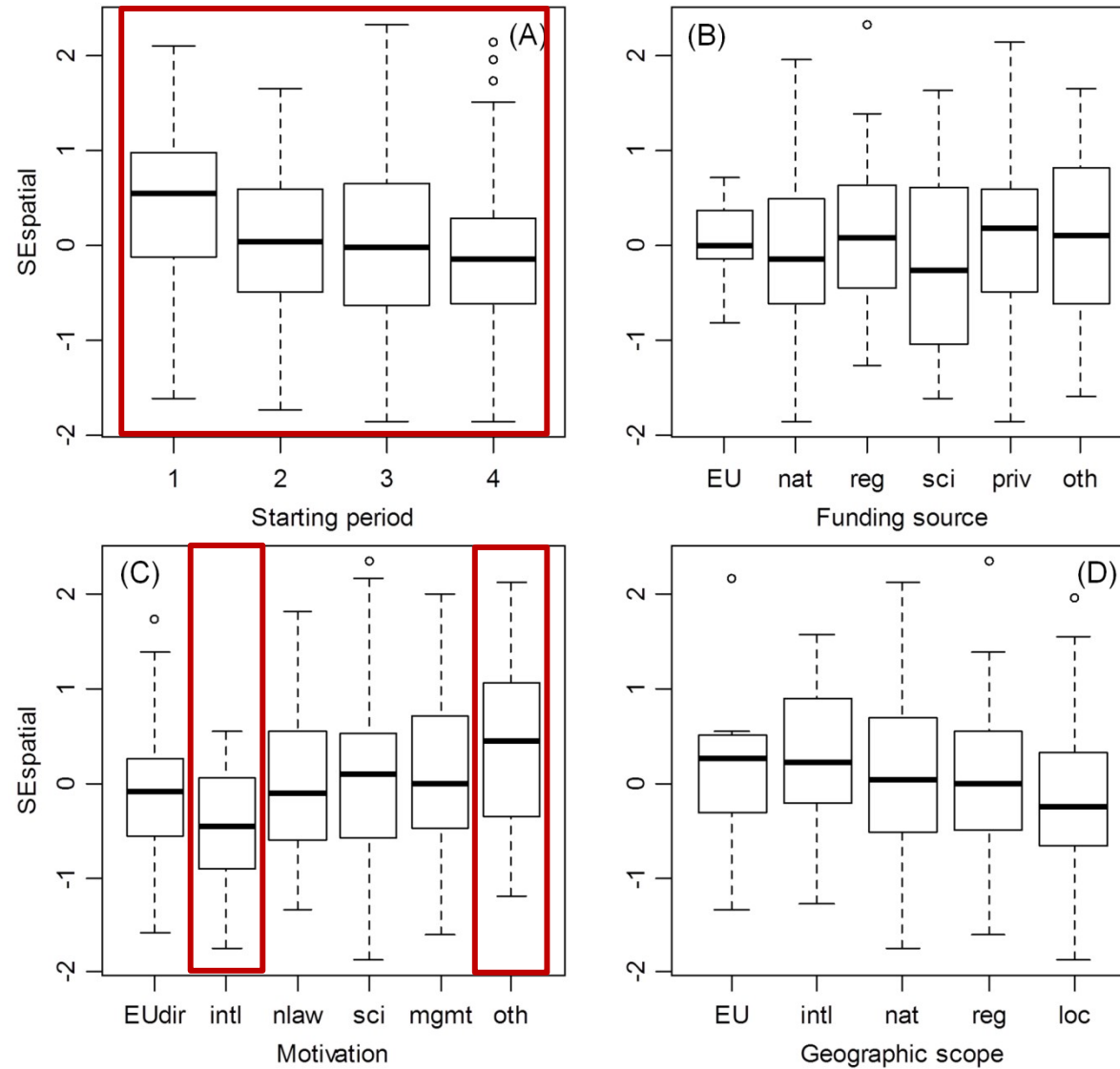


Térbeli mintavételi erőfeszítés (spatial sampling effort)

- mintavételi helyek száma a monitorozott terület függvényében:



Térbeli mintavételi erőfeszítés (spatial sampling effort)



A „benchmarking” alkalmazása

Mintavételi elrendezés

- átlagos pontszámok (= viszonyítási pontok):

| Monitorozott fajcsoport | Összpontszám | | |
|------------------------------|--------------|------|-----|
| | Átlag | S.D. | N |
| Alacsonyabbrendű növények | 4.9 | 1.63 | 22 |
| Edényes növények | 4.8 | 2.14 | 41 |
| Ízeltlábúak (főként rovarok) | 5.1 | 2.00 | 34 |
| Lepkék | 5.0 | 1.97 | 38 |
| Halak, makrogerinctelenek | 5.3 | 1.93 | 27 |
| Kétéltűek és hüllők | 5.2 | 1.83 | 43 |
| Madarak | 5.2 | 1.74 | 59 |
| Ragadozómadarak | 5.8 | 2.19 | 21 |
| Vízimadarak | 4.8 | 1.66 | 53 |
| Énekesmadarak | 5.4 | 1.82 | 27 |
| Kisemlősök | 4.6 | 1.91 | 28 |
| Denevérek | 4.1 | 2.07 | 23 |
| Nagytestű emlősök | 4.5 | 1.69 | 40 |
| Több csoport egyben | 5.7 | 1.77 | 14 |
| Összes csoport | 5.0 | 1.89 | 470 |

| EUNIS élőhely-kategória | Összpontszám | | |
|---------------------------|--------------|------|-----|
| | Átlag | S.D. | N |
| A csak tengeri | 5.3 | 1.92 | 12 |
| AB tengeri és tengerparti | 5.6 | 1.75 | 11 |
| B csak tengerparti | 6.5 | 2.83 | 16 |
| C vizes élőhelyek | 4.2 | 2.09 | 11 |
| D fenyérek és lápok | 5.7 | 3.01 | 13 |
| E gyep | 5.5 | 2.37 | 16 |
| F bokrosok, cserjések | 6.8 | 2.48 | 6 |
| G erdők | 5.2 | 1.66 | 41 |
| H barlangok | 6.5 | 0.71 | 2 |
| I szántók | 5.5 | 0.71 | 2 |
| X komplex élőhelyek | 6.0 | 2.14 | 8 |
| nem meghatározott | 5.0 | 2.35 | 38 |
| Összes kategória | 5.4 | 2.23 | 176 |

A „benchmarking” alkalmazása

Térbeli mintavételi erőfeszítés

- 1. regressziós egyenlet: $\log(N_{\text{prediktált}}) = c + b \cdot \log(\text{Terület})$

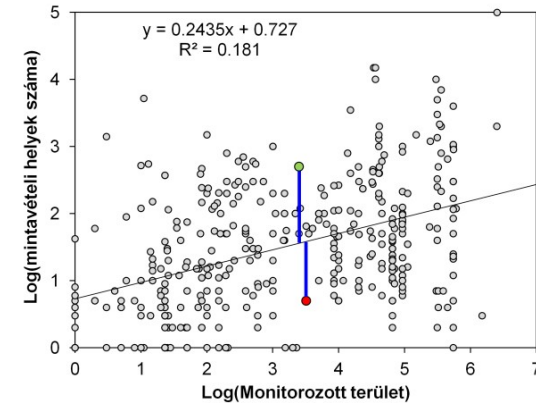
- 2. $ME_{\text{térbeli}} = N_{\text{helyek}} - N_{\text{prediktált}}$

- viszonyítási pont meghatározása

Pl.: edényes növények 100 km²-en zajló monitorozása esetén:

$$\log(N_{\text{prediktált}}) = \mathbf{0,47} + \mathbf{0,34} \cdot \log(\mathbf{100}) = 1,15; \text{ innen } N_{\text{prediktált}} \approx 14$$

azaz ha $N_{\text{helyek}} > 14 \rightarrow$ átlagon felüli térbeli erőfeszítés

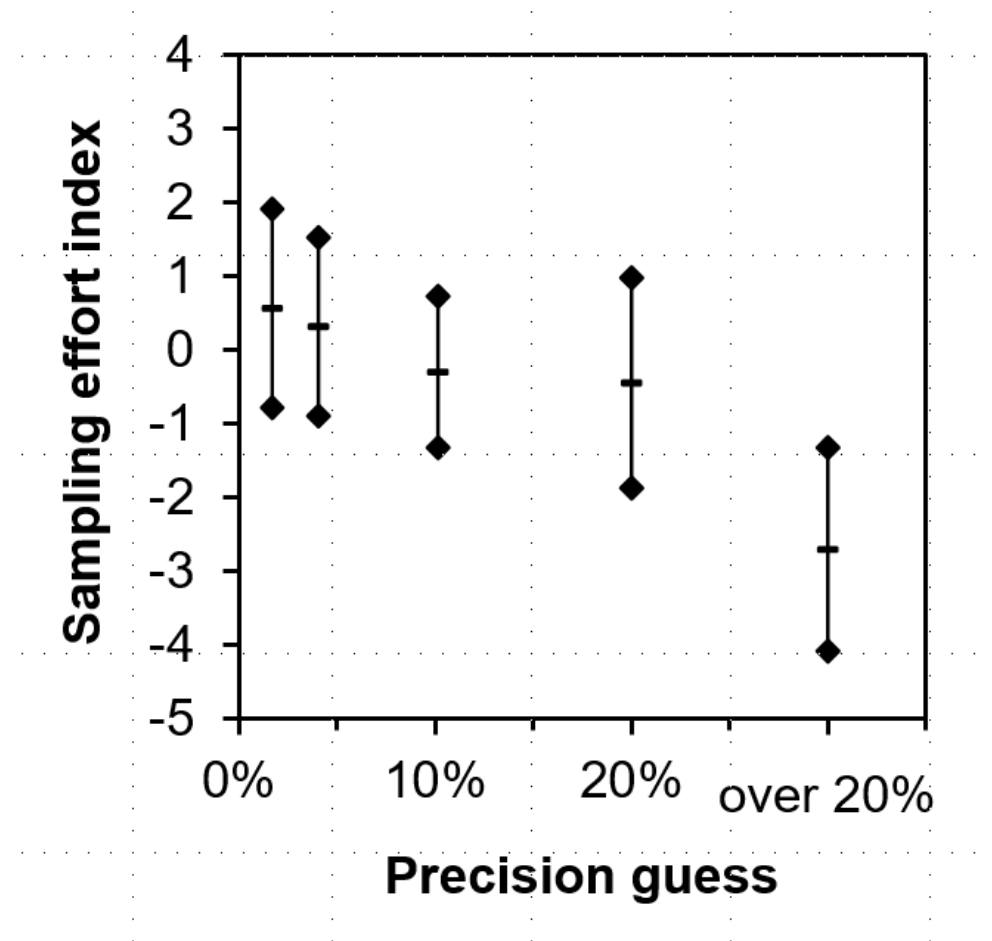


| Monitorozott csoport | c (tengelymetszet) | b (meredekség) | R ² | p |
|------------------------------|--------------------|----------------|----------------|-------|
| Alacsonyabbrendű növények | 1.40 | 0.15 | 0.056 | 0.343 |
| Edényes növények | 0.47 | 0.34 | 0.336 | 0.000 |
| Ízeltlábúak (főként rovarok) | 0.46 | 0.30 | 0.397 | 0.000 |
| Lepkék | 0.52 | 0.35 | 0.411 | 0.000 |
| Halak és makrogerinctelenek | 0.89 | 0.15 | 0.108 | 0.146 |
| Kétéltűek és hüllők | 0.82 | 0.22 | 0.119 | 0.040 |
| Madarak | 1.42 | 0.13 | 0.050 | 0.151 |
| Ragadozómadarak | 0.84 | 0.12 | 0.024 | 0.512 |
| Vízimadarak | 1.55 | 0.04 | 0.005 | 0.677 |
| Énekesmadarak | 0.45 | 0.20 | 0.216 | 0.019 |
| Kisemlősök | 0.33 | 0.25 | 0.351 | 0.001 |
| Denevérek | 0.88 | 0.15 | 0.091 | 0.197 |
| Nagytestű emlősök | 0.21 | 0.34 | 0.343 | 0.001 |
| Több csoport | 0.49 | 0.59 | 0.696 | 0.003 |

Monitorozó koordinátorok képbén vannak-e?

Egyezés vizsgálata

- A koordinátorok becslése a pontosságról és a meta-adatokból számolt erőfeszítés összefüggése



Benchmarking: alkalmazási lehetőségek

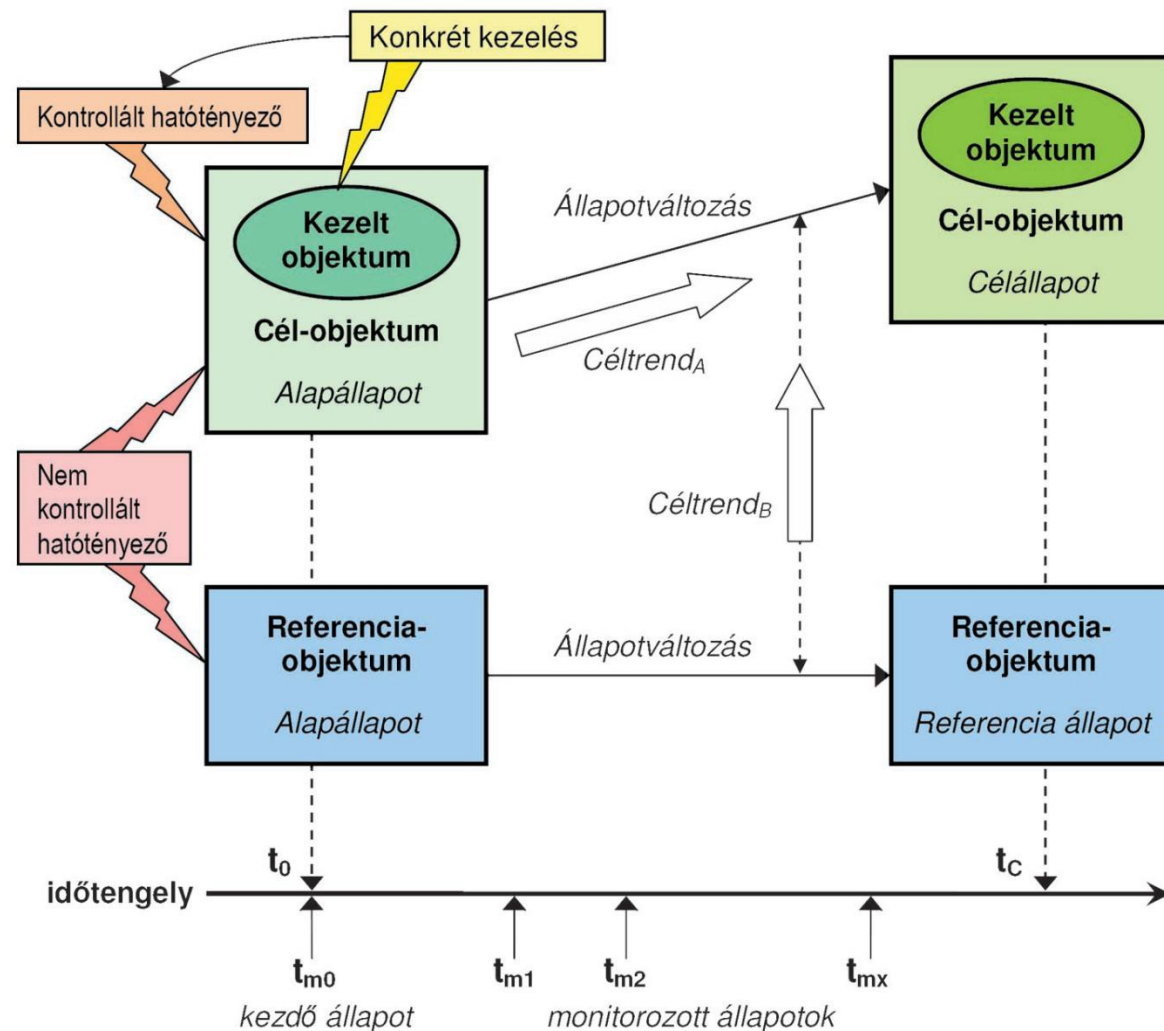
- „jó gyakorlatok” (best practice) azonosítása
- monitorozó rendszerek fejlesztése
- támpontok új monitorozó programok tervezéséhez
- monitorozó rendszerek integrálási lehetőségeinek felmérése
- költséghatékonyság becslésére és elemzése



Hatásmonitorozás

Hatás-monitorozás

- adott környezeti tényezőnek vagy beavatkozásnak az élővilág tagjaira gyakorolt hatását követi nyomon, általában térbeli változások kimutatása
- hipotézis-tesztelő \approx ökológiai kísérlet, alkalmasnak kell lennie arra, hogy a hatást más befolyásoló tényezőktől elkülönítse \rightarrow referencia vagy kontroll óriási szerepe!
- referencia-objektum/kontroll:
 - nem kezelt, nem helyreállított, spontán folyamatok által érintett vagy passzív módon kezelt objektum
 - kezelt objektummal a kezelés előtt mindenben megegyezik

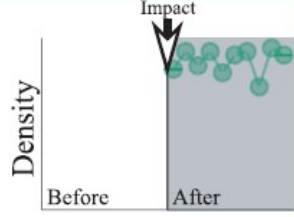
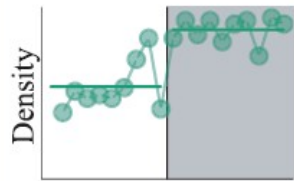
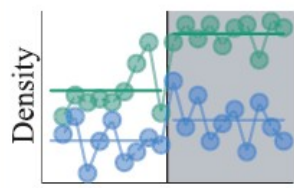
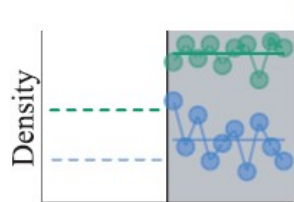
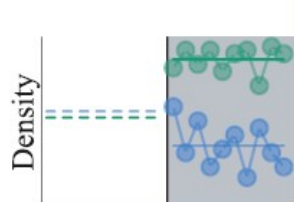


Szép et al. (2011) Biodiverzitás monitorozás

http://www.nyf.hu/kornyezet/sites/www.nyf.hu.kornyezet/files/tamop/Biodiverzitas_monitorozas.pdf

Hatásmonitorozás: elrendezések

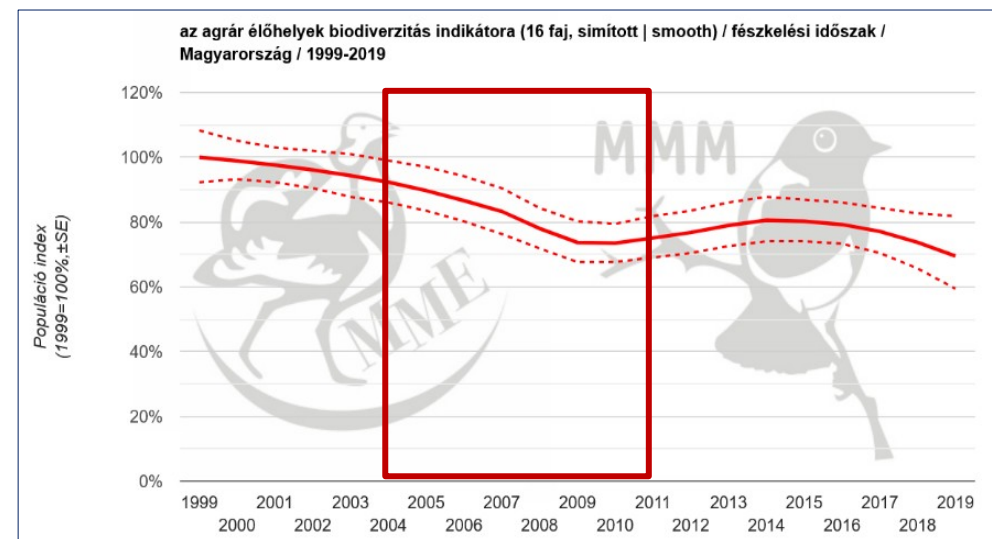
- Before-After-
Control-Impact
(BACI) elrendezés

| Design | Sampling regime | Relative cost | Relative difficulty in ecology | Suitability | Ecological examples of use |
|---|---|---------------|--------------------------------|--|--|
| After |  | Very low | Very low | Most systems Where control unfeasible Unpredictable impacts | Pond creation |
| Before-After (BA) |  | Moderate | Moderate | Predictable impacts Where control unfeasible Availability of pre-impact data | Wildlife tunnels under roads |
| Before-After Control-Impact (BACI) (BARI, MBACI, BACIPS) |  | High | High | Predictable impacts Appropriate control Availability of pre-impact data | MPA effectiveness, renewable energy infrastructure |
| Control-Impact (CI) (Space-for-Time, Impact versus Reference Sites) |  | Low | Moderate | Unpredictable impacts Large-scale replicates that cannot be truly randomised | Oil spill or other pollution event |
| Randomised Controlled Trial (RCT) |  | Low | Very high | Unpredictable impacts Small-scale replicates appropriate for randomisation | Peatland restoration, field margins |

Christie et al. 2019. J Appl. Ecol.

BACI elrendezés: példa

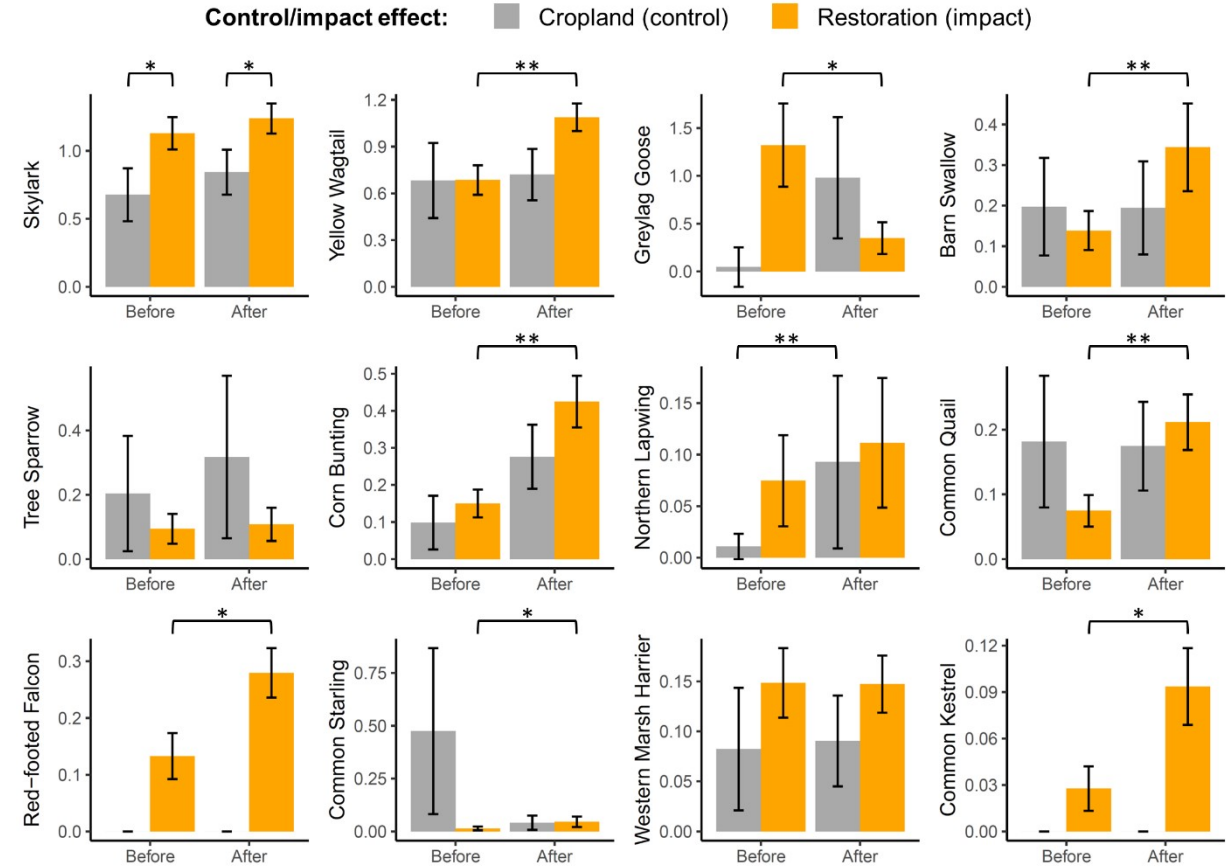
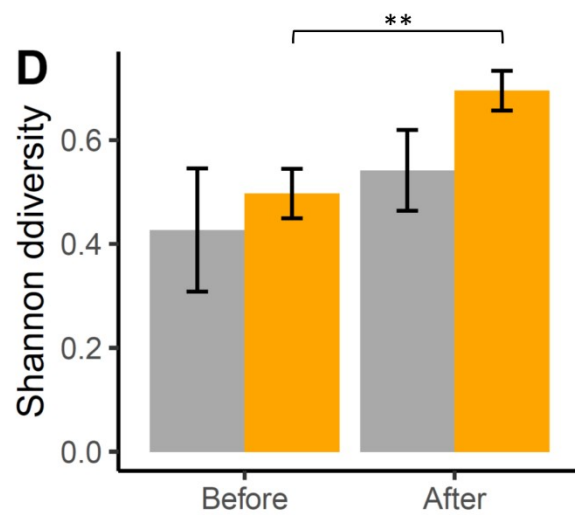
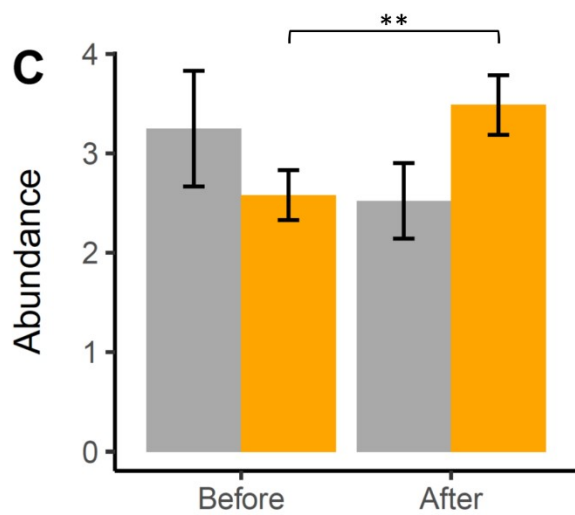
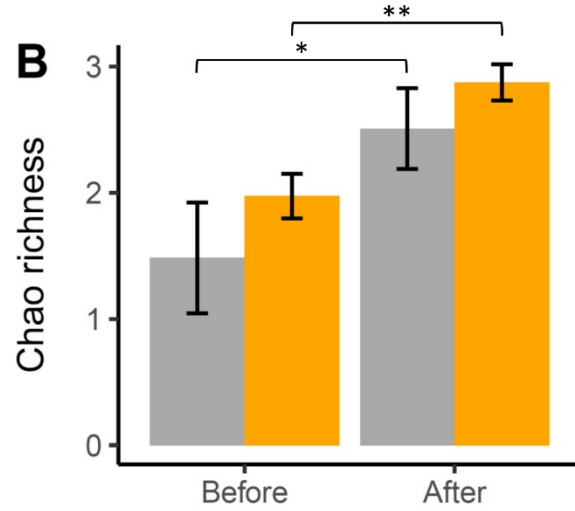
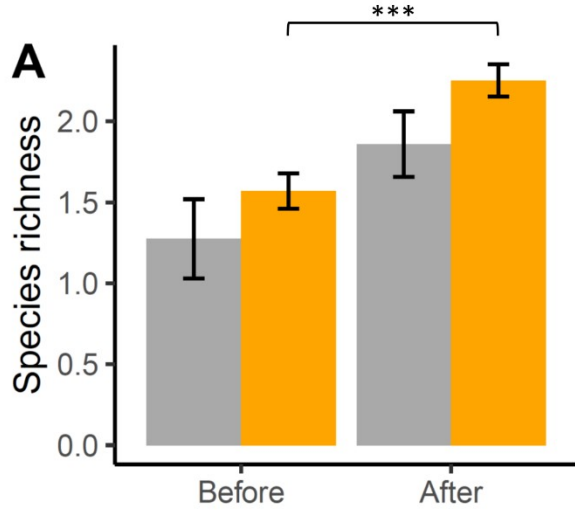
- Egyek-Pusztakócs, madár pontszámlálás (2004-2011)



| Intervention | Method | N fields | Before (min. 2 years) | After (min. 3 years) | Total (min. 5 years) |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------|-----------------------|----------------------|-------------------------------|
| Restoration (Impact) | Grass sowing | 18 | 39 sites, 90 counts | 39 sites, 199 counts | 39 sites, 289 counts |
| | Alfalfa sowing | 13 | 15 sites, 46 counts | 15 sites, 49 counts | 15 sites, 95 counts |
| | Hay transfer | 4 | 4 sites, 11 counts | 4 sites, 12 counts | 4 sites, 23 counts |
| Extensive cropland (Control) | Alfalfa, cereals, corn etc. | 5 | 11 sites, 22 counts | 11 sites, 49 counts | 11 sites, 71 counts |
| Intensive cropland (Double control) | Alfalfa, cereals, sunflower | 7 | - | - | 9 sites, 9 counts (only 2009) |

BACI elrendezés: példa

Control/impact effect: ■ Cropland (control) ■ Restoration (impact)



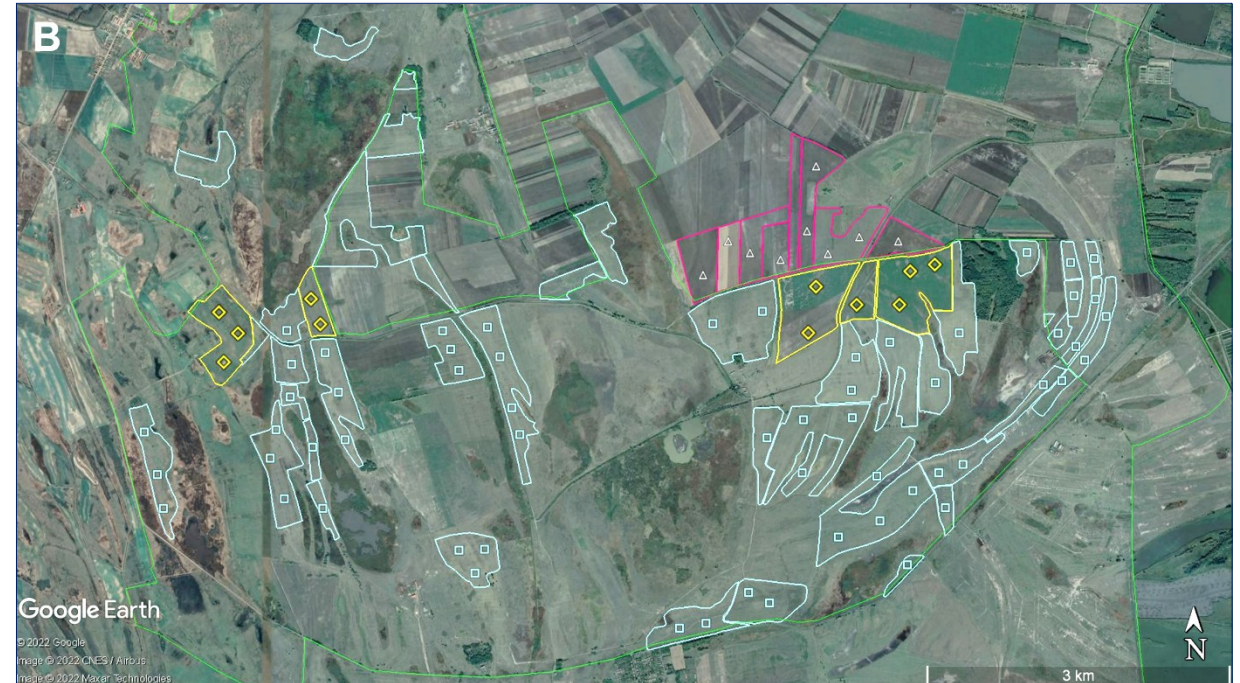
BACI: előnyök és hátrányok

Előnyök

- adatok a hatás előtti állapotról
- megfelelő kontroll biztosítása
- hatás vs. kontroll → kauzalitás
- prediktálható hatások

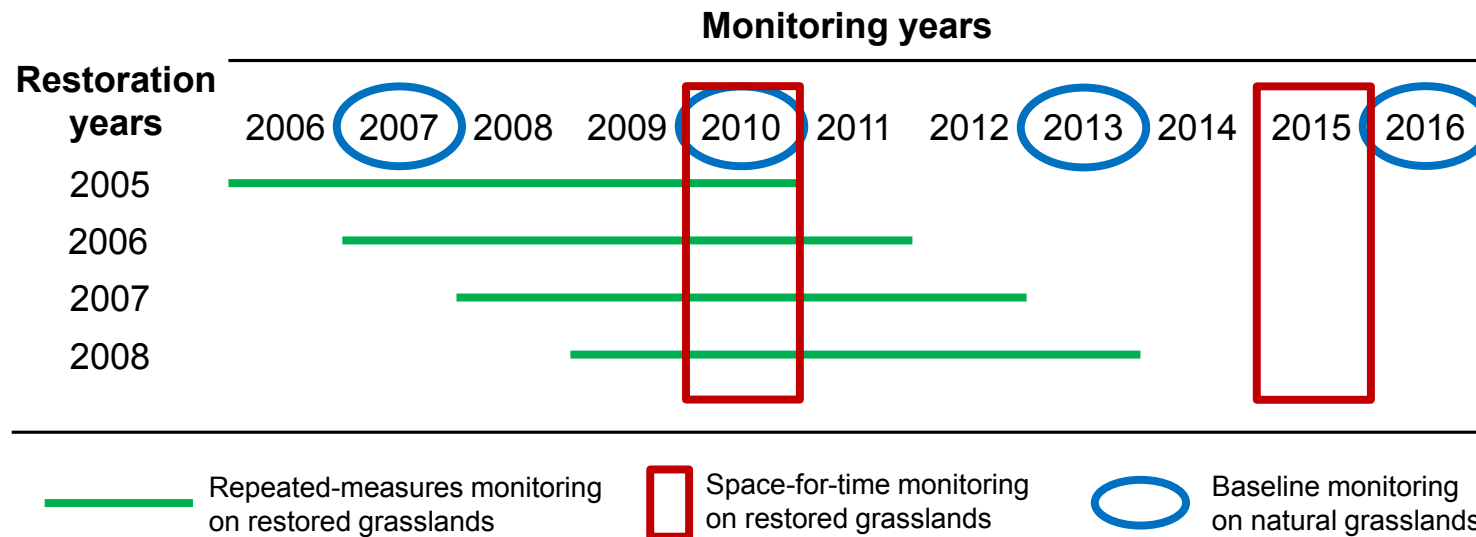
Hátrányok

- jelentős logisztikai kihívások
- hatás előtti adatgyűjtés költségei
- nem kezelt területekről adatgyűjtés költségei
- kezelések változása felboríthatja az elrendezést
- nagy léptékű v. előre nem látott változások elmoshatják a különbségeket



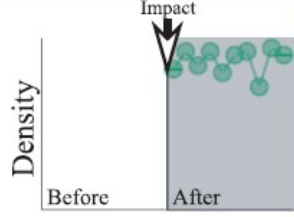
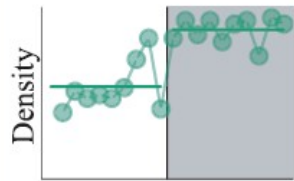
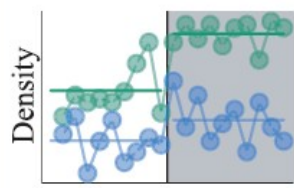
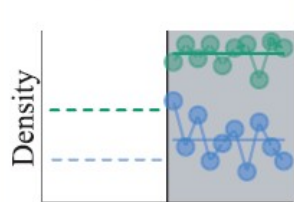
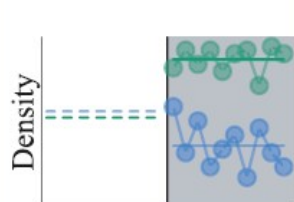
Időbeliség figyelembe vétele alternatív módon

- Tér-idő helyettesítés (space-for-time substitution) vagy idősor (chronosequence)
- Különböző korú kezelt területek összehasonlítása



Hatásmonitorozás: elrendezések

- Control-Impact (CI)
elrendezés

| Design | Sampling regime | Relative cost | Relative difficulty in ecology | Suitability | Ecological examples of use |
|---|---|---------------|--------------------------------|--|--|
| After |  | Very low | Very low | Most systems Where control unfeasible Unpredictable impacts | Pond creation |
| Before-After (BA) |  | Moderate | Moderate | Predictable impacts Where control unfeasible Availability of pre-impact data | Wildlife tunnels under roads |
| Before-After Control-Impact (BACI) (BARI, MBACI, BACIPS) |  | High | High | Predictable impacts Appropriate control Availability of pre-impact data | MPA effectiveness, renewable energy infrastructure |
| Control-Impact (CI) (Space-for-Time, Impact versus Reference Sites) |  | Low | Moderate | Unpredictable impacts Large-scale replicates that cannot be truly randomised | Oil spill or other pollution event |
| Randomised Controlled Trial (RCT) |  | Low | Very high | Unpredictable impacts Small-scale replicates appropriate for randomisation | Peatland restoration, field margins |

Christie et al. 2019. J Appl. Ecol.

Időbeliség figyelembe vétele alternatív módon

Tér-idő helyettesítés

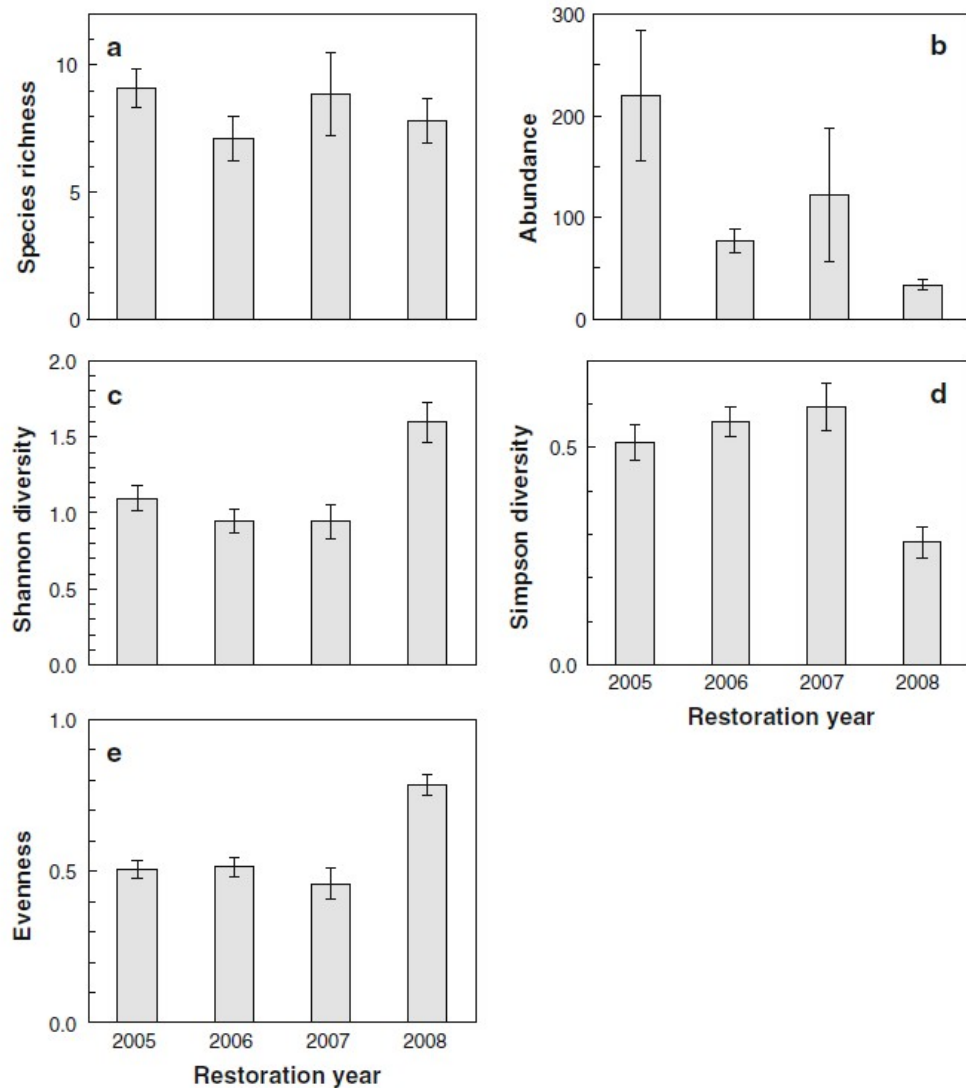


Fig. 2 Mean \pm SE values of Orthoptera assemblage variables by year of restoration on restored fields sampled in 2009 ($n = 33$ or 11, 11, 6, 5 sites in 2005–2008, respectively). Statistics are given in Table 1

Ismételt mintavétel

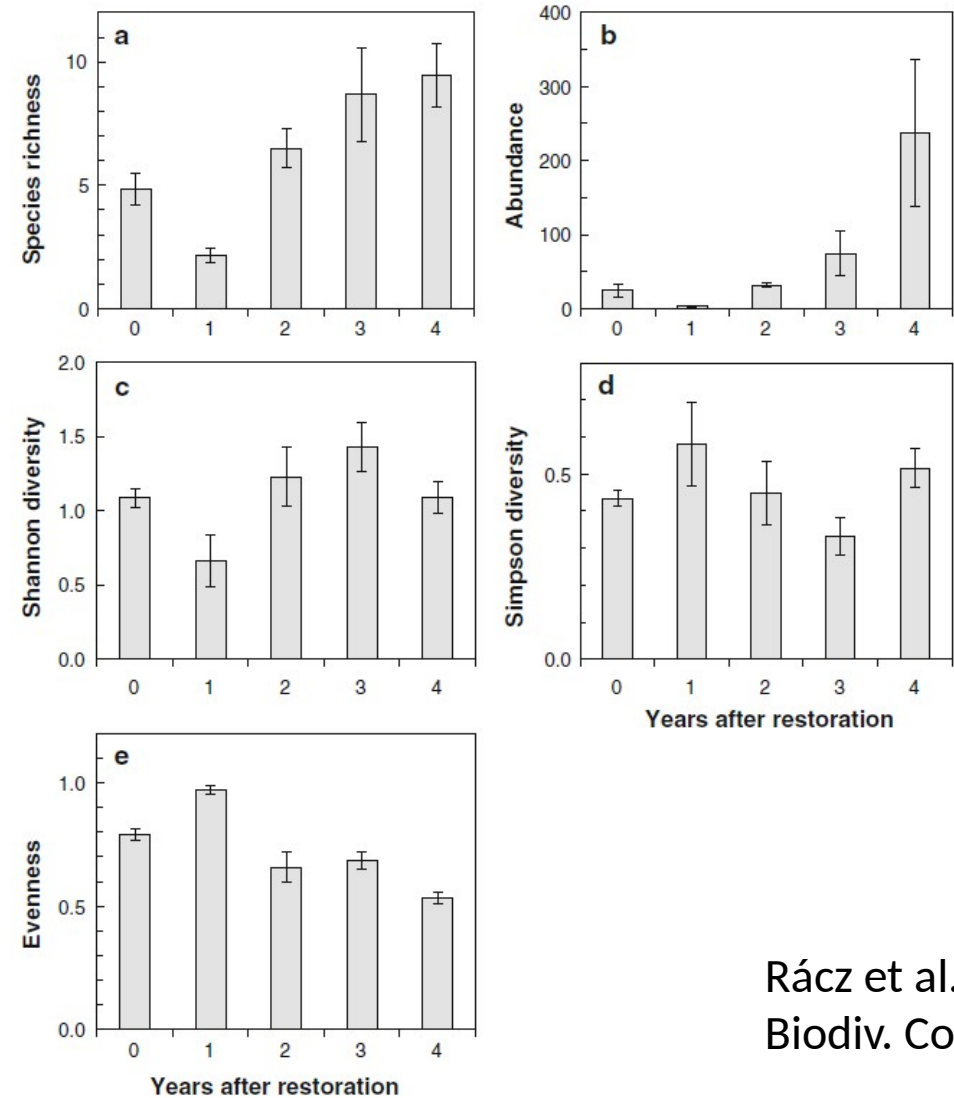


Fig. 3 Mean \pm SE values of Orthoptera assemblage variables on croplands sampled in all 5 years ($n = 7$), i.e., before restoration (Year 0) and after restoration (Year 1–4). Statistics are given in Table 2

Rácz et al. 2013.
Biodiv. Cons.

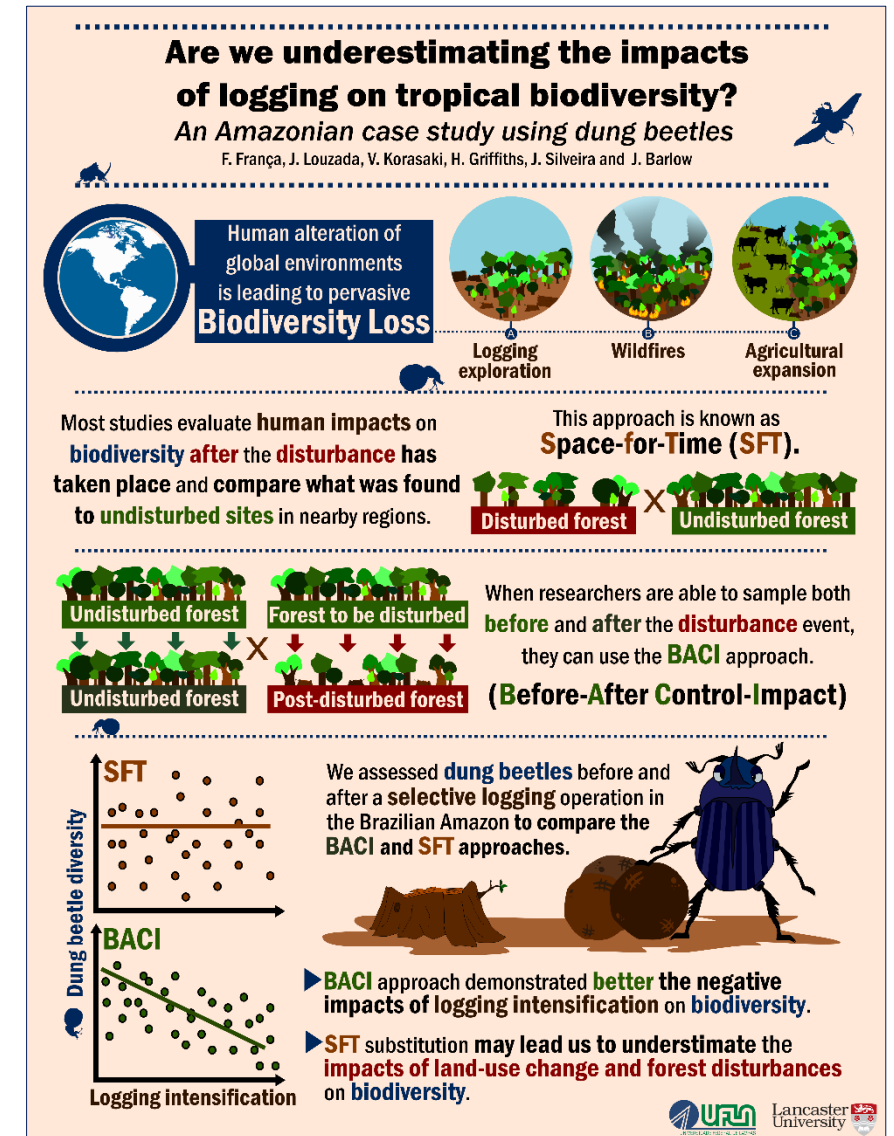
Tér-idő helyettesítés

Előnyök

- könnyen kivitelezhető
- idősor vizsgálható
- hosszú időtáv lehetősége

Hátrányok

- előzetes történet nem ismert („legacy effects”)
- éves fluktuációk nem ismertek (pl. „rossz év hatás”)
- köztes kezelés nem ismert
- mintavételi erőfeszítésre oda kell figyelni
- kauzalitás nem bizonyítható
- kisebb érzékenység



França et al. 2016. J. Appl. Ecol.

Sutherland (2000) tanácsai

- ismerjük fel a hibák (error) létezését és gondolkozzunk a csökkentésük lehetőségein
- pontos instrukciók legyenek mindenki számára
- standardizálj mindent, amit lehet (időjárás, megfigyelő, napszak stb.)
- amit nem lehet kontrollálni, randomizáld
- minden módszert magadon tesztelj elsőként (megvalósíthatóság, instrukciók interpretálása)
- rögzíts lehetőleg minél több potenciális háttér-tényezőt
- hibák (error-ok) egyensúlyozása a helyszínek, időszakok, időpontok között
- mindenki mindent csinál helyett specifikálni, h. ki mit csinál (megfigyelő, adatrögzítő, logisztikus stb.)
- számszerűsítsd az error-okat (módszerek előzetes tesztelése, ismételt felvételezés ugyanazon helyszínen)
- sokkal jobb a több kis minta, mint a kevesebb nagy minta



Köszönetnyilvánítás

- monitoring koordinátorok
- Jean Clobert, Déri Eszter, Bernd Gruber, Klaus Henle, Pierre-Yves Henry, Romain Julliard, Kosztyi Beatrix, Dirk S. Schmeller, Varga Zoltán és sokan mások
- EuMon projekt („EU-wide monitoring methods and systems of surveillance for species and habitats of Community interest”)
- NKFIH/OTKA – Norvég Finanszírozási Mechanizmus
- Bolyai Ösztöndíj, Magyar Tudományos Akadémia
- NKFIH/OTKA K 106133, K 134391

