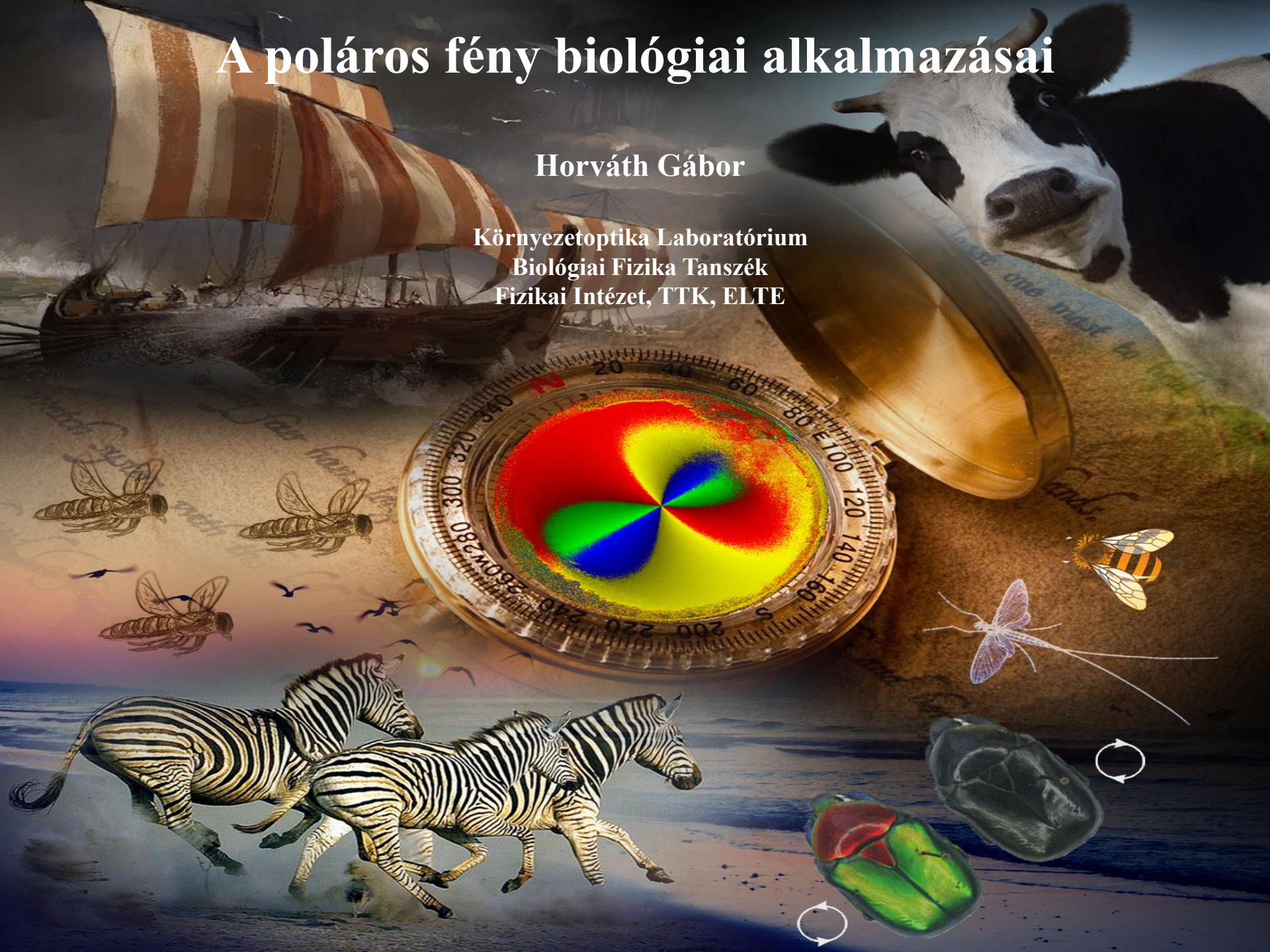
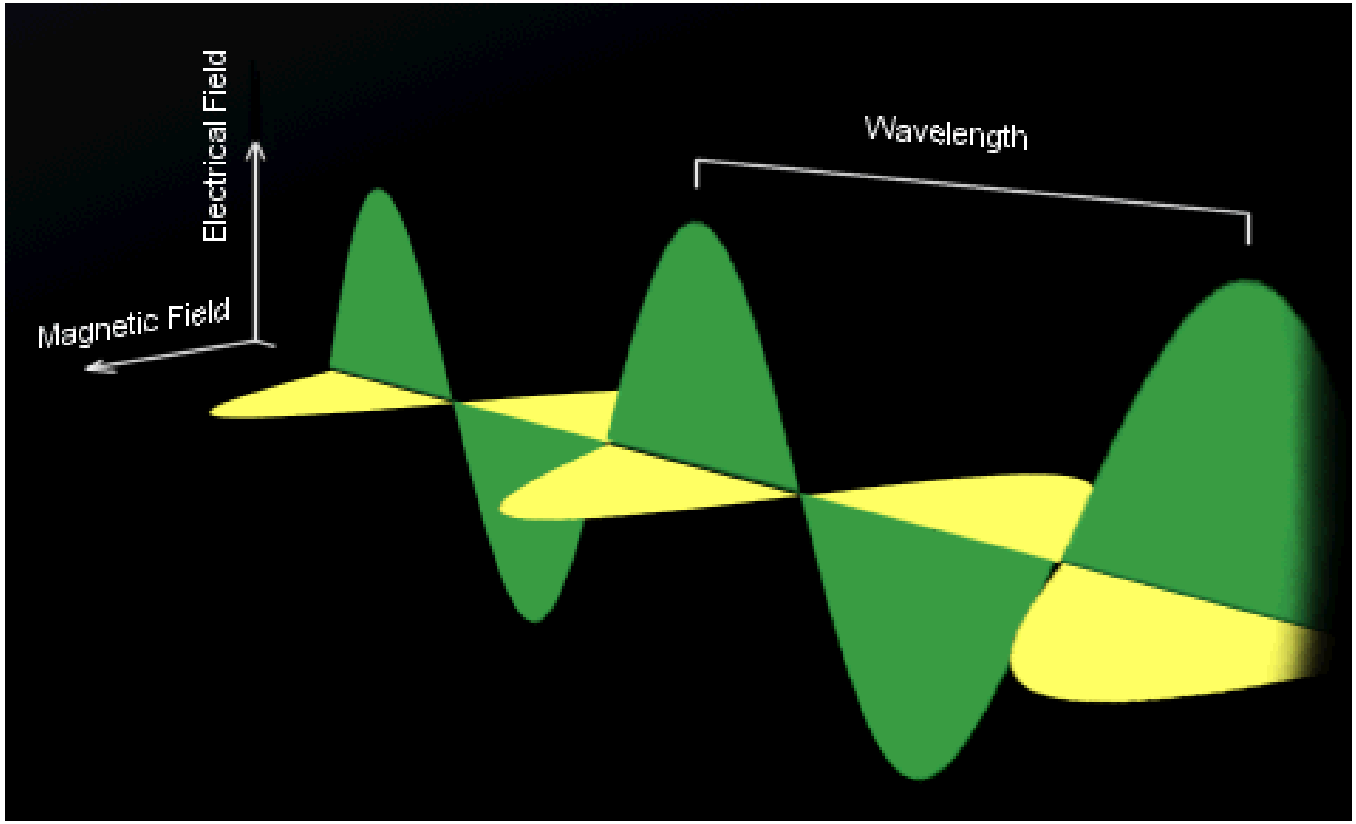
A poláros fény biológiai alkalmazásai

Horváth Gábor

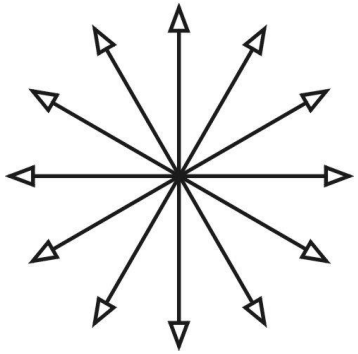
Környezetoptika Laboratórium
Biológiai Fizika Tanszék
Fizikai Intézet, TTK, ELTE



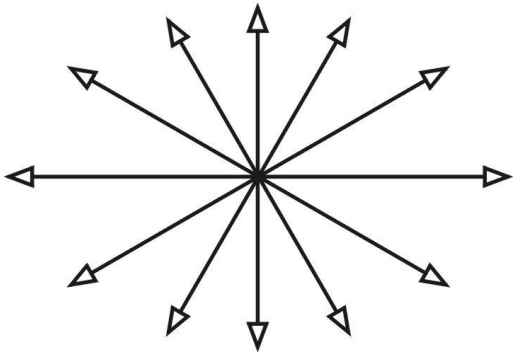
A fény lineáris polarizációja



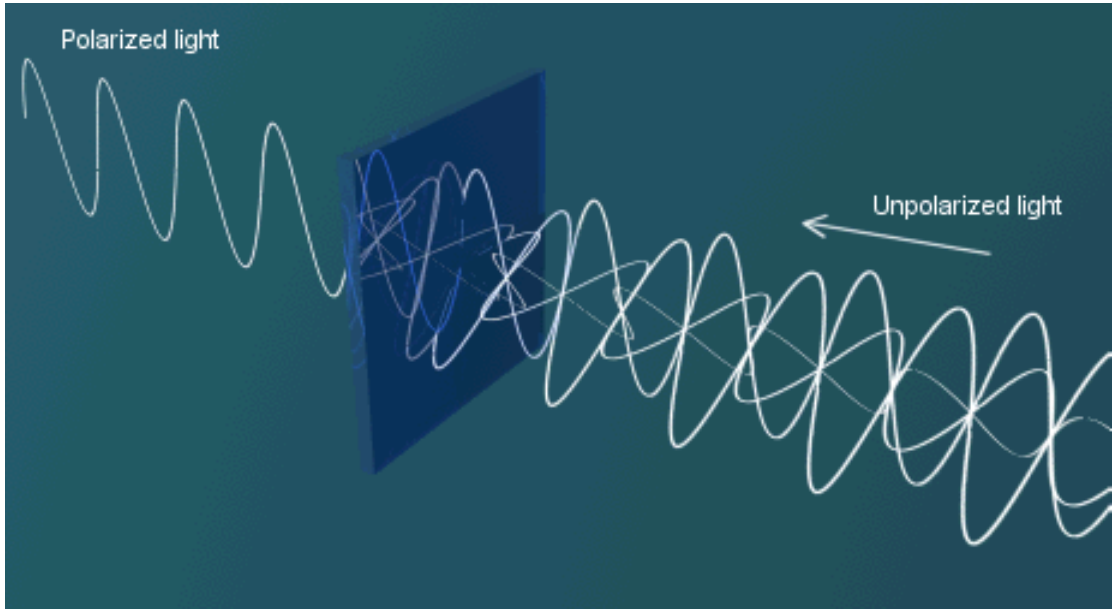
polarizálatlan

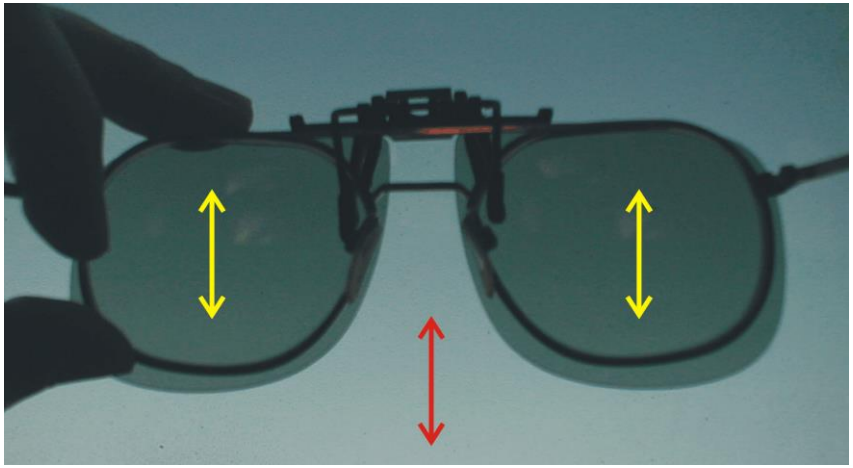


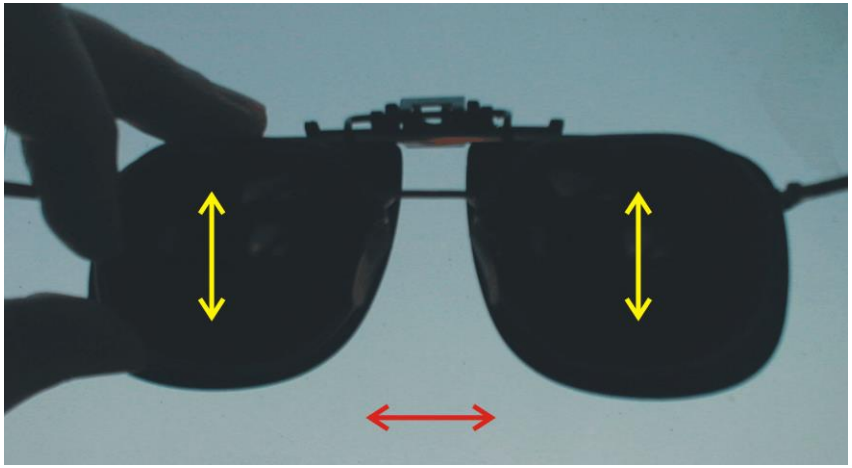
részlegesen lineárisan poláros



Lineáris polárszűrő







Stokes-polarimetria

Stokes-vektor (λ) = $\underline{S} = (I, Q, U, V)$

λ = hullámhossz > színek

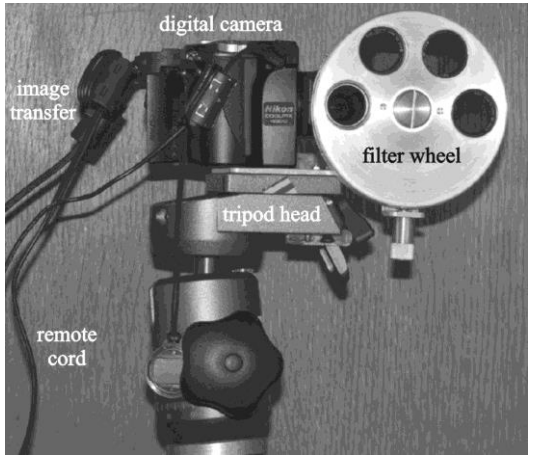
intenzitás (λ) $I = I_r + I_p$

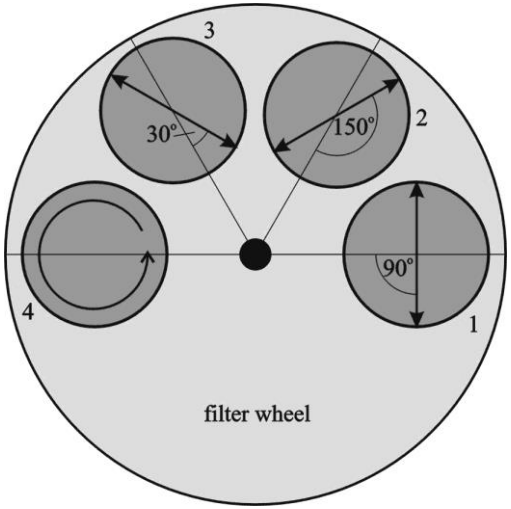
lineáris polarizációfok (λ) $p = \frac{\sqrt{Q^2 + U^2}}{I}$

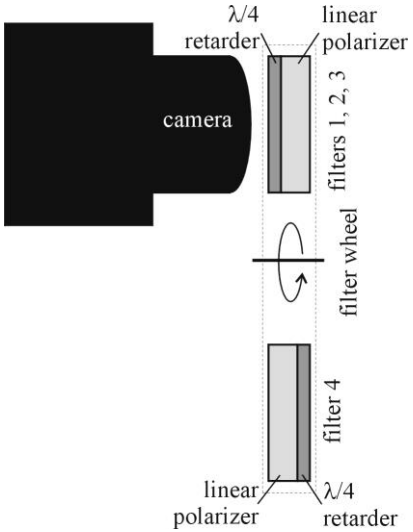
polarizációirány (λ) $\alpha = \frac{1}{2} \arctan\left(\frac{U}{Q}\right)$

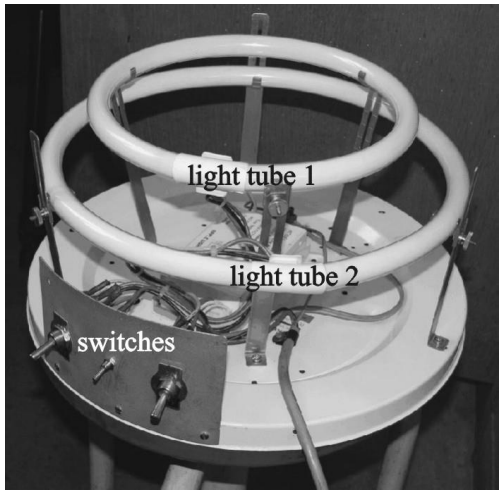
ellipticitás (λ) $\varepsilon = \frac{1}{2} \arcsin \frac{V}{\sqrt{Q^2 + U^2 + V^2}}$

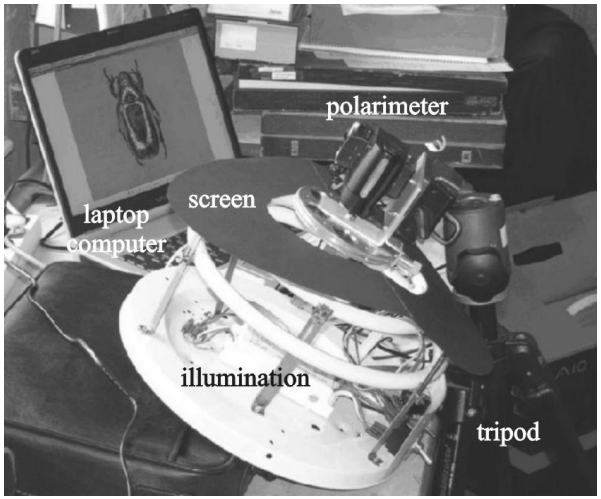
Képalkotó polarimetria

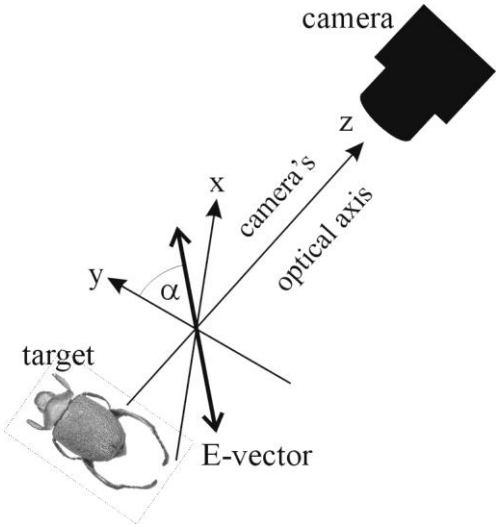


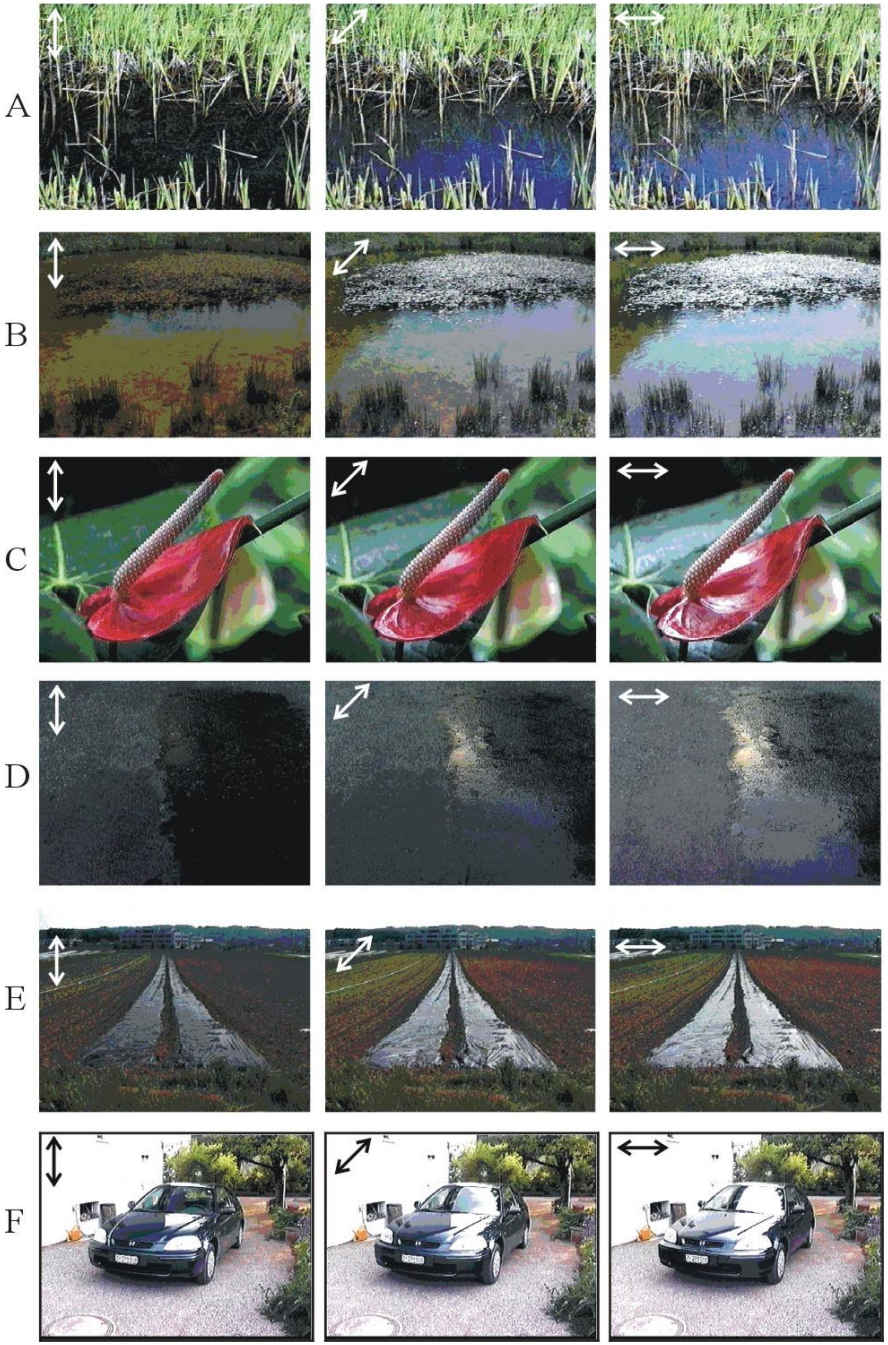






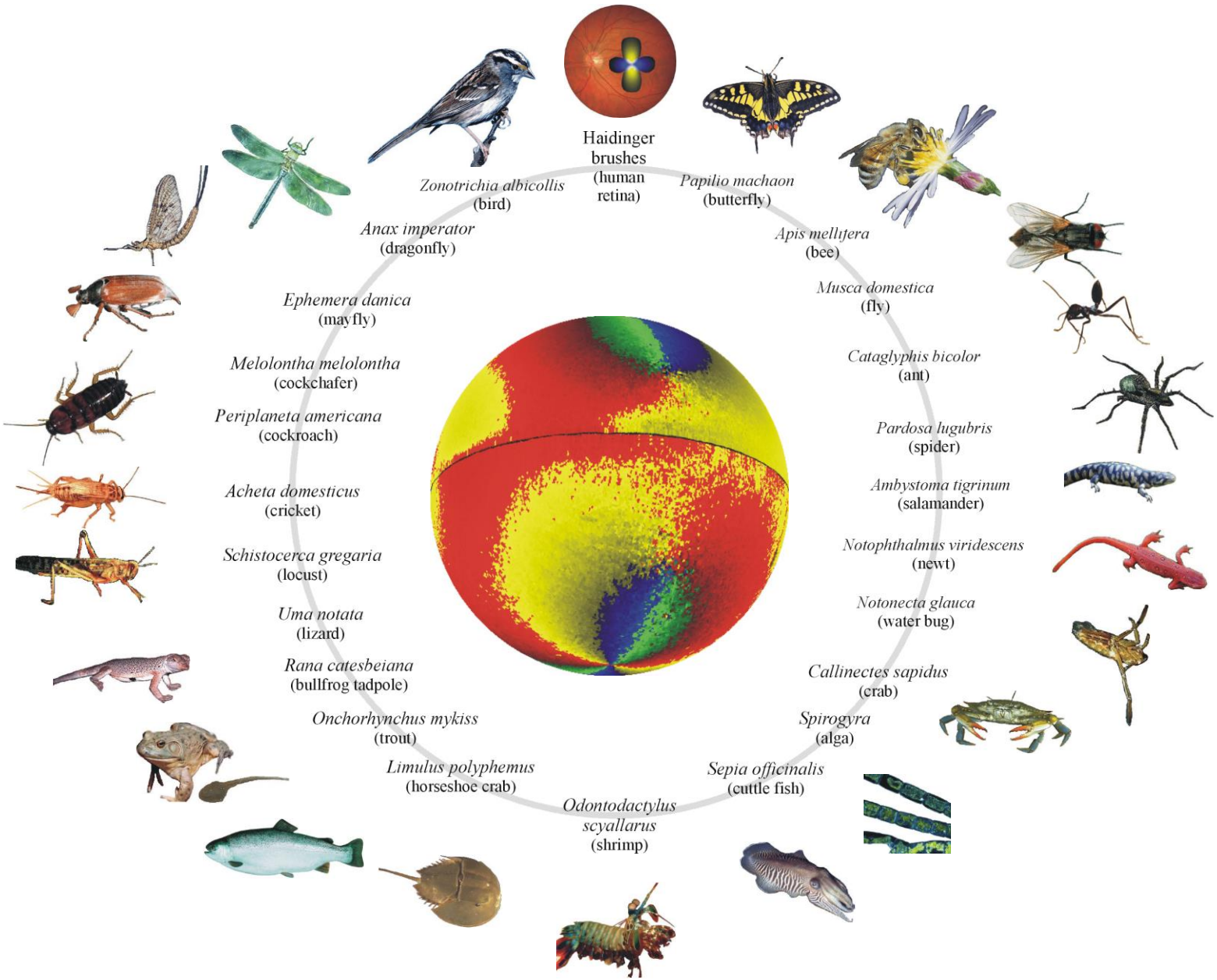




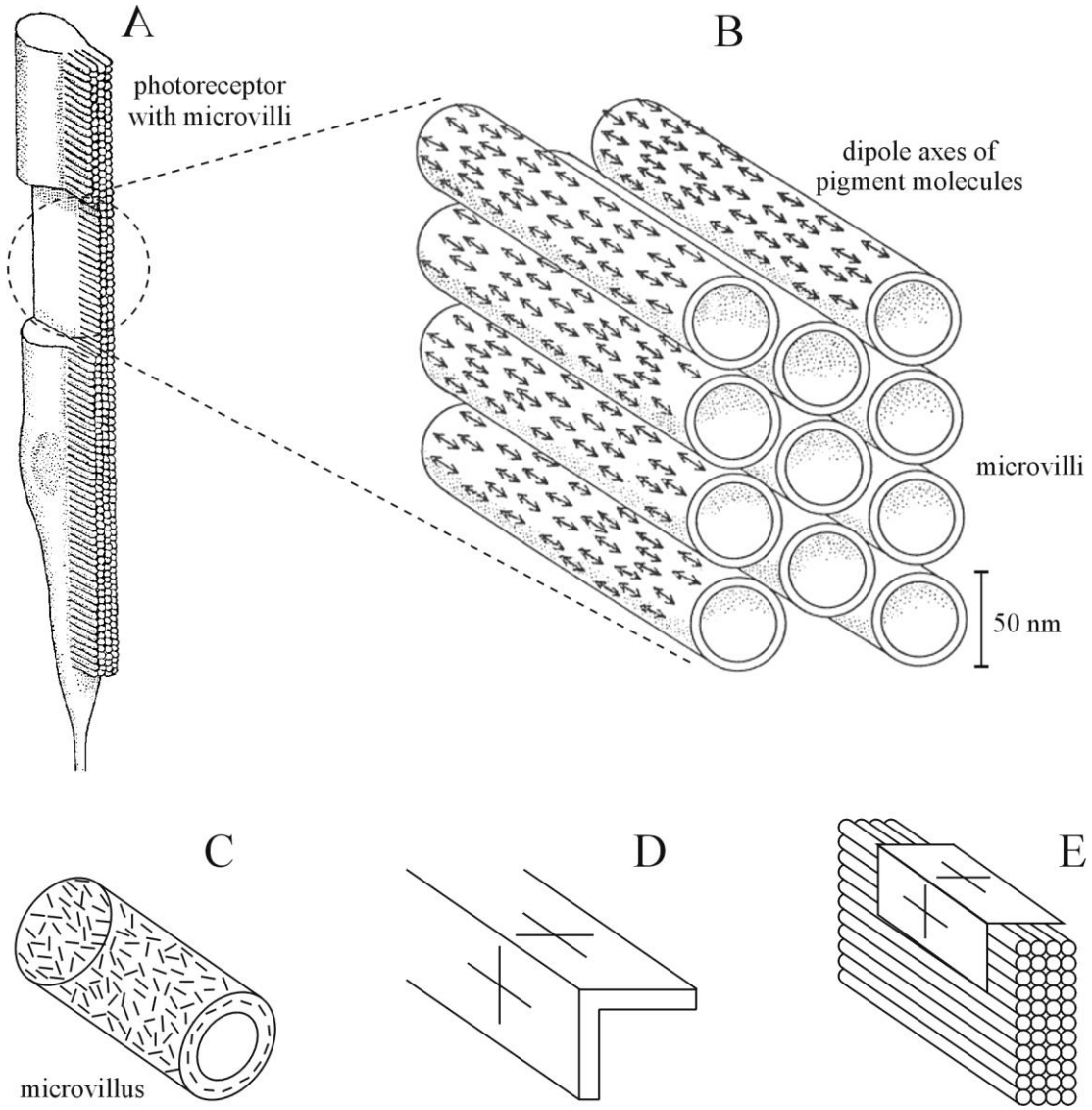


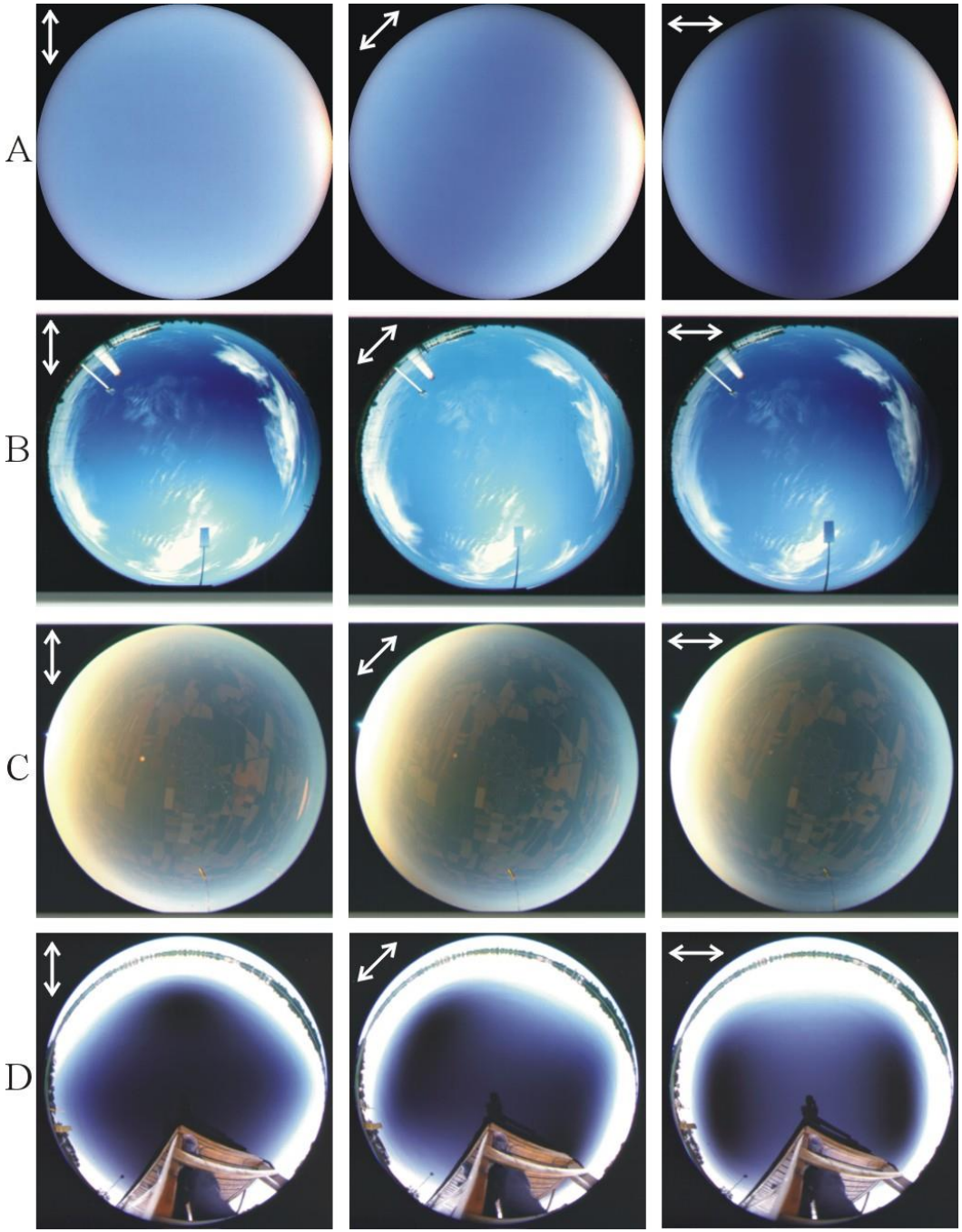
Lineárisan poláros világunk polárszűrős fényképezőn át

Polarizáció-érzékeny állatok



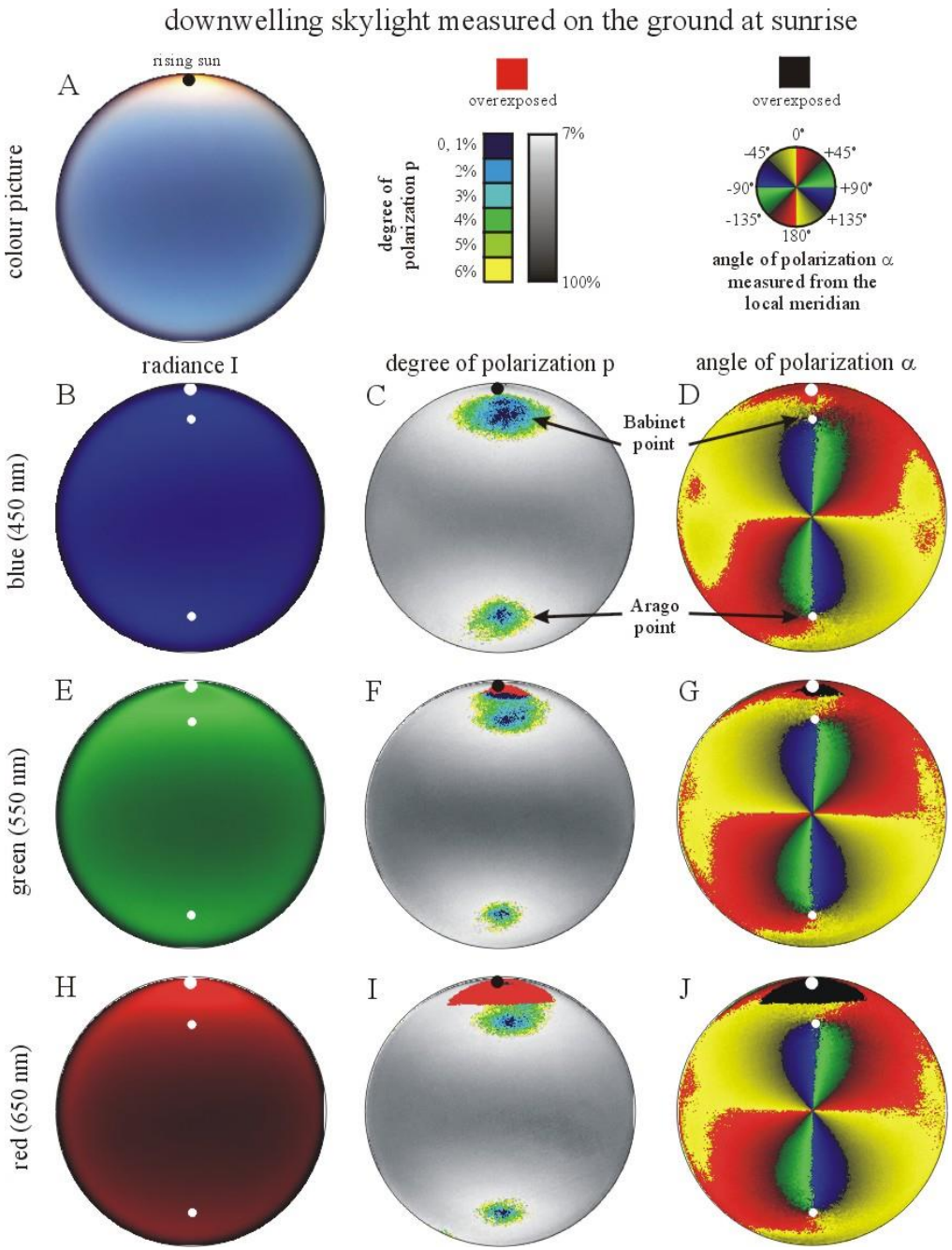
Miért érzékenyek a fénypolarizációra az ízeltlábúak fotoreceptorai?



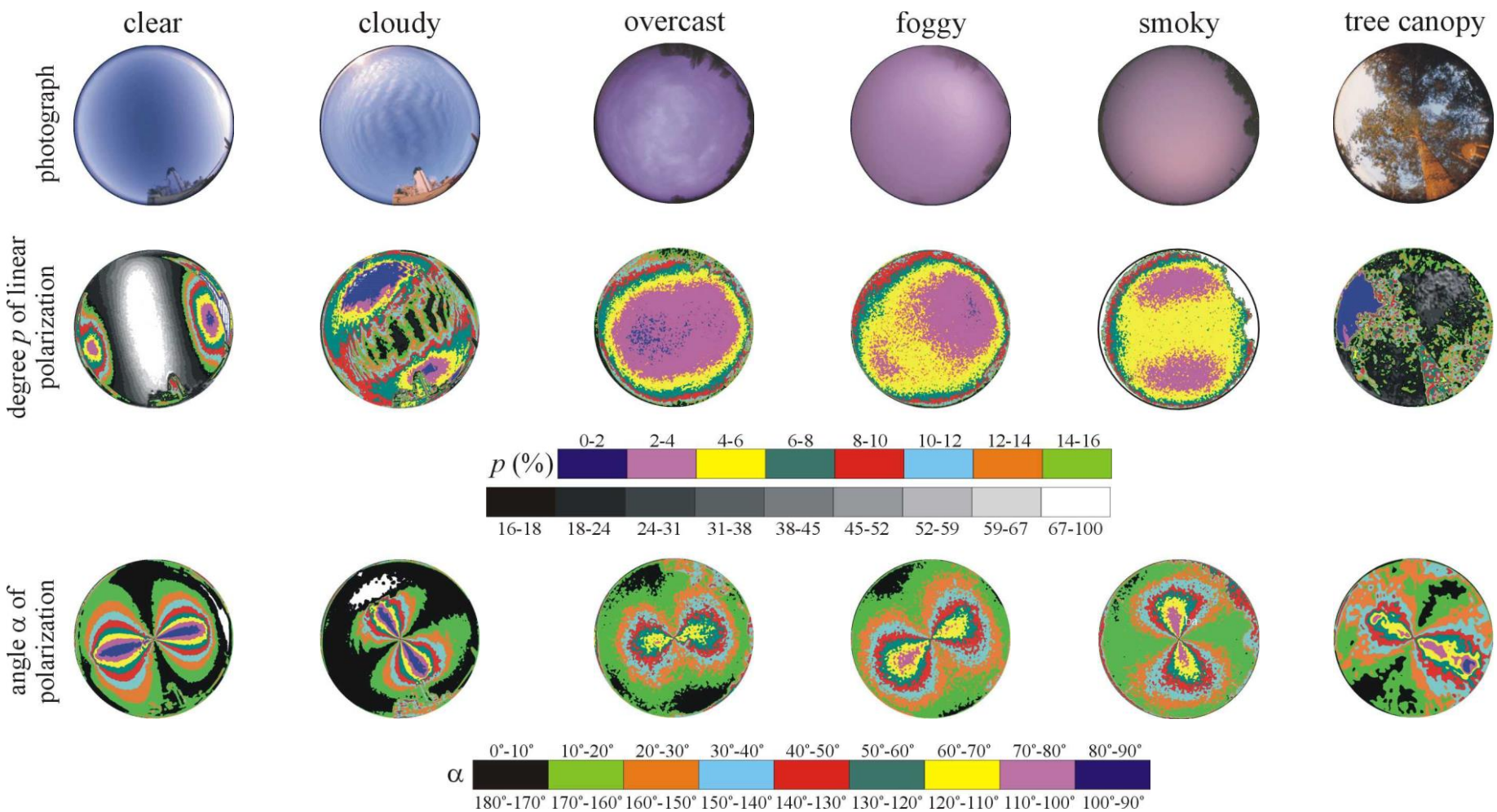


Lineárisan poláros világunk polárszűrős halszemoptikán át

Az égbolt polarizációs mintázatai

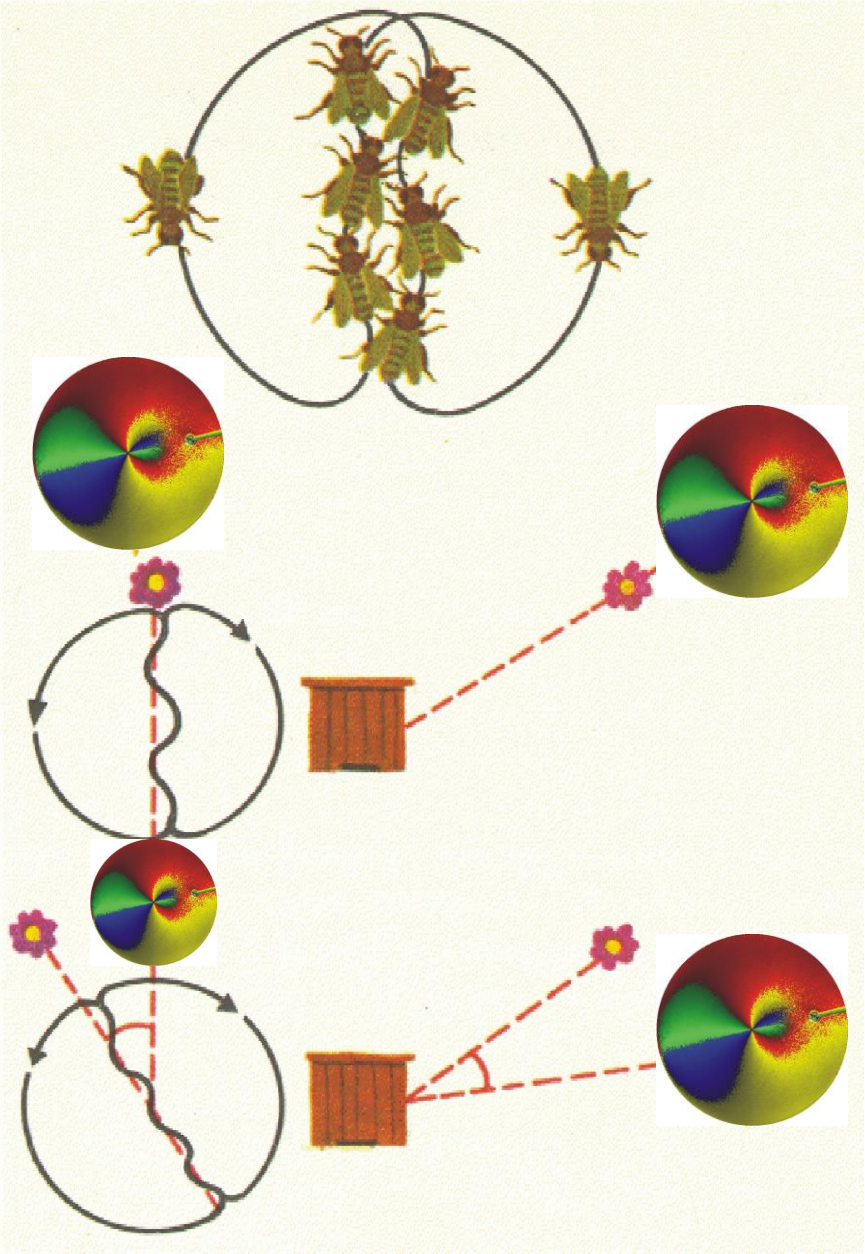


Az égbolt meteorológiai helyzettől független polarizációirány mintázata



A háziméhek (*Apis mellifera*) tájékozódása az égbolt polarizációja alapján: 1949 (Nobel-díj: 1973)

Karl von Frisch
(1886-1982)

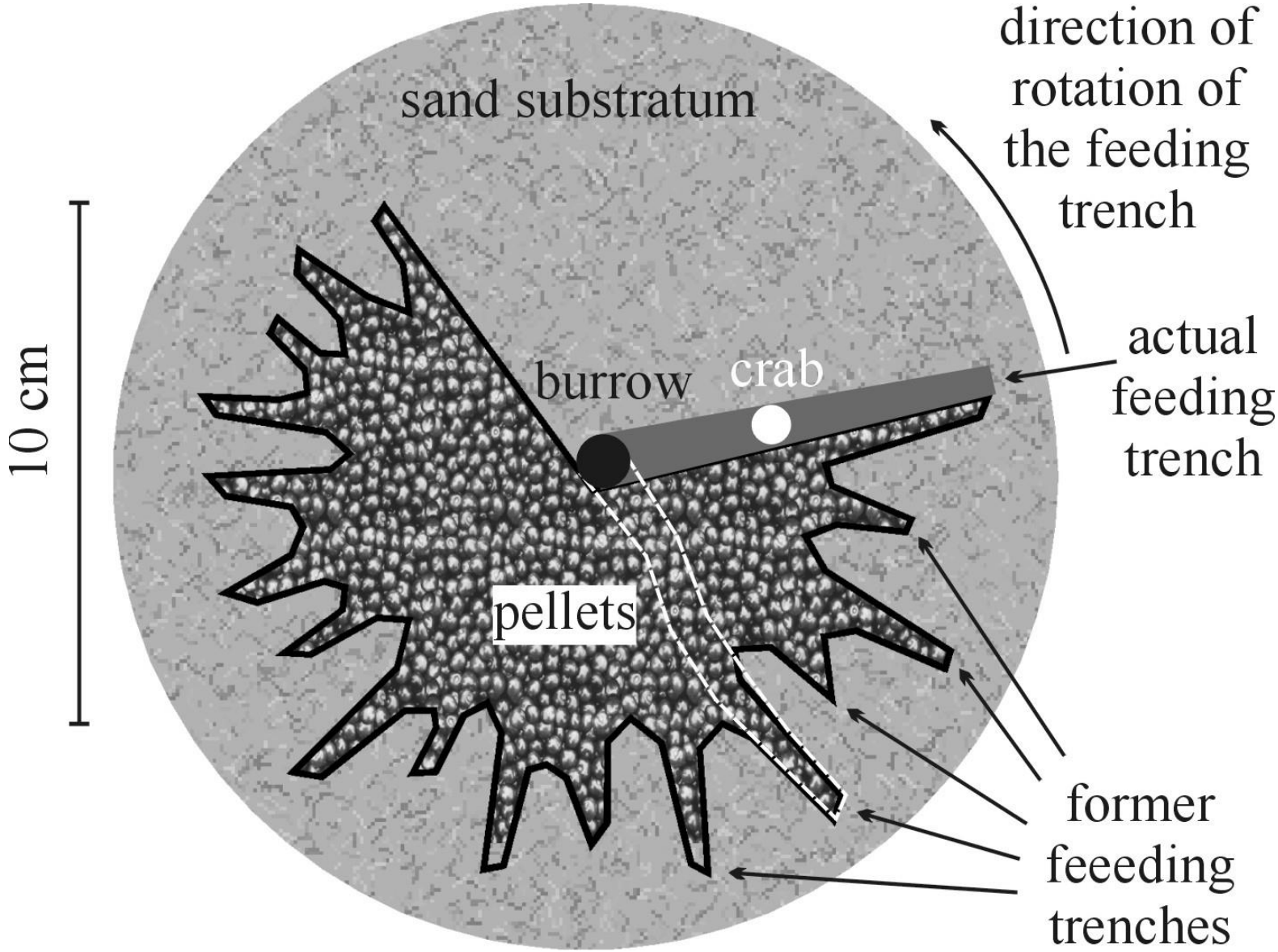


Karl von Frisch (1949) Die Polarisation des Himmelslichtes als orientierender Faktor bei den Tänzen der Bienen. *Experientia* 5: 142-148

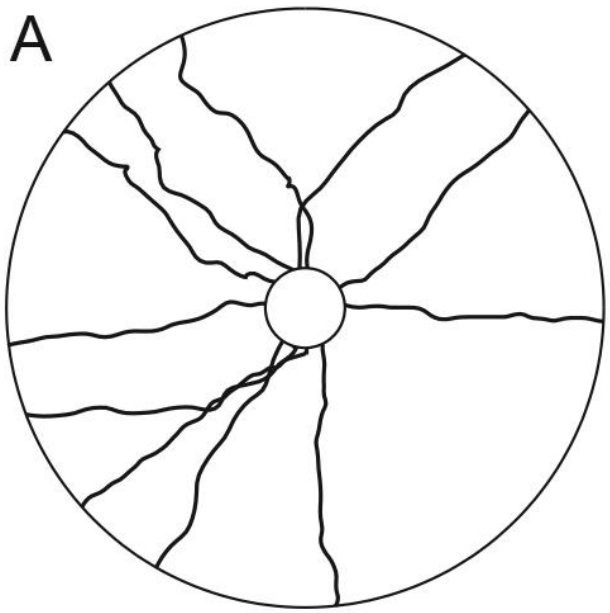
A *Dotilla wichmanni* rák rövidtávú (10 cm) orientációja az égbolt polarizációja alapján

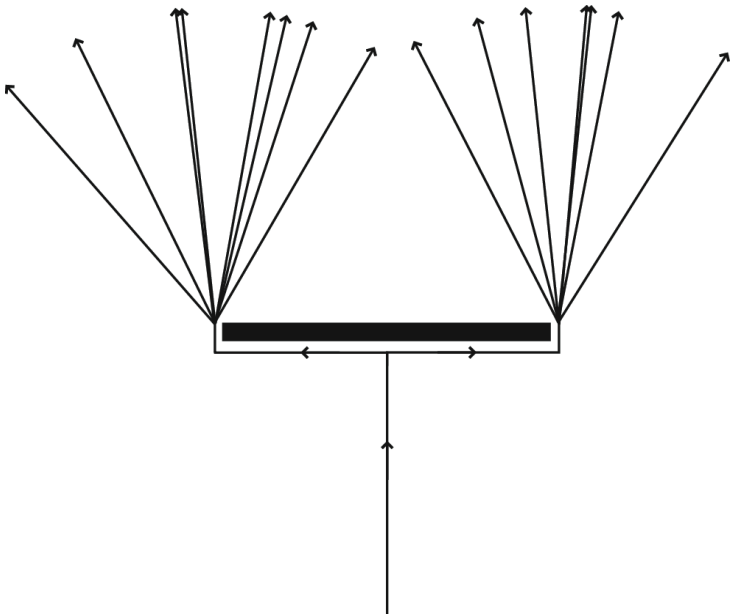
A *Dotilla wichmanni* rák rövidtávú (10 cm) orientációja az égbolt polarizációja alapján

A *Dotilla wichmanni* rák rövidtávú (10 cm) orientációja az égbolt polarizációja alapján

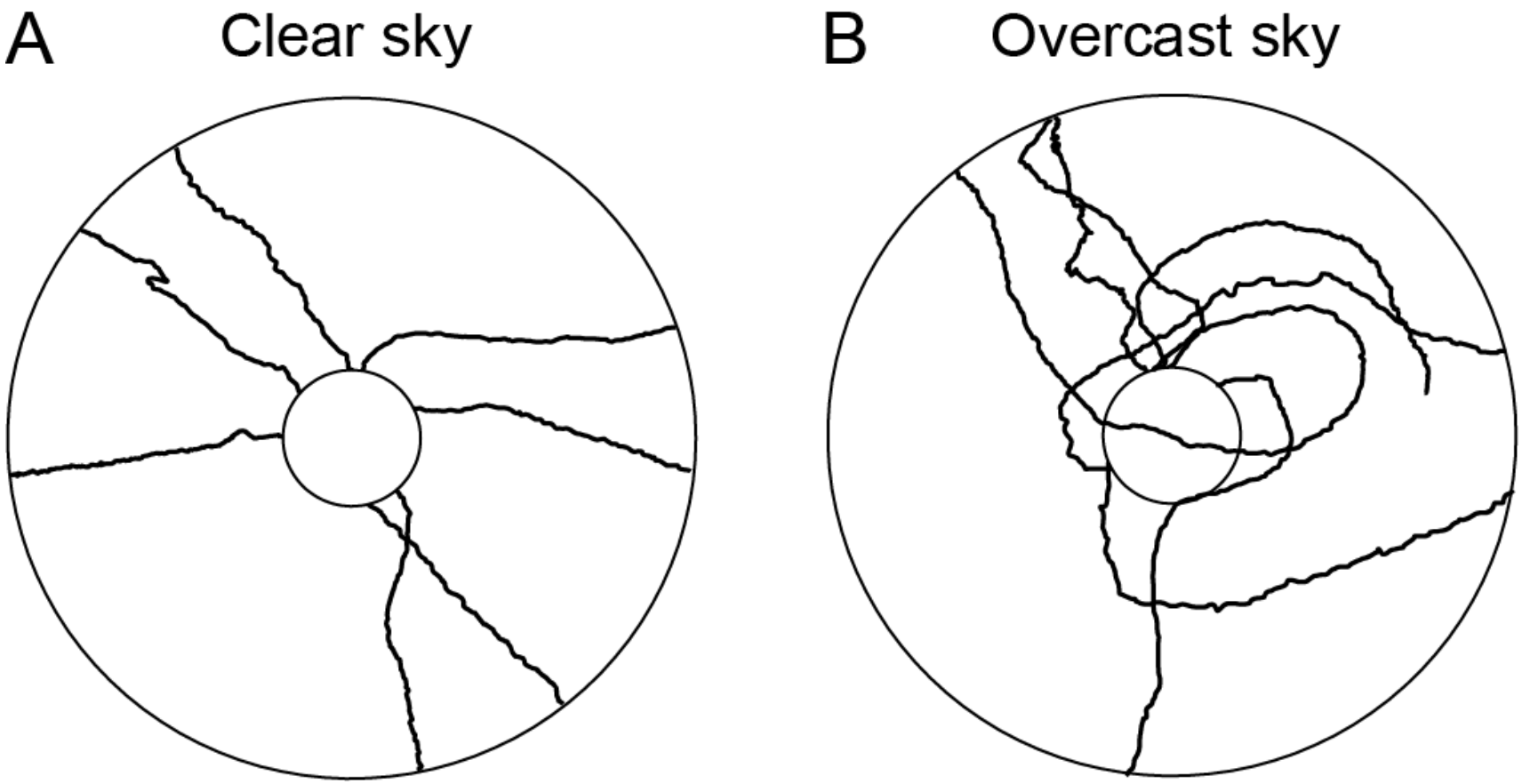


A *Scarabaeus zambesianus* galacsinhajtó bogár orientációja az égbolt polarizációja alapján

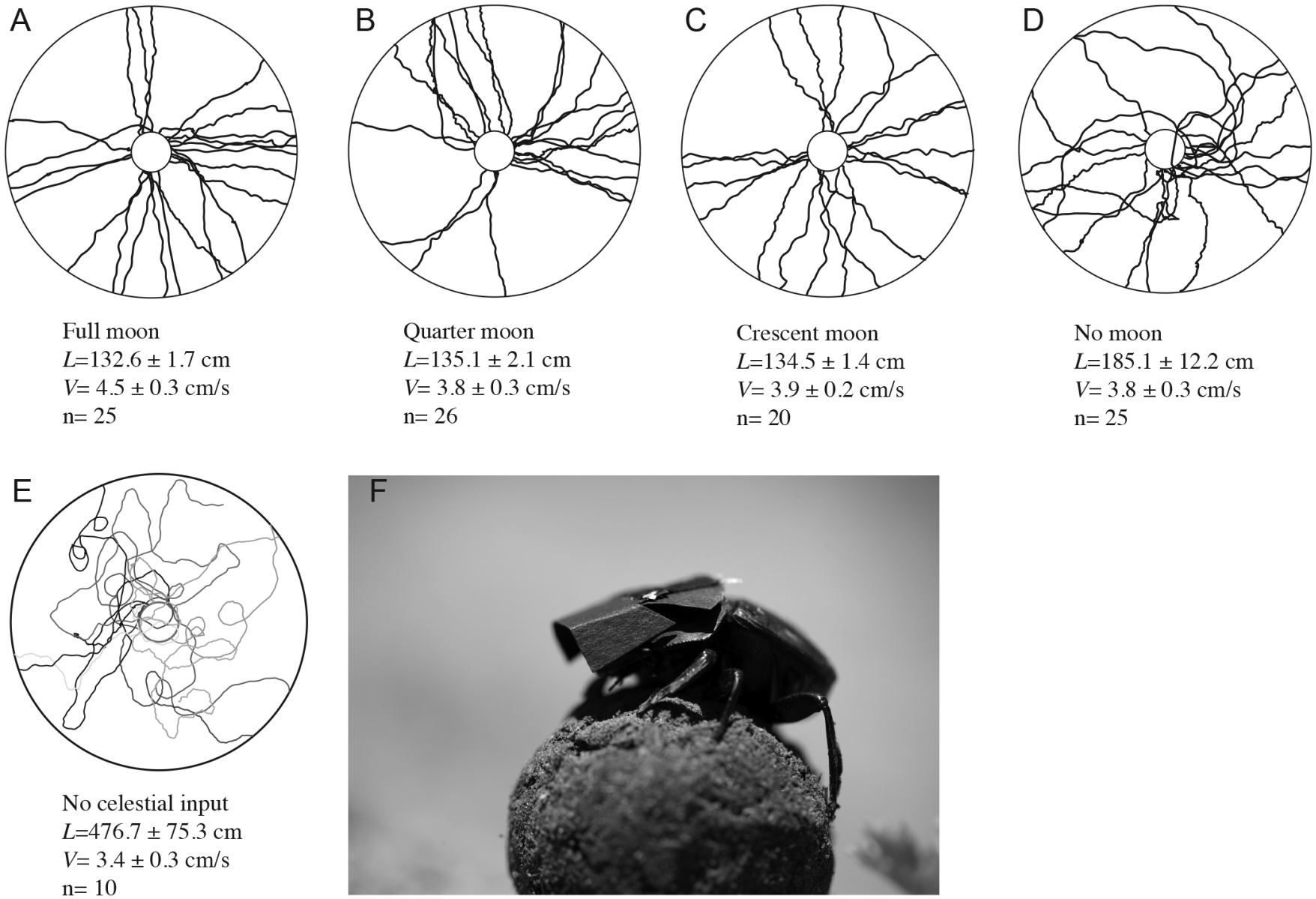




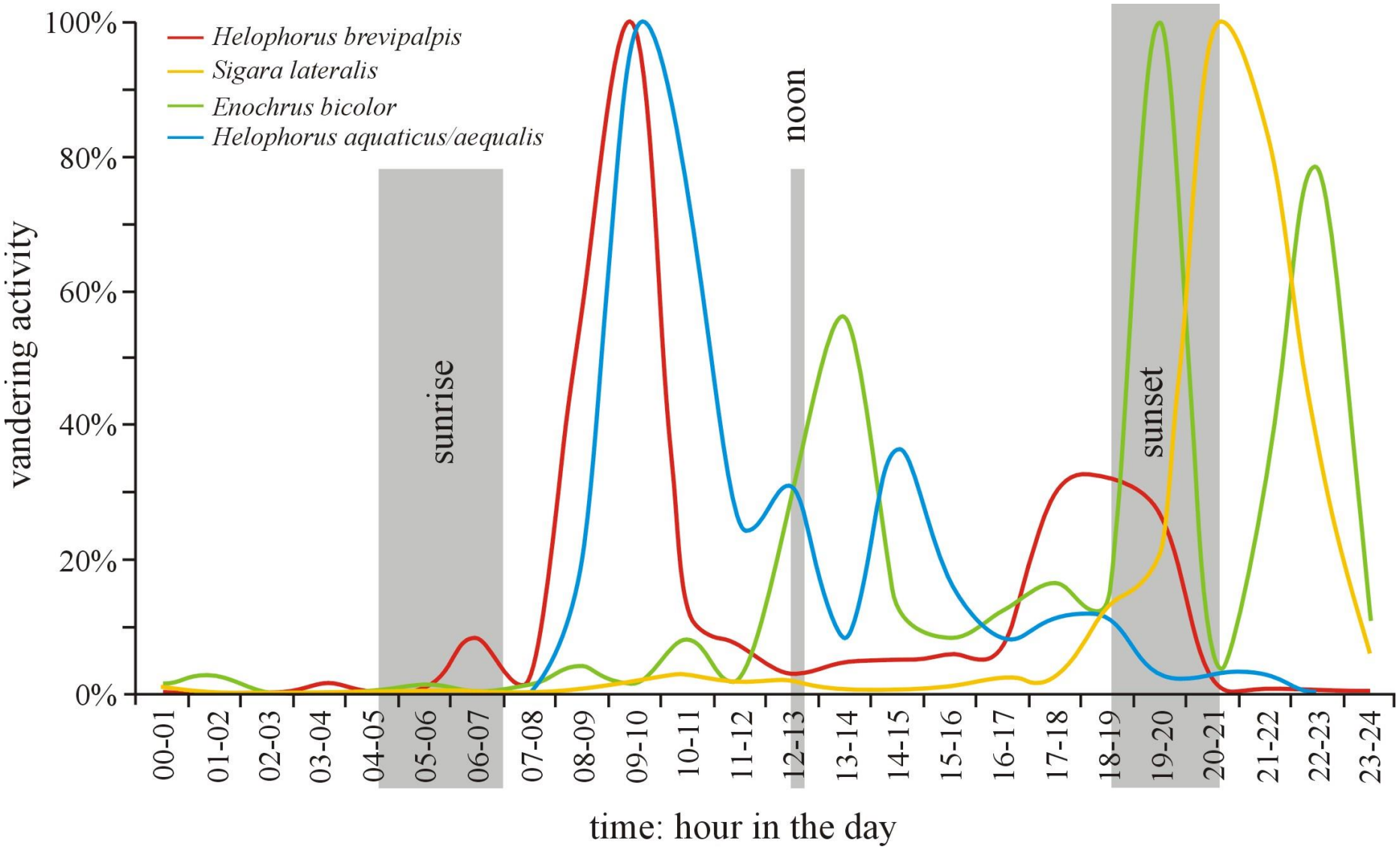
A *Scarabaeus zambesianus* orientációja az égbolt polarizációja alapján



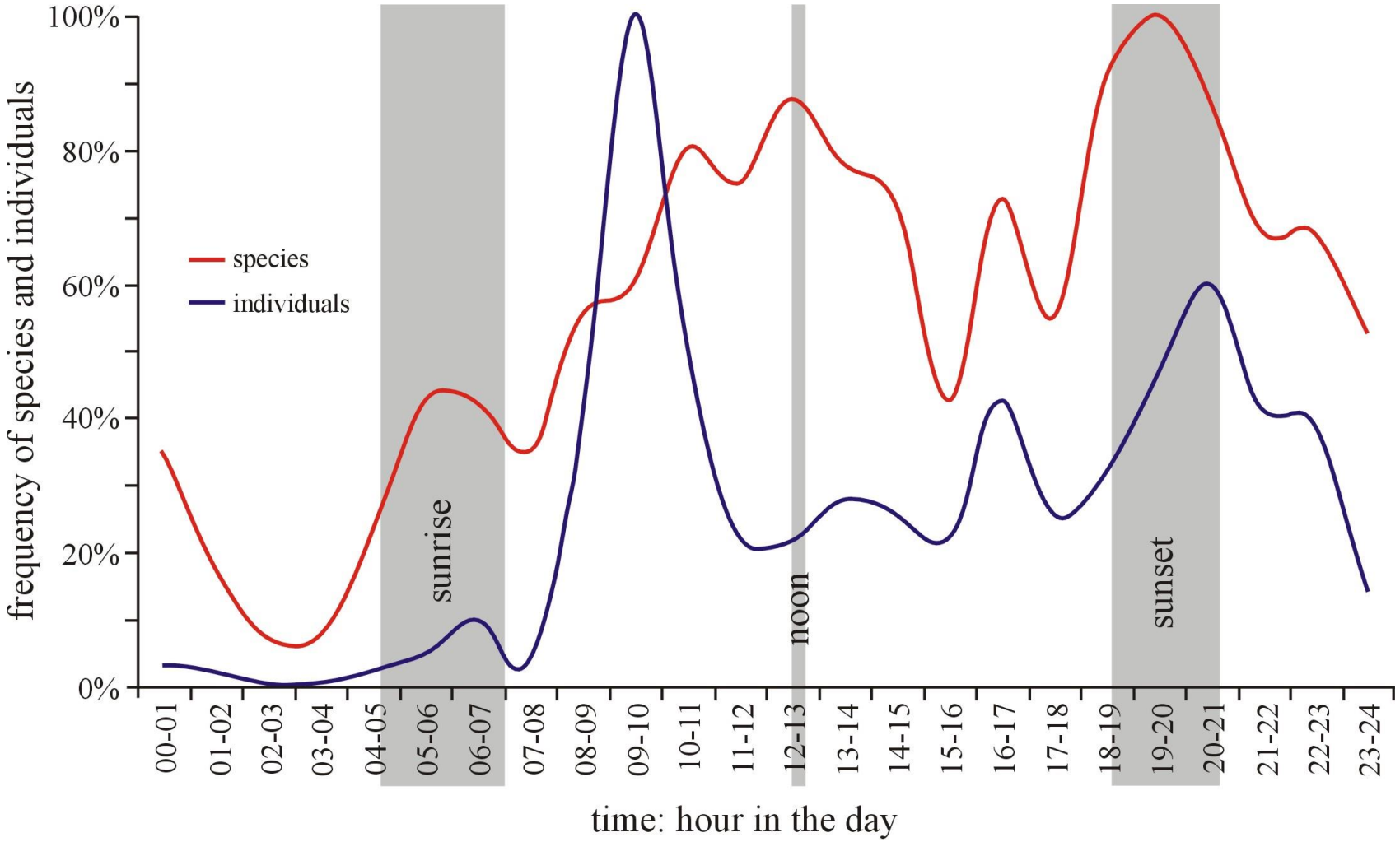
A *Scarabaeus zambesianus* orientációja az égbolt polarizációja alapján



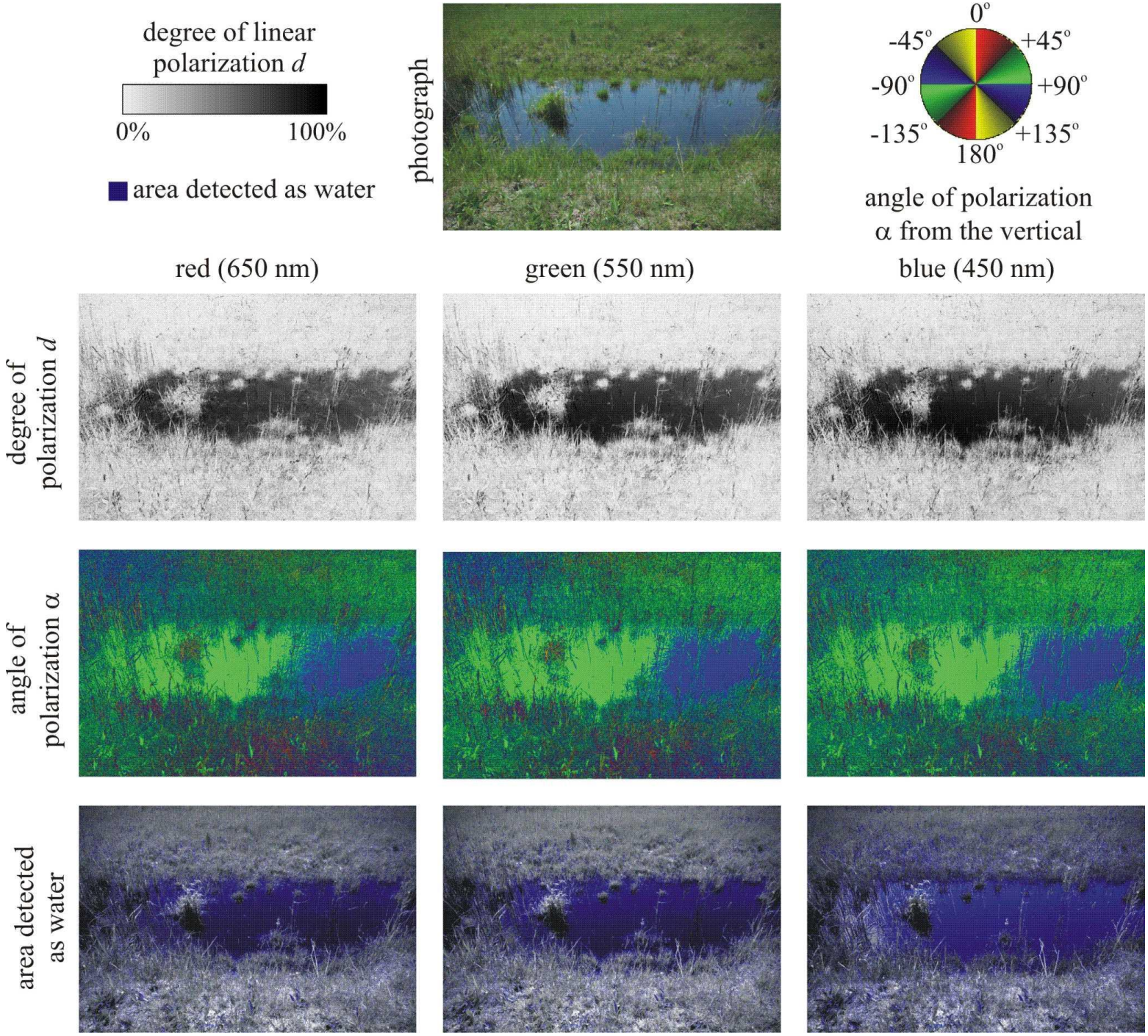
A vízirovarok napszakos repülési mintázatai



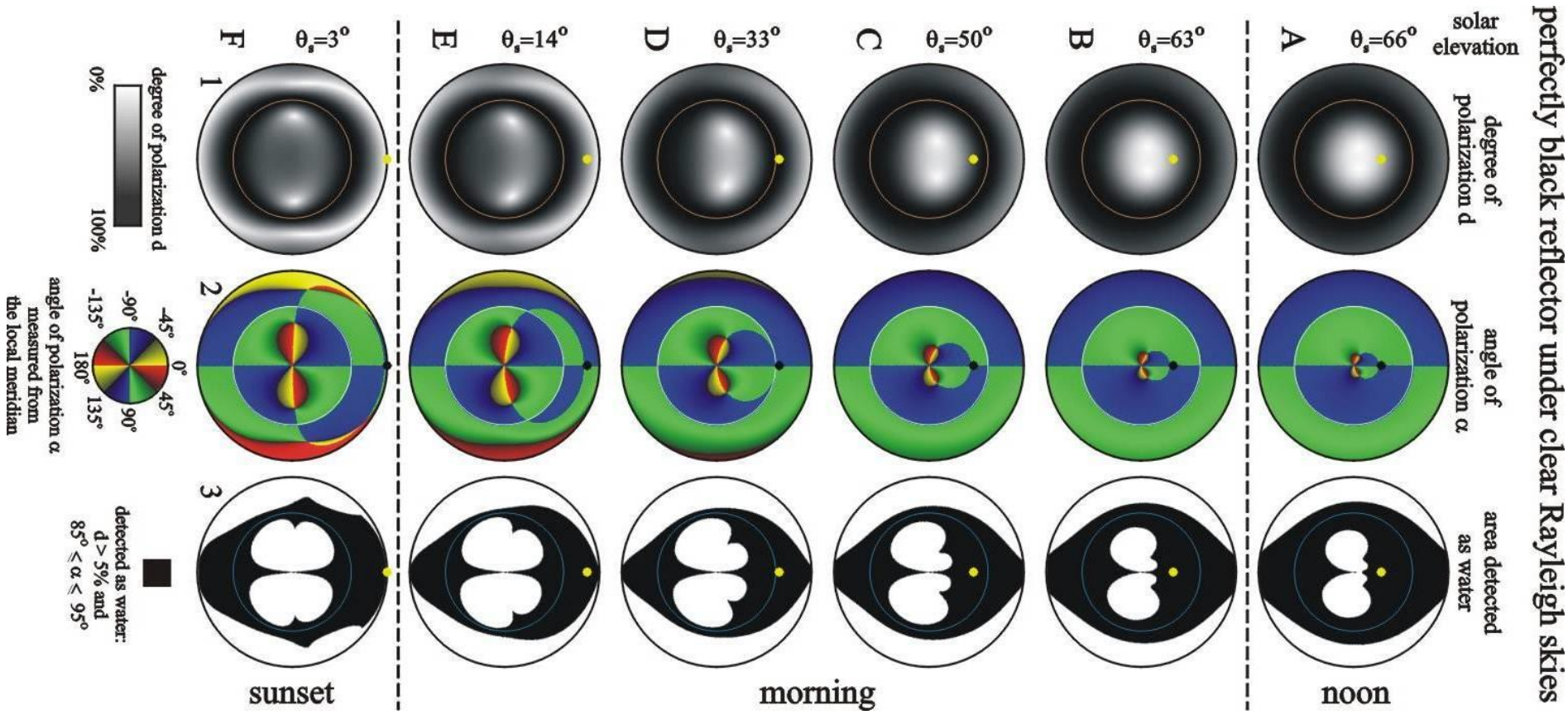
A vízirovarok napszakos repülési mintázatai



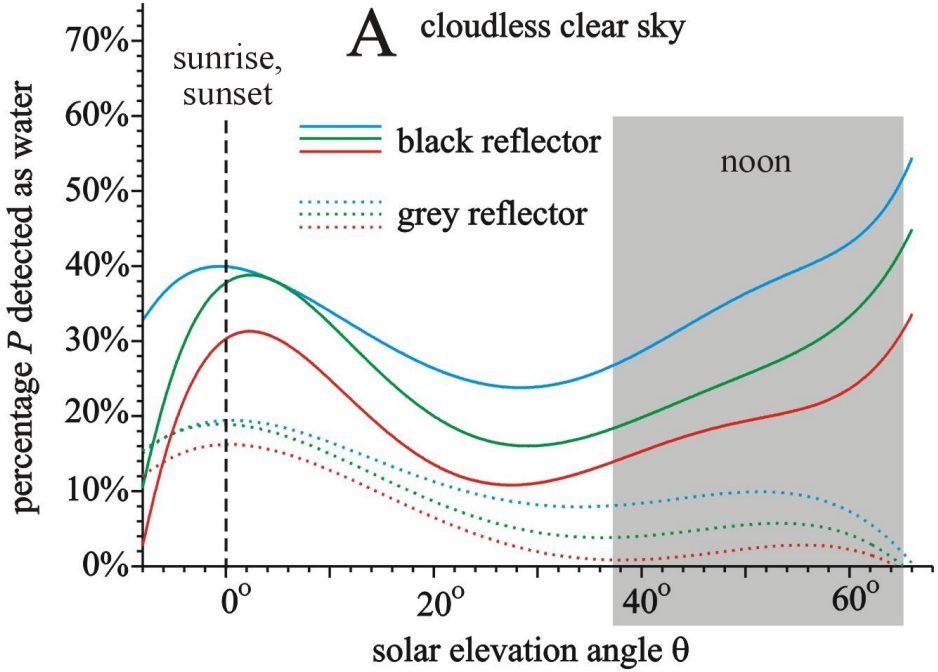
Víztest polarizációs mintázatai

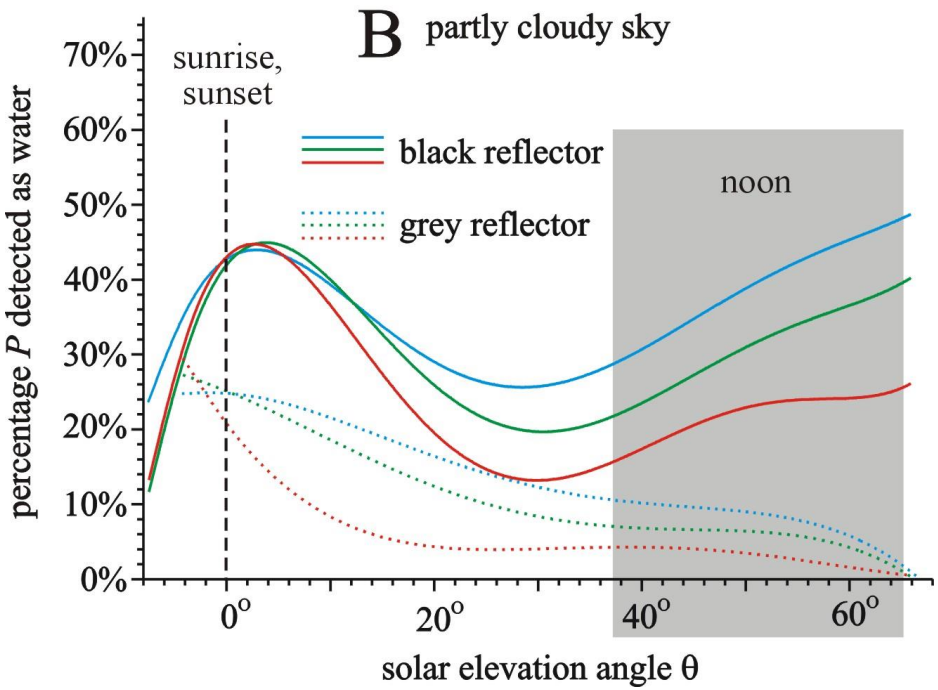


Vizfelszín polarizációs mintázatai és polarotaktikusan víznek érzékelt felületrészei a napmagasság függvényében



Sötét és világos vizek polarizációs vízdetektálhatóságának függése a napmagasságtól



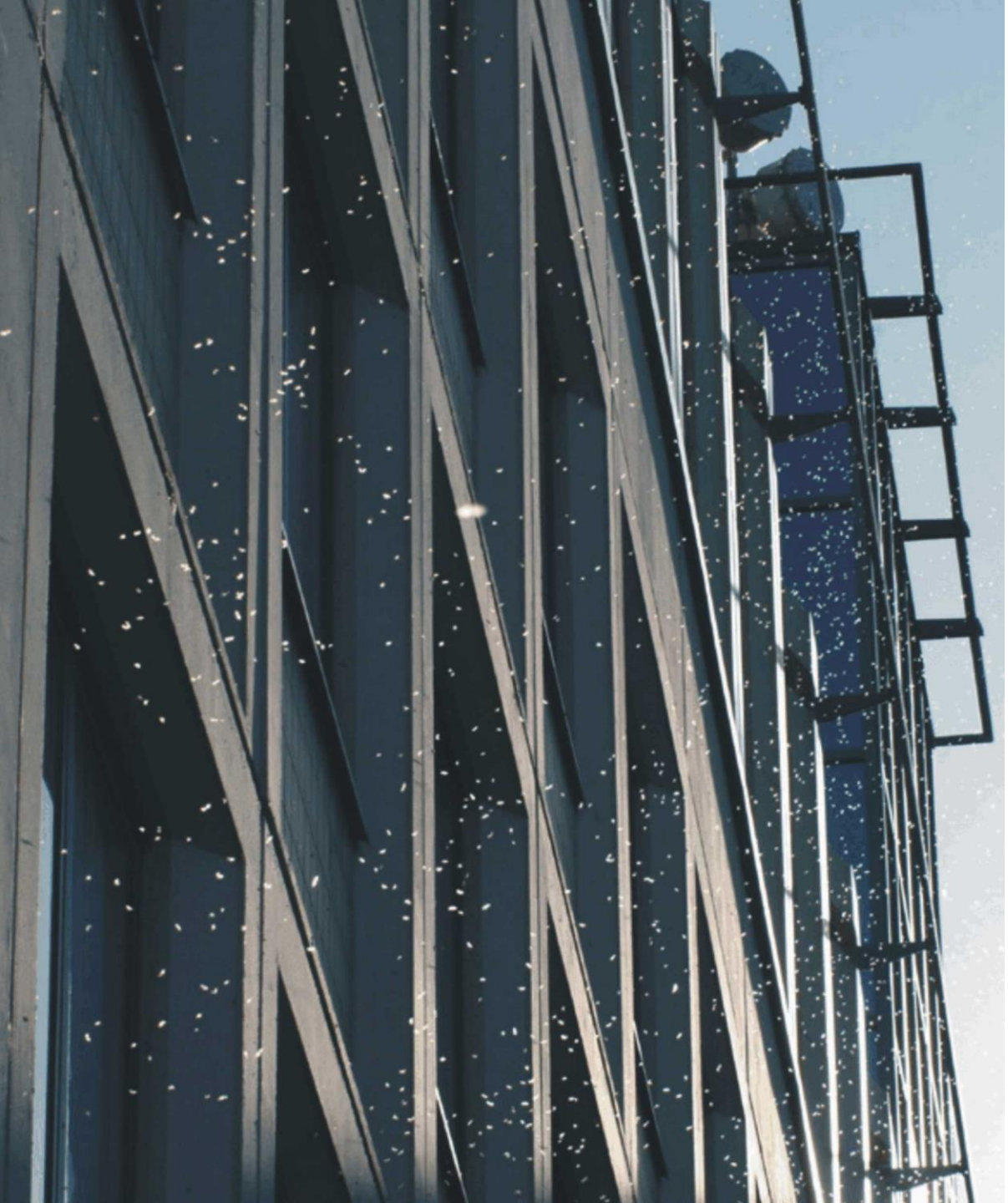


Poláros fényszennyezés: A környezeti ártalmak egy új formája.

POLÁROS FÉNYSZENNYEZÉS

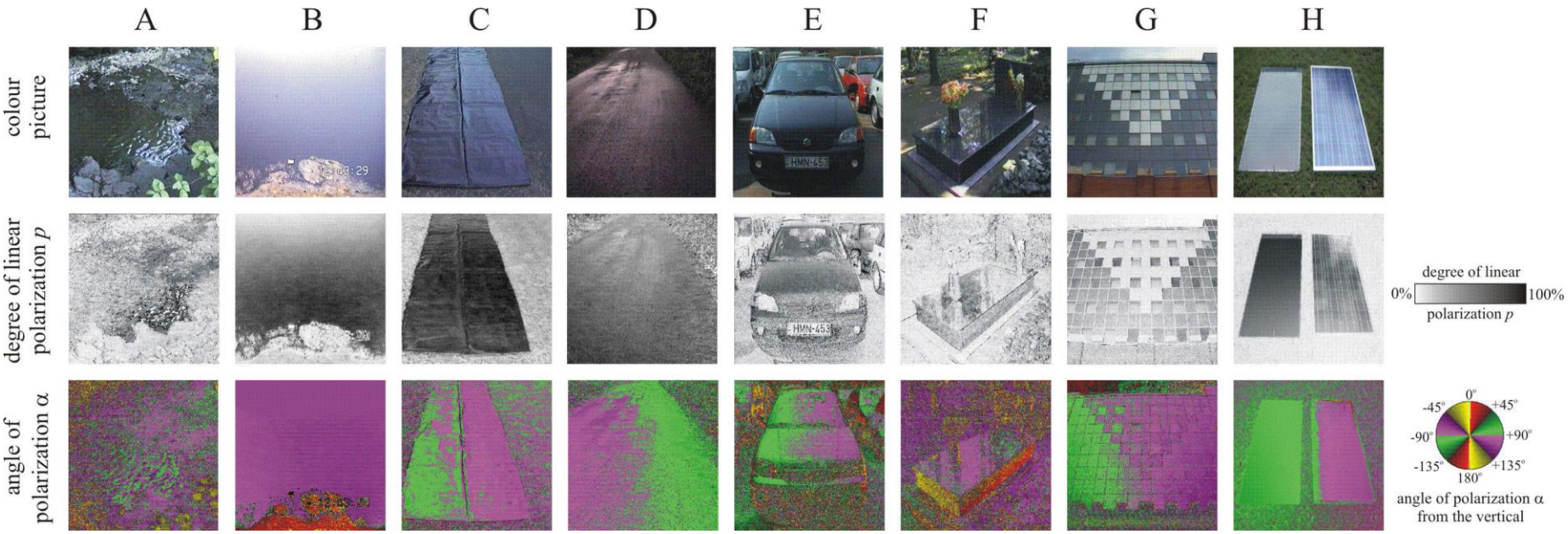
A sima (fényes) és sötét mesterséges felületekről visszaverődő erősen és vízszintesen poláros fénynek a polarotaktikus vízirovarokra kifejtett káros hatásai.

Fénykép: Rebecca Allen



Polarotaktikus dunai tömegtegzesek rajzása az ELTE duna-parti poláros fényszennyező üvegépületénél

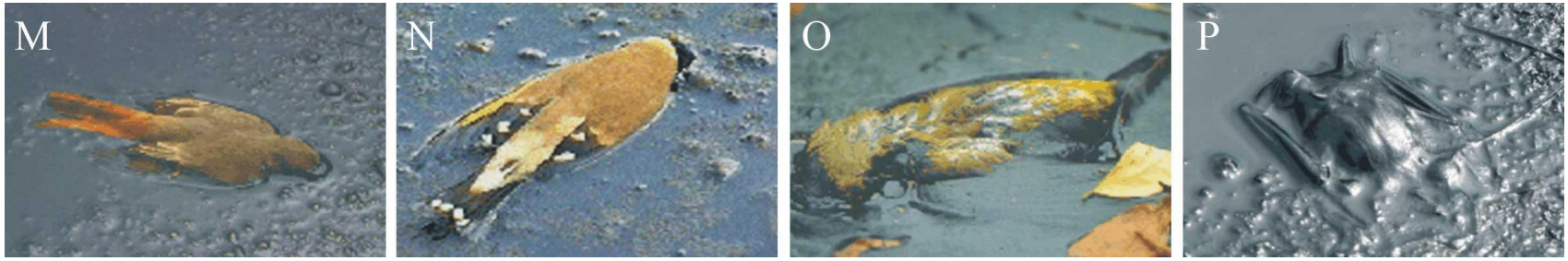
Poláros fényszennyező források



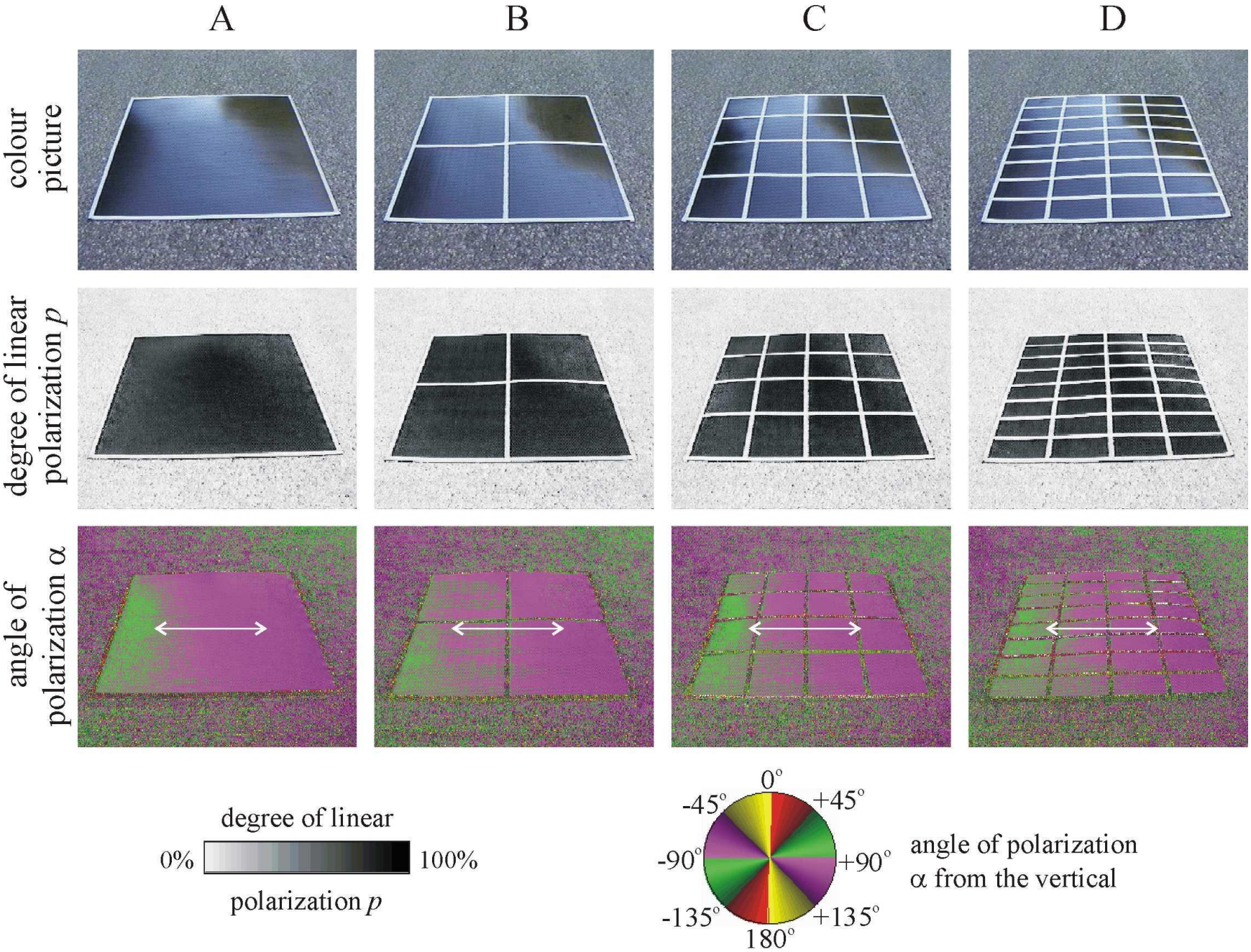
A poláros fényszennyezés áldozatai

A poláros fényszennyezés haszonélvezői

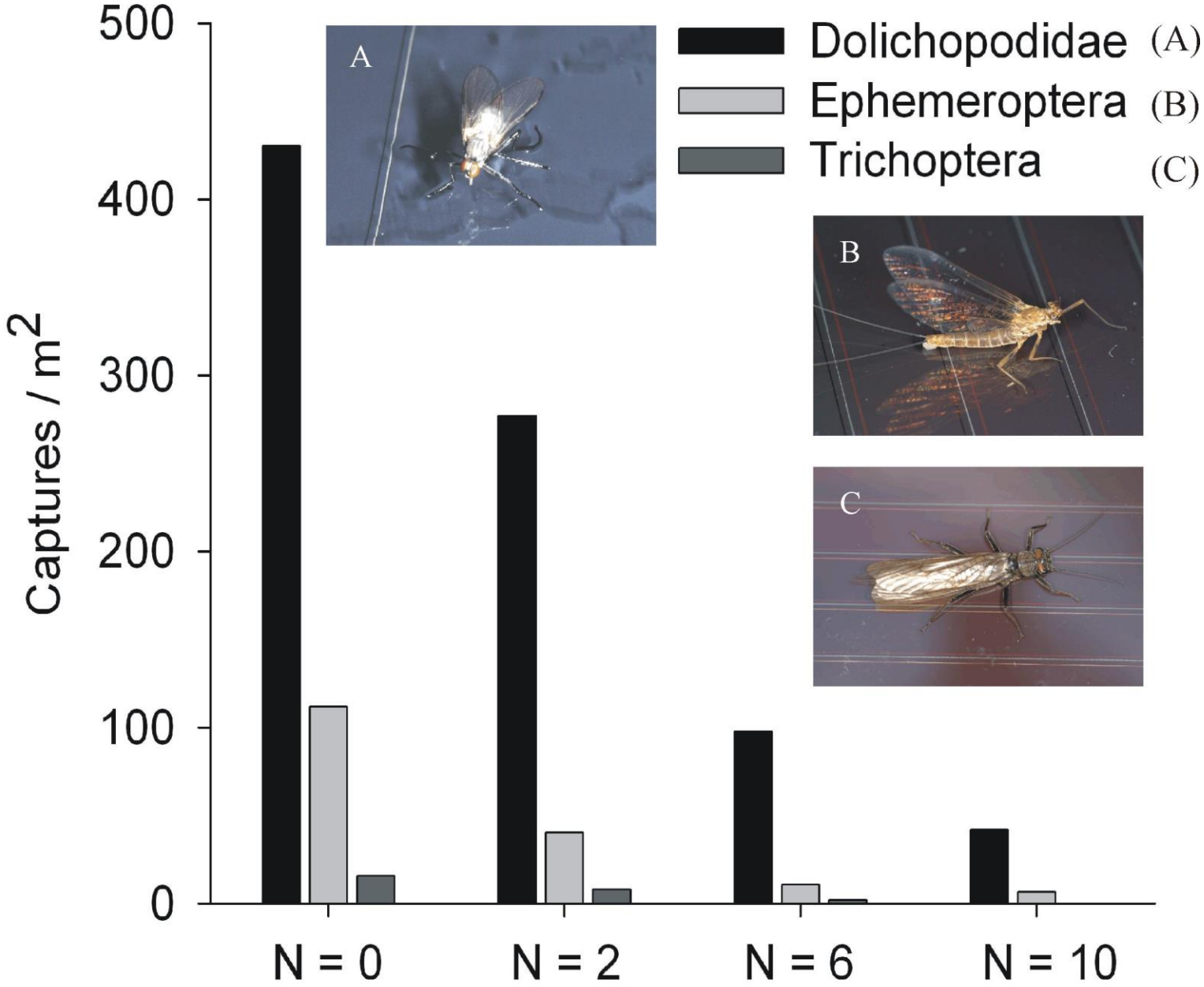
A poláros fényszennyezés haszonélvezői majd áldozatai



Poláros fényszennyezés csökkentése: fehér rácsmintázattal



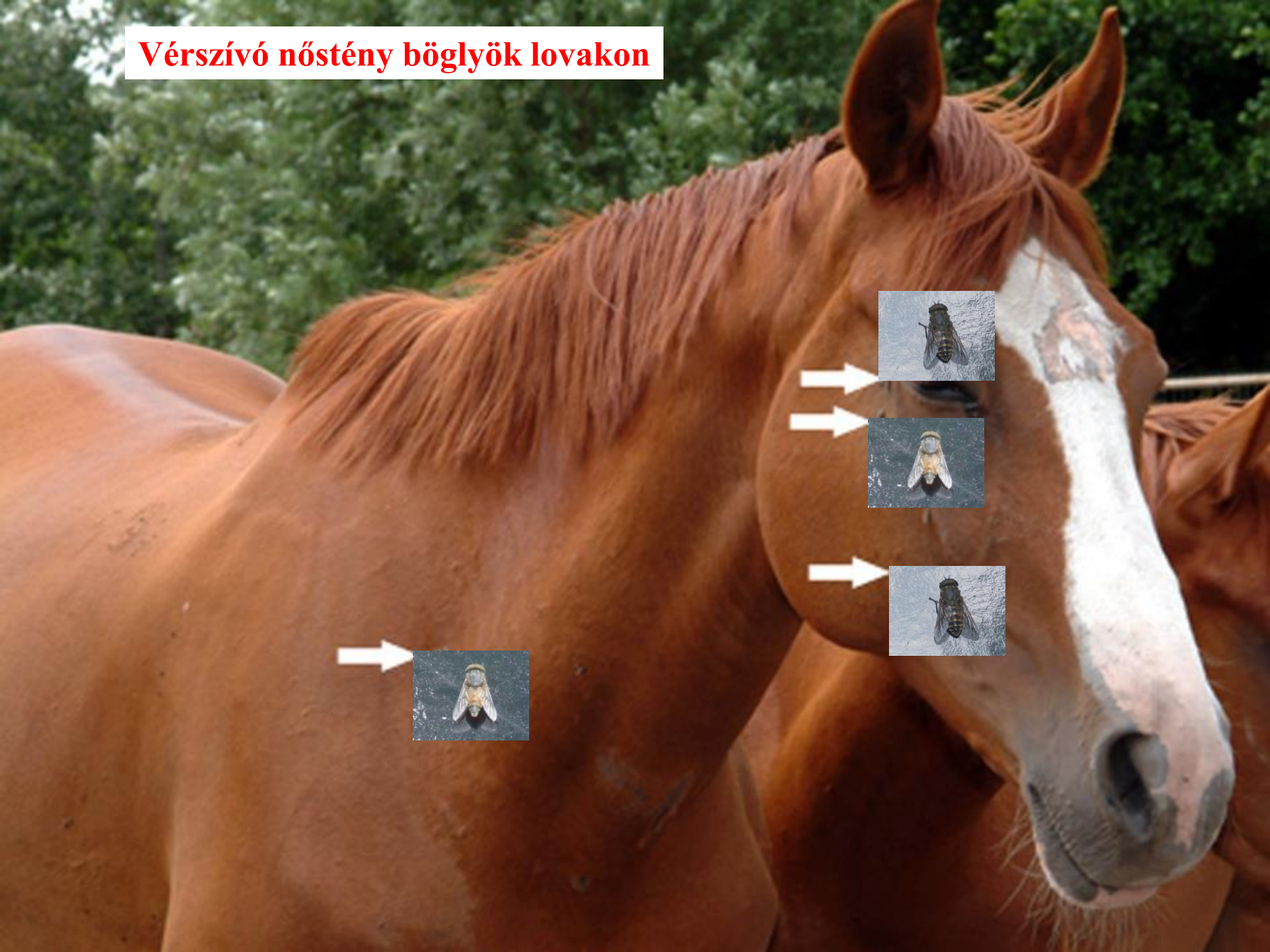
Poláros fényszennyezés csökkentése: fehér rácsmintázattal



Polarizációs bögölycsapdák:
TabaNOid folyadékcsapda, ragadós bögölypapír, napelemes bögölykasza

TABANOID

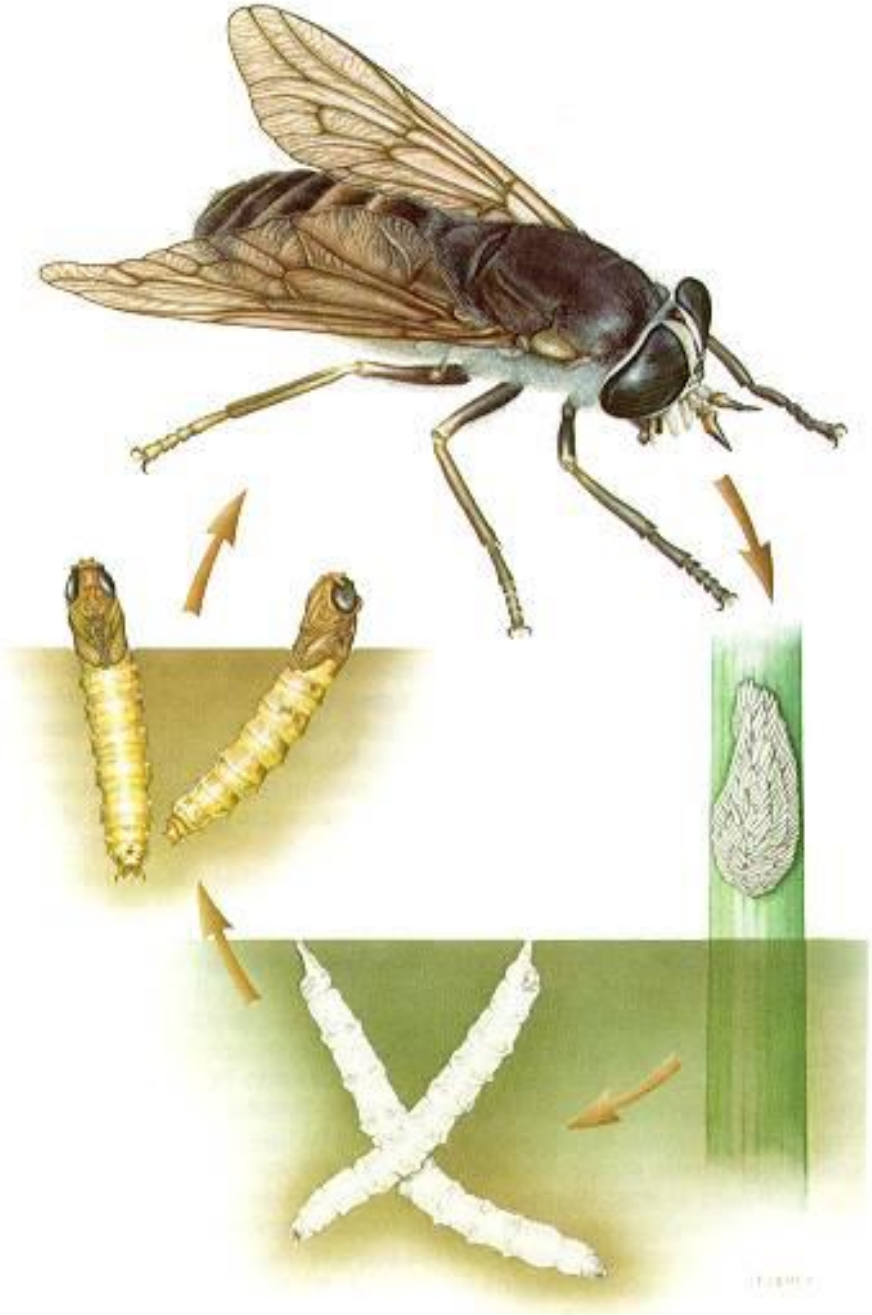
Vérszívó nőstény böglyök lovakon



Lovak tipikus reakciói a böglyök támadásaival szemben

Egy bögöly (legalul) vérszívásakor legyek csoportosulnak köréje, hogy ők is lakmározhassanak a kicsorduló vércseppből.

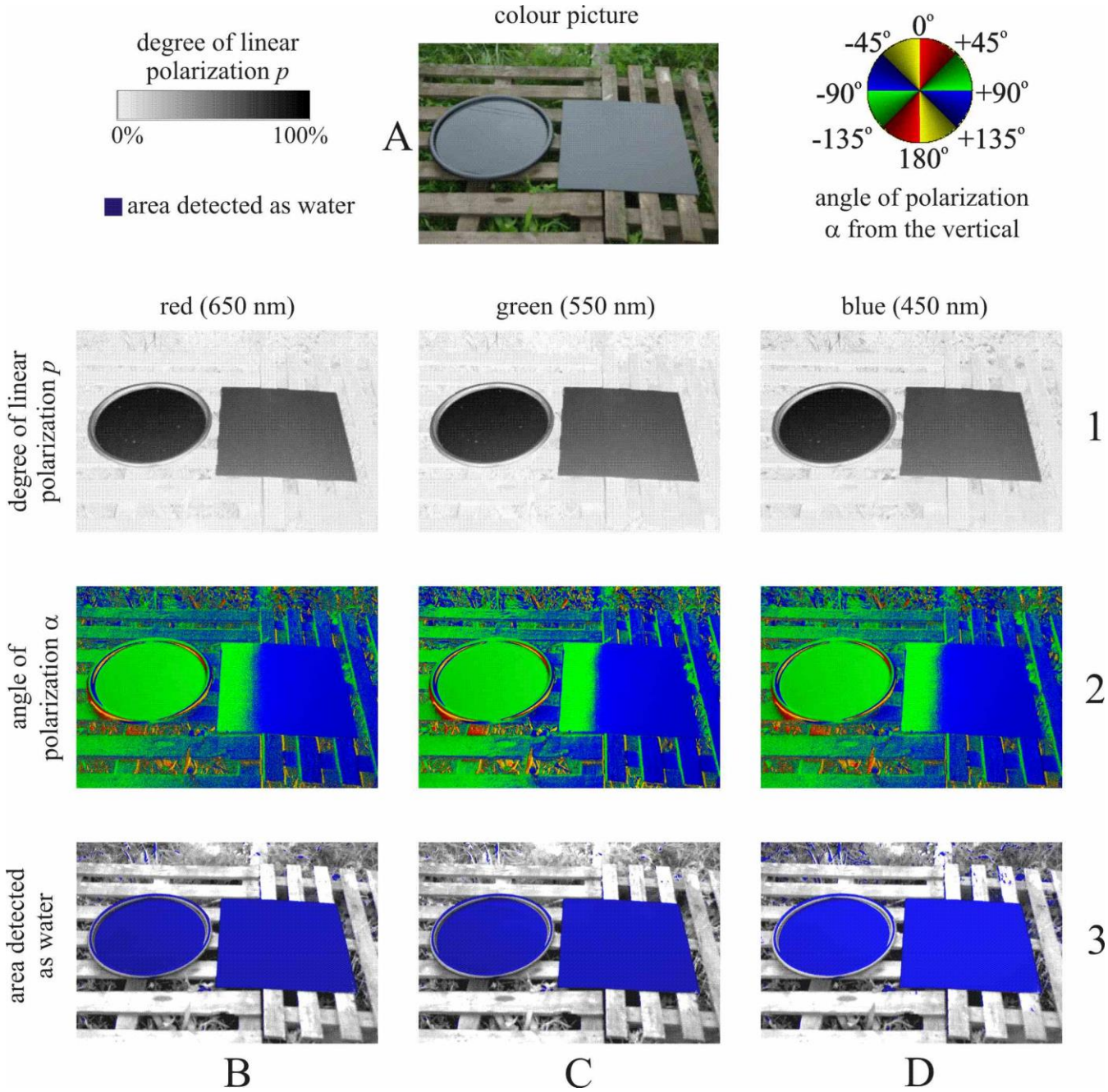
A böglyök vízhez kötődő életciklusa



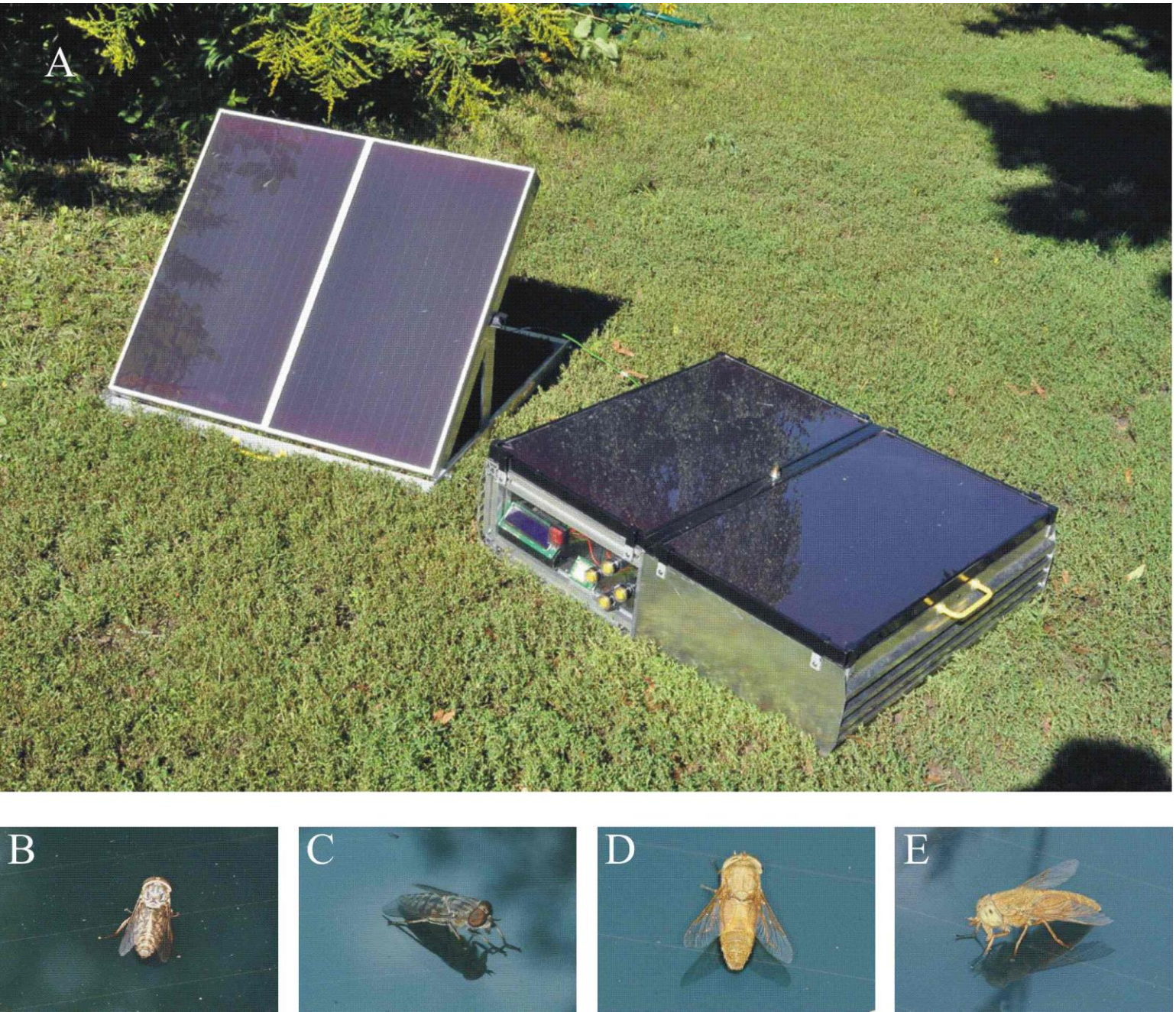
TabaNOid folyadékcsapda

TABANOID

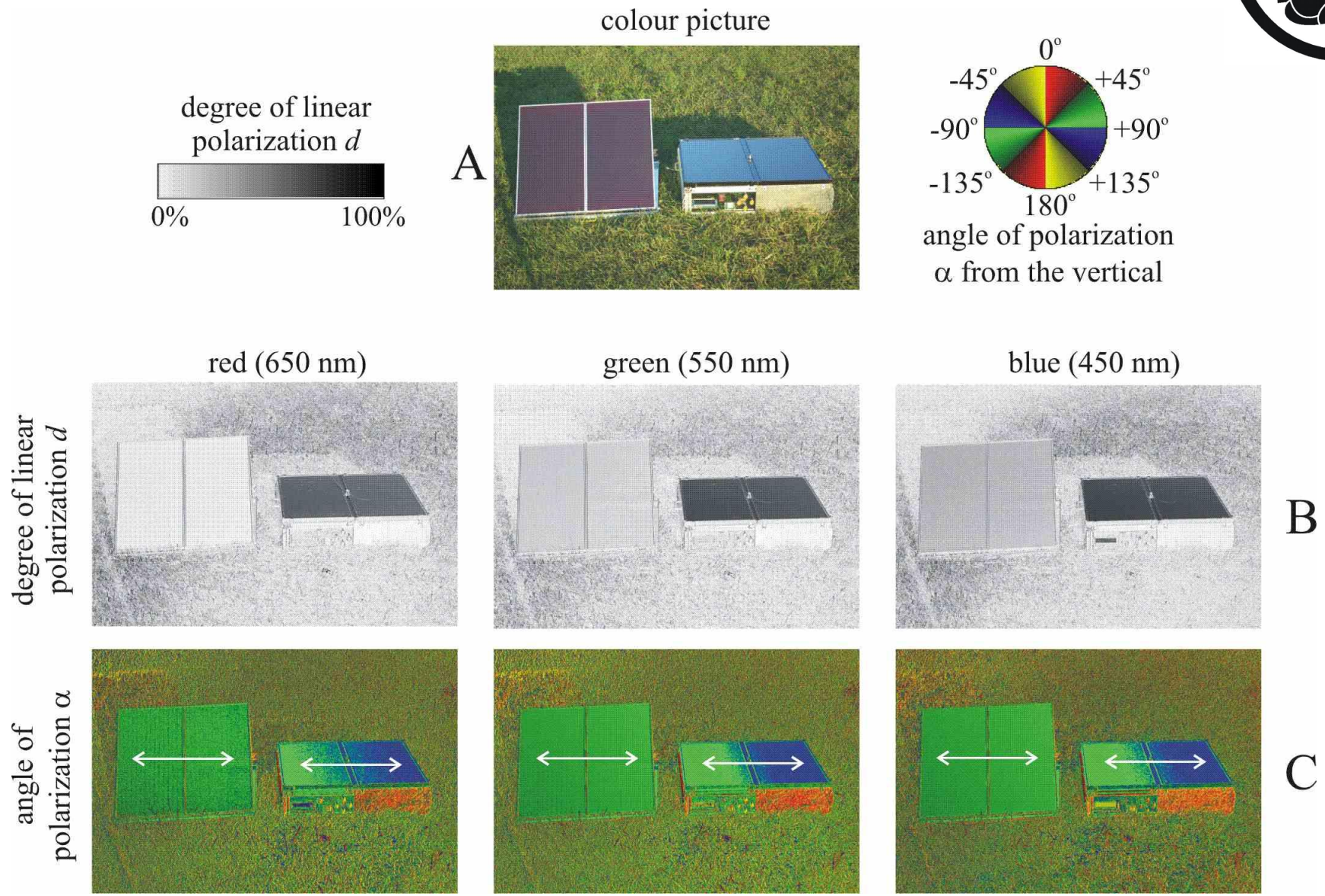
TabaNOid folyadékcsapda

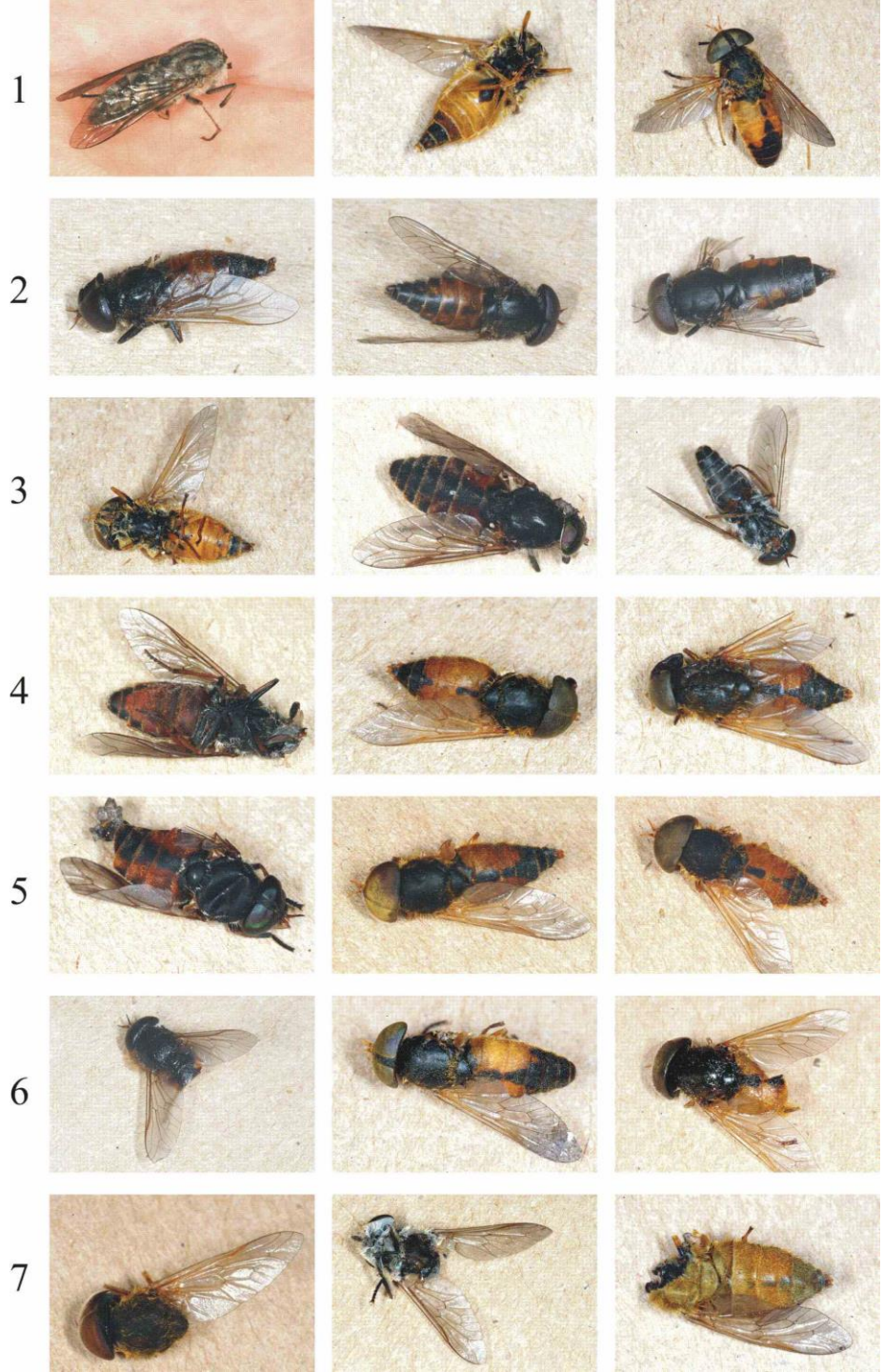


TabaNOid napelemes, forgódrótos bögölycsapda



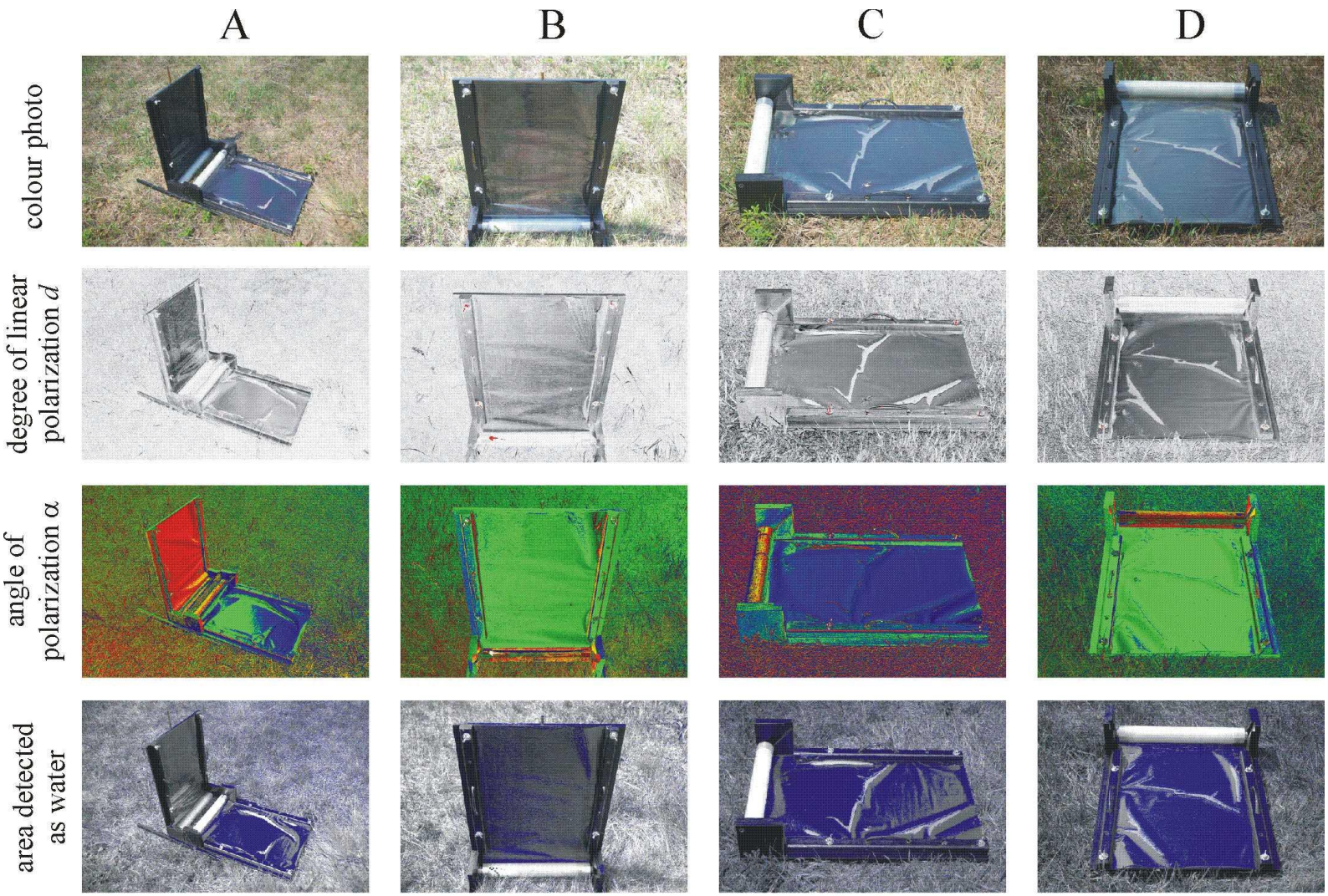
TabaNOid napelemes, forgódrótos bögölycsapda





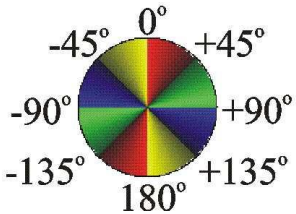
Napelemes, forgódrótos bögölycsapda által elpusztított böglyök tetemei

TabaNOid ragadós bögölypapír



degree of linear polarization d

0% 100%



angle of polarization α from the vertical

area detected as water

Hagyományos légypapír → új ragadós bögölypapír

1) világos, 2) függőleges, 3) magasról lóg, 4) keskeny

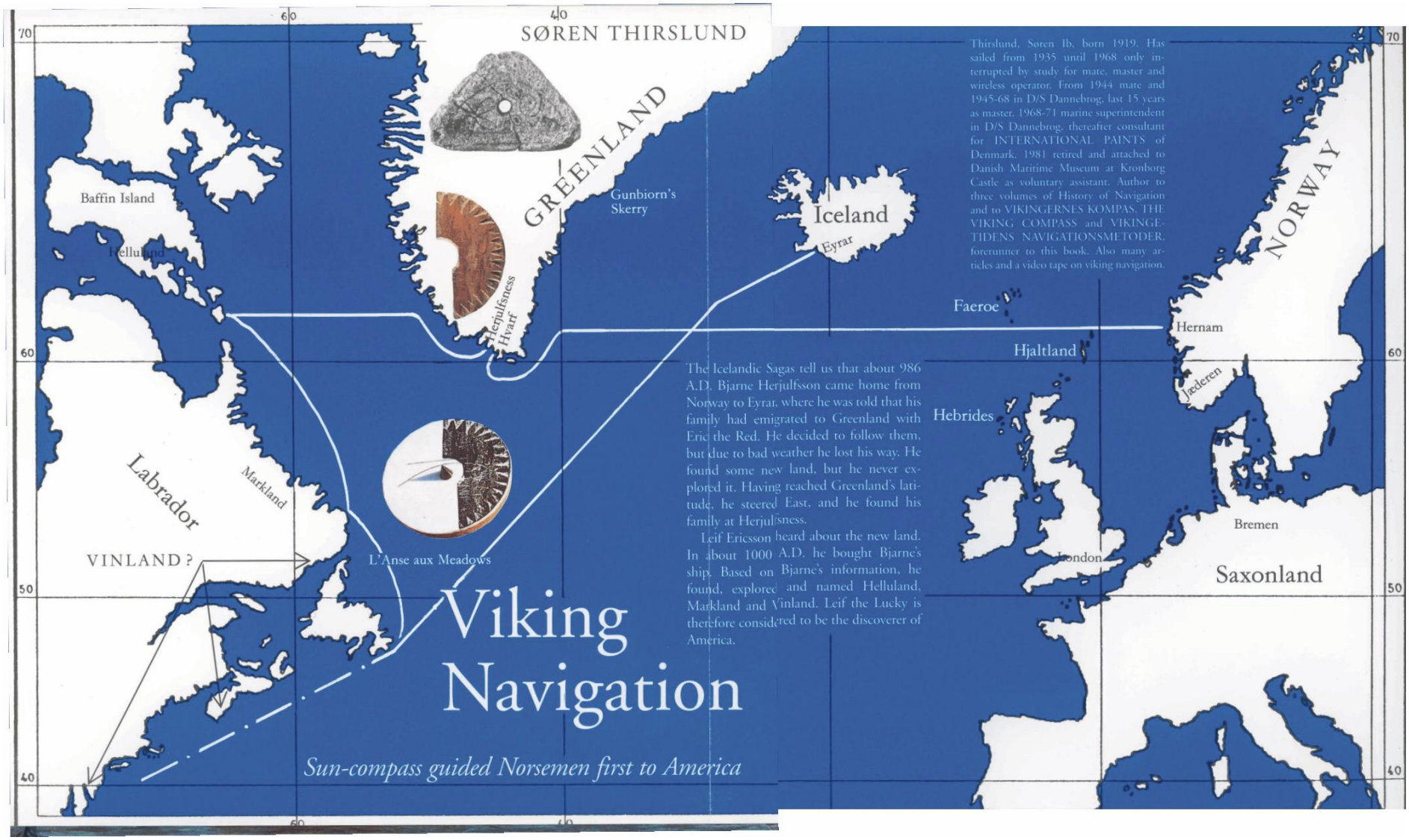
1) fekete,

2) vízszintes,

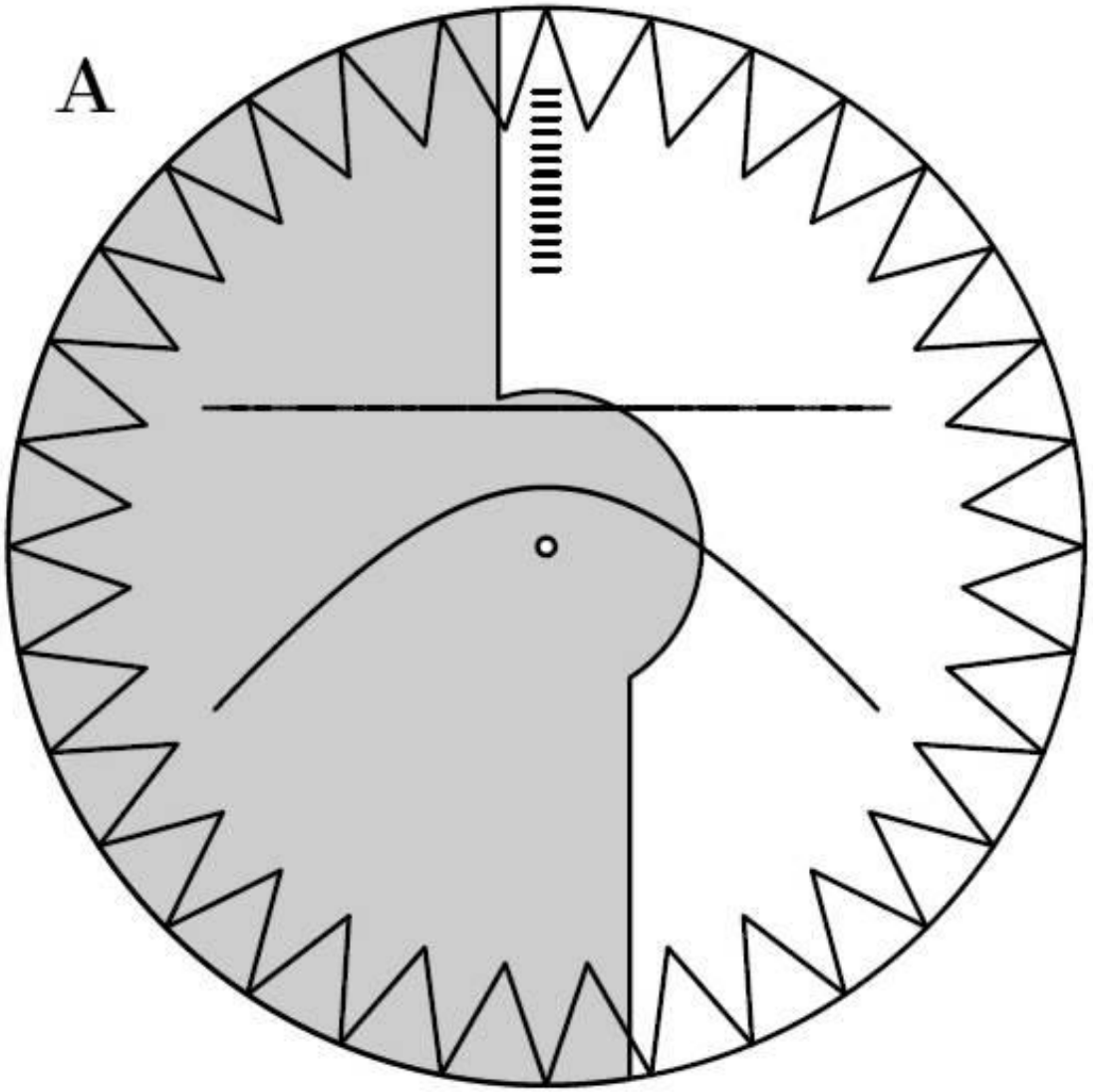
3) földön fekszik,

4) 75 cm x 75 cm

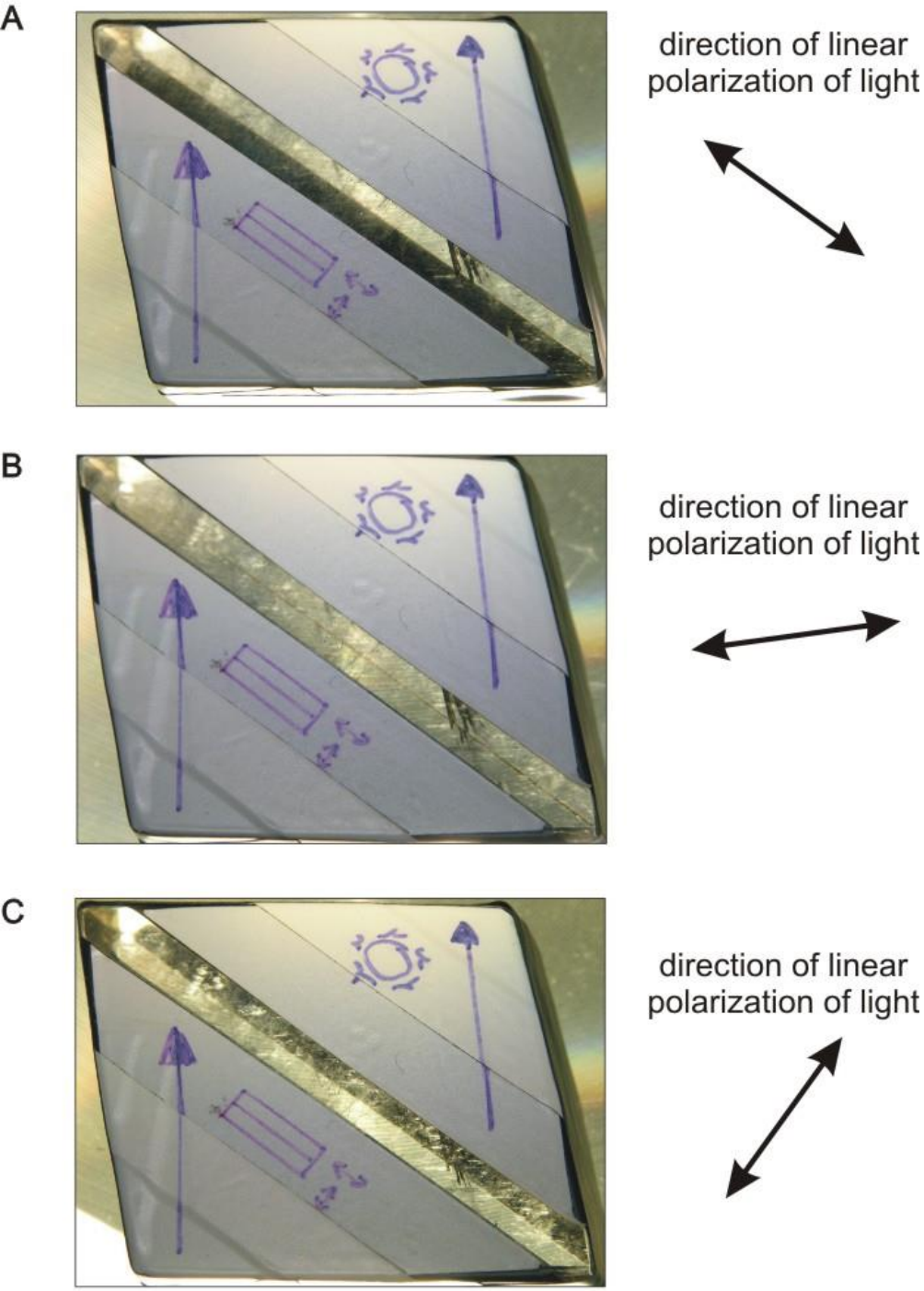
A vikingek mágneses iránytű nélküli tengeri navigációja

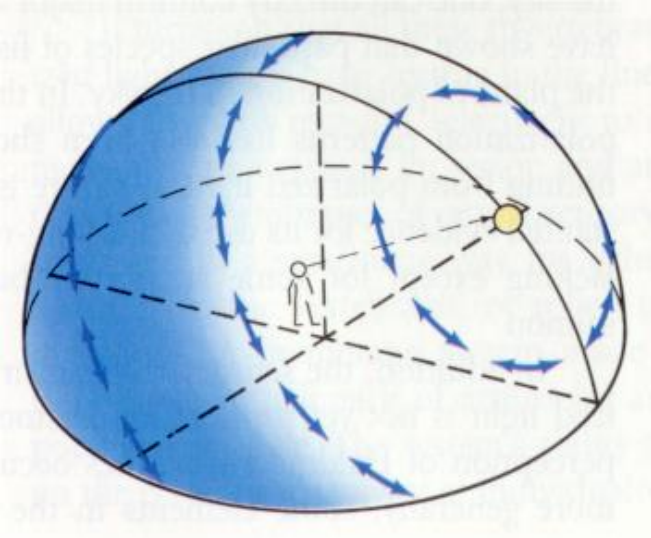


A vikingek napórája



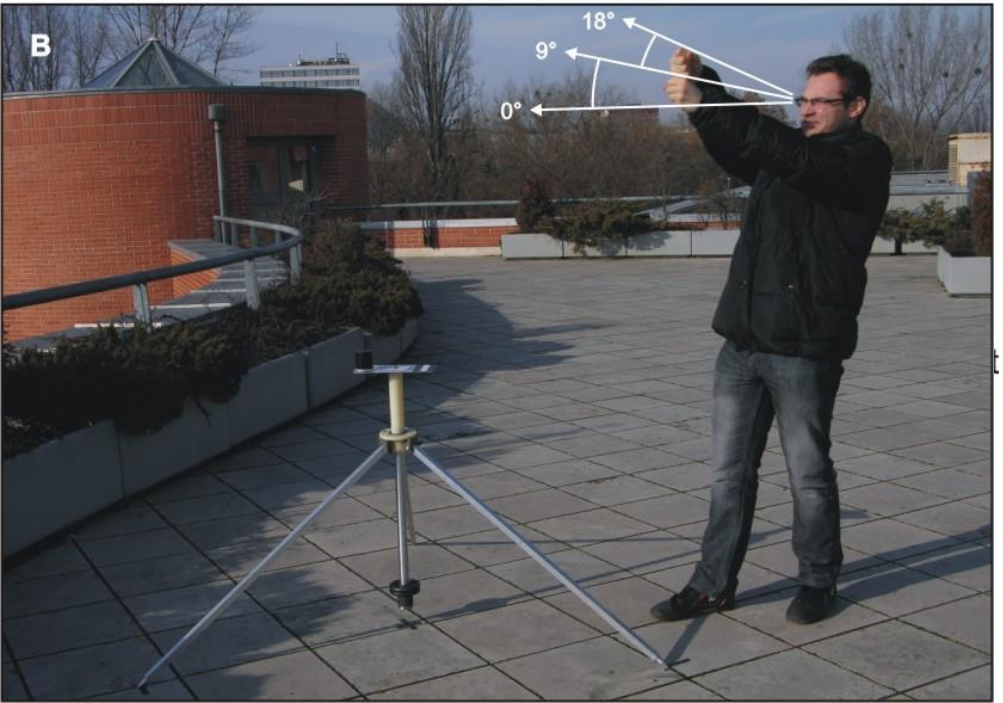
A vikingek kalcit-napköve



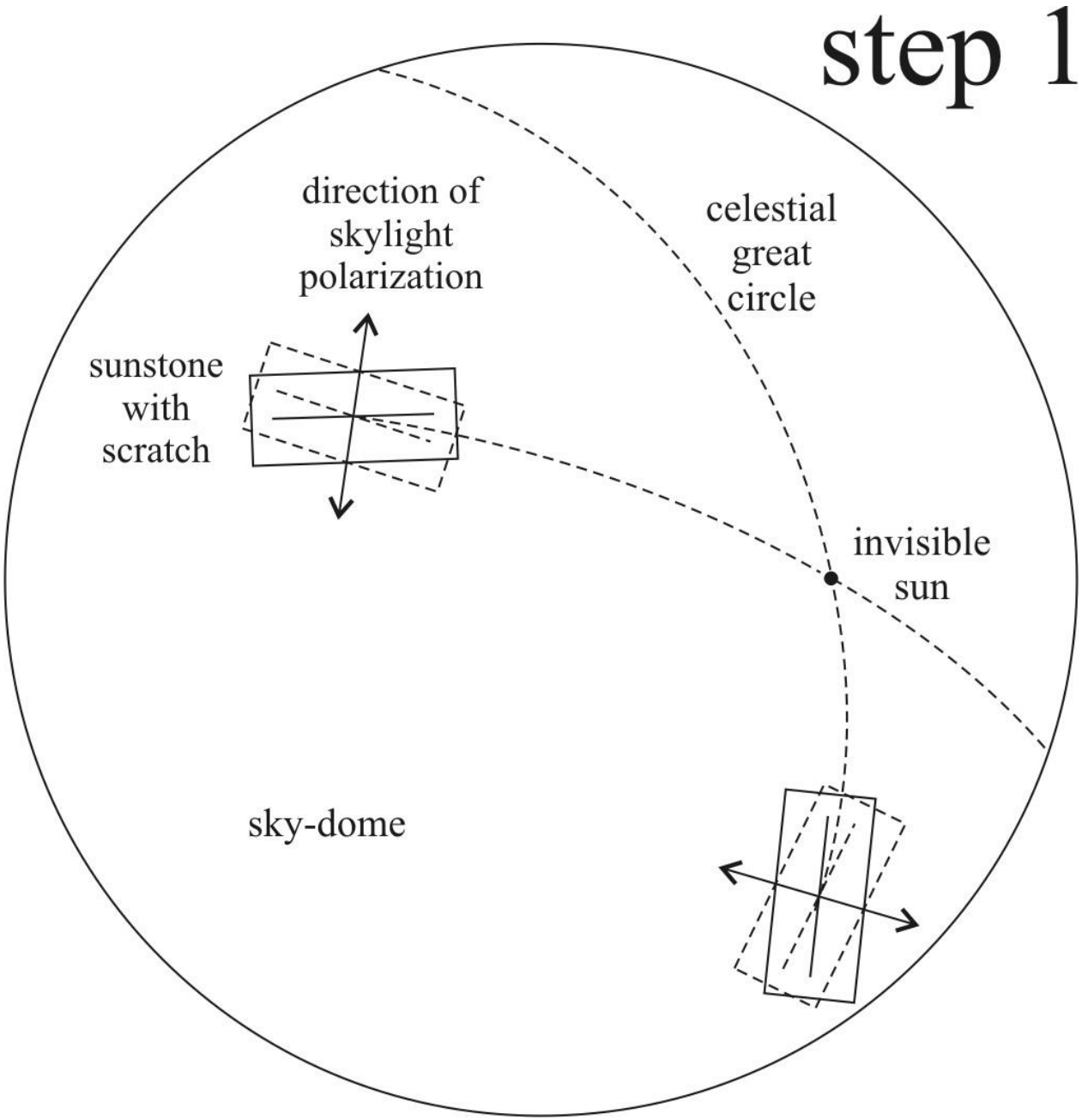


Az ég Rayleigh-féle polarizációirány mintázata

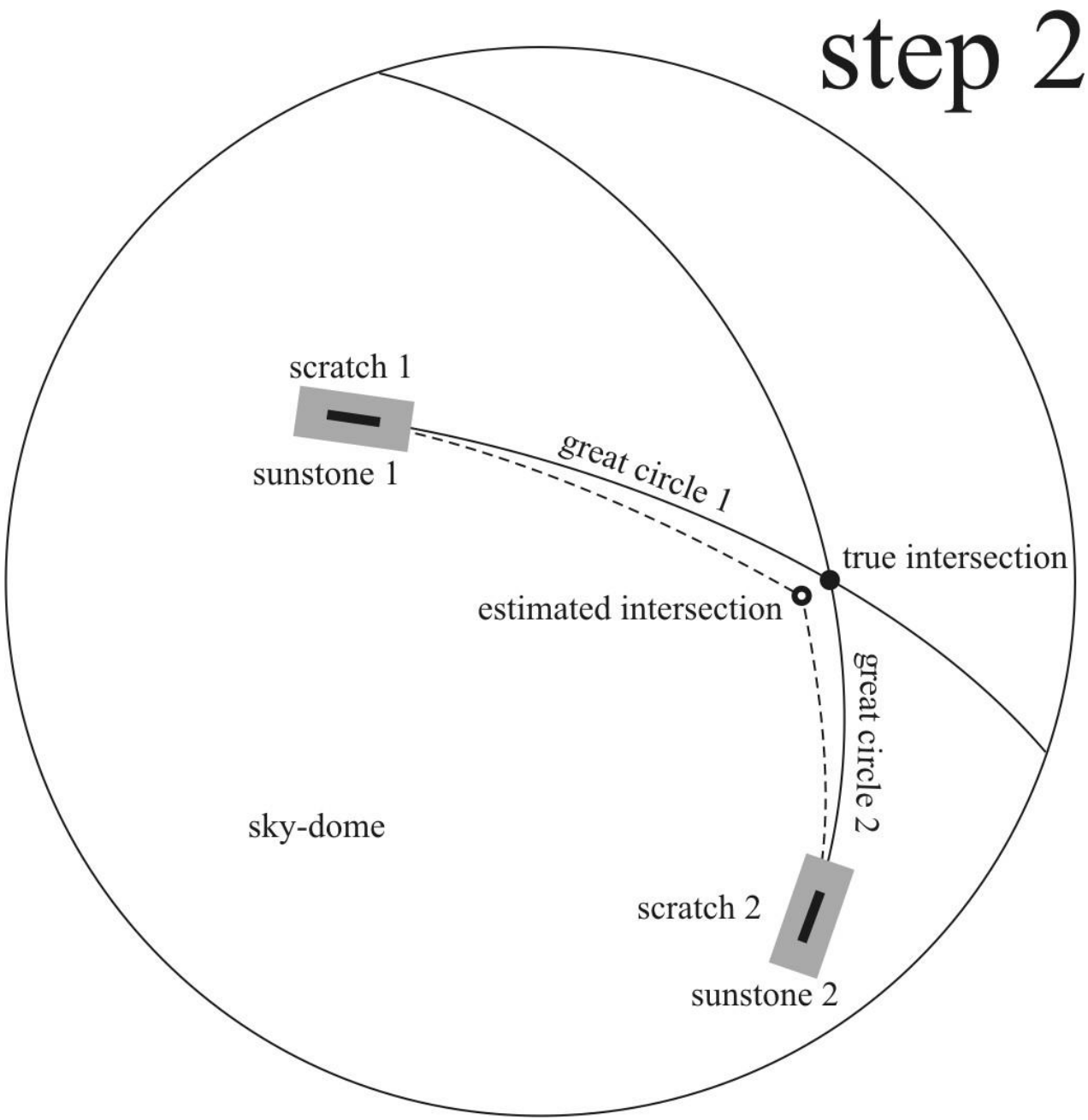
A nem látható nap helyének meghatározása viking-módszerrel



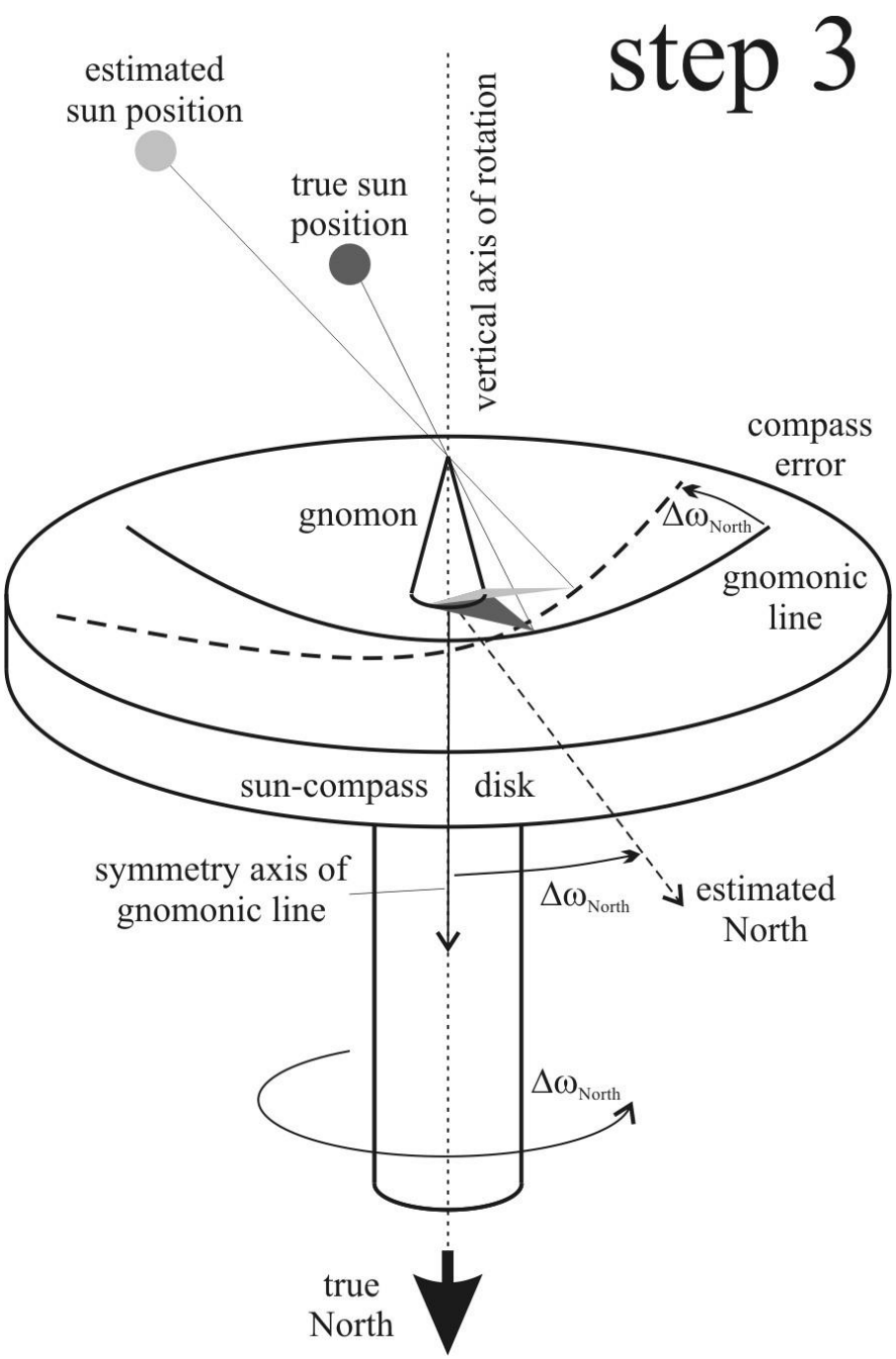
Az égbolt-polarizációs viking-navigáció 1. lépése



Az égbolt-polarizációs viking-navigáció 2. lépése

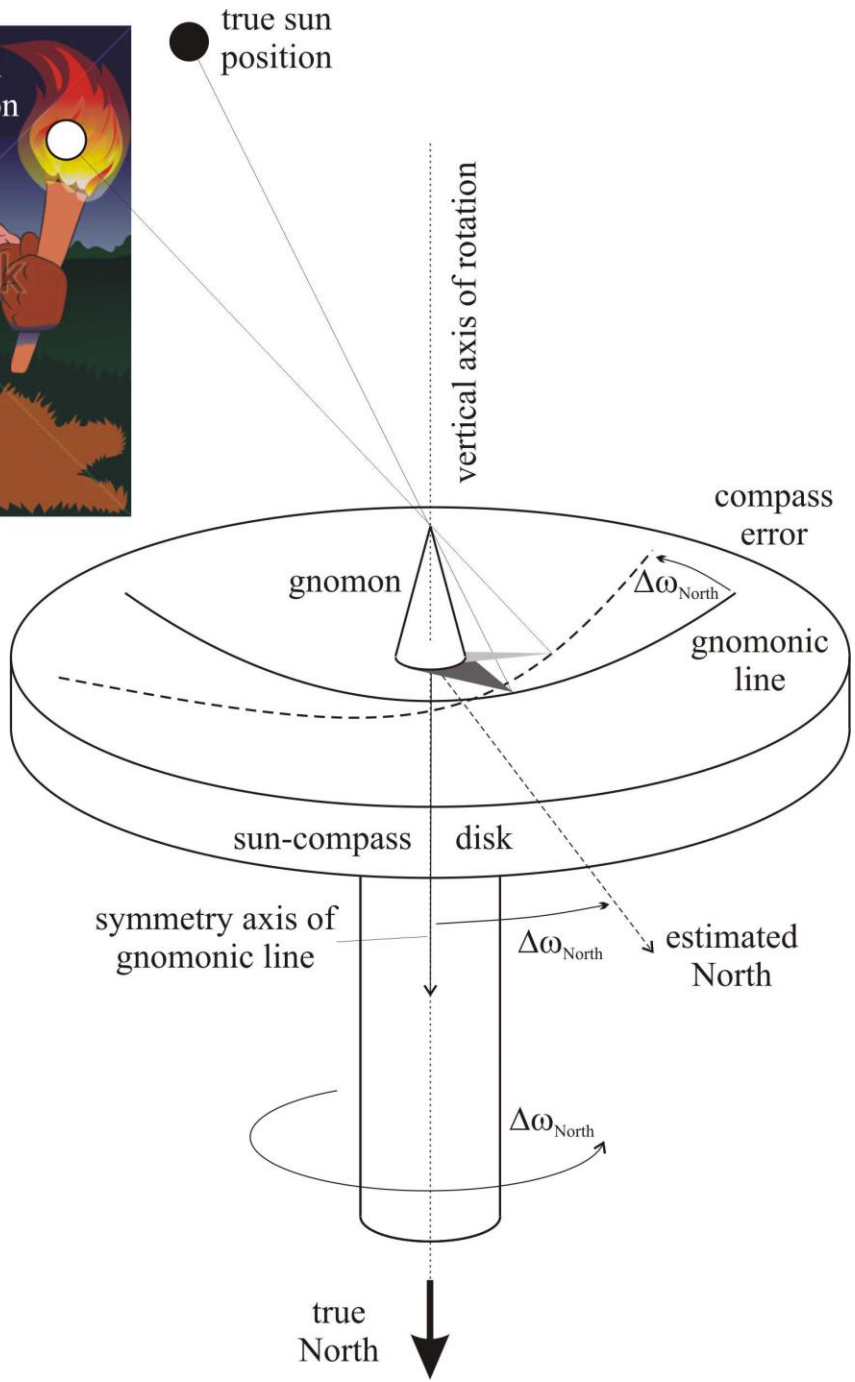


Az égbolt-polarizációs viking-navigáció 3. lépése

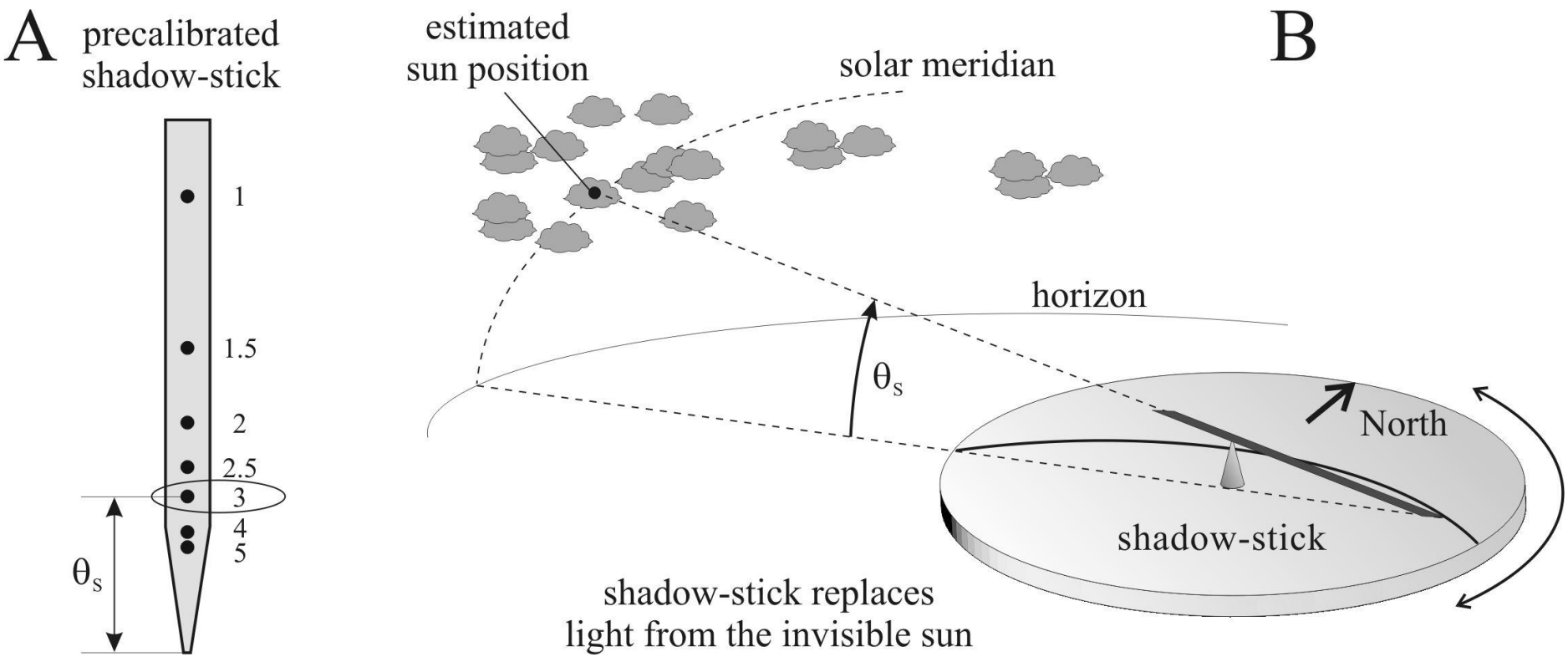


Az égbolt-polarizációs viking-navigáció

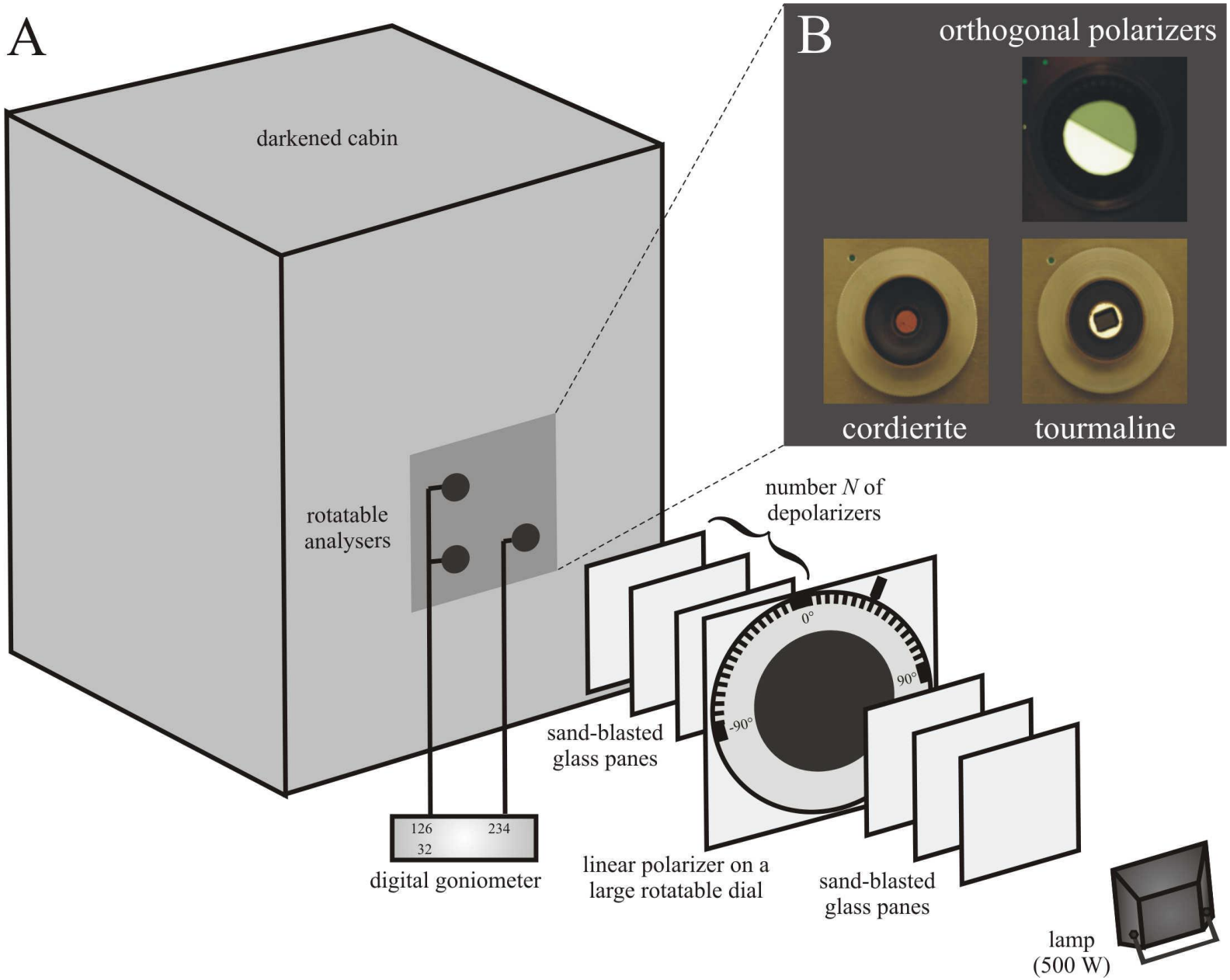
3. lépése fáklyával



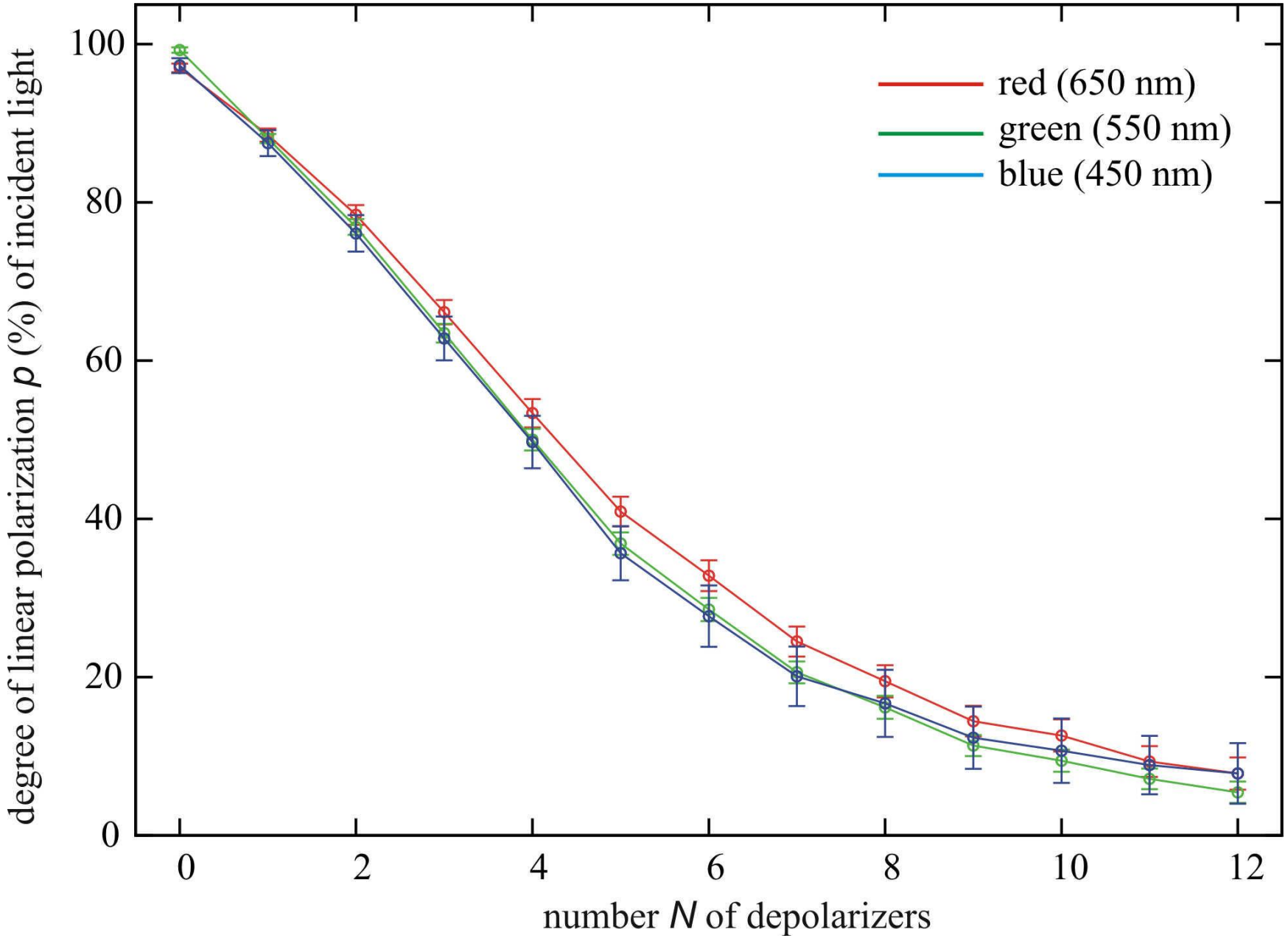
Az égbolt-polarizációs viking-navigáció 3. lépése árnyékpálcával



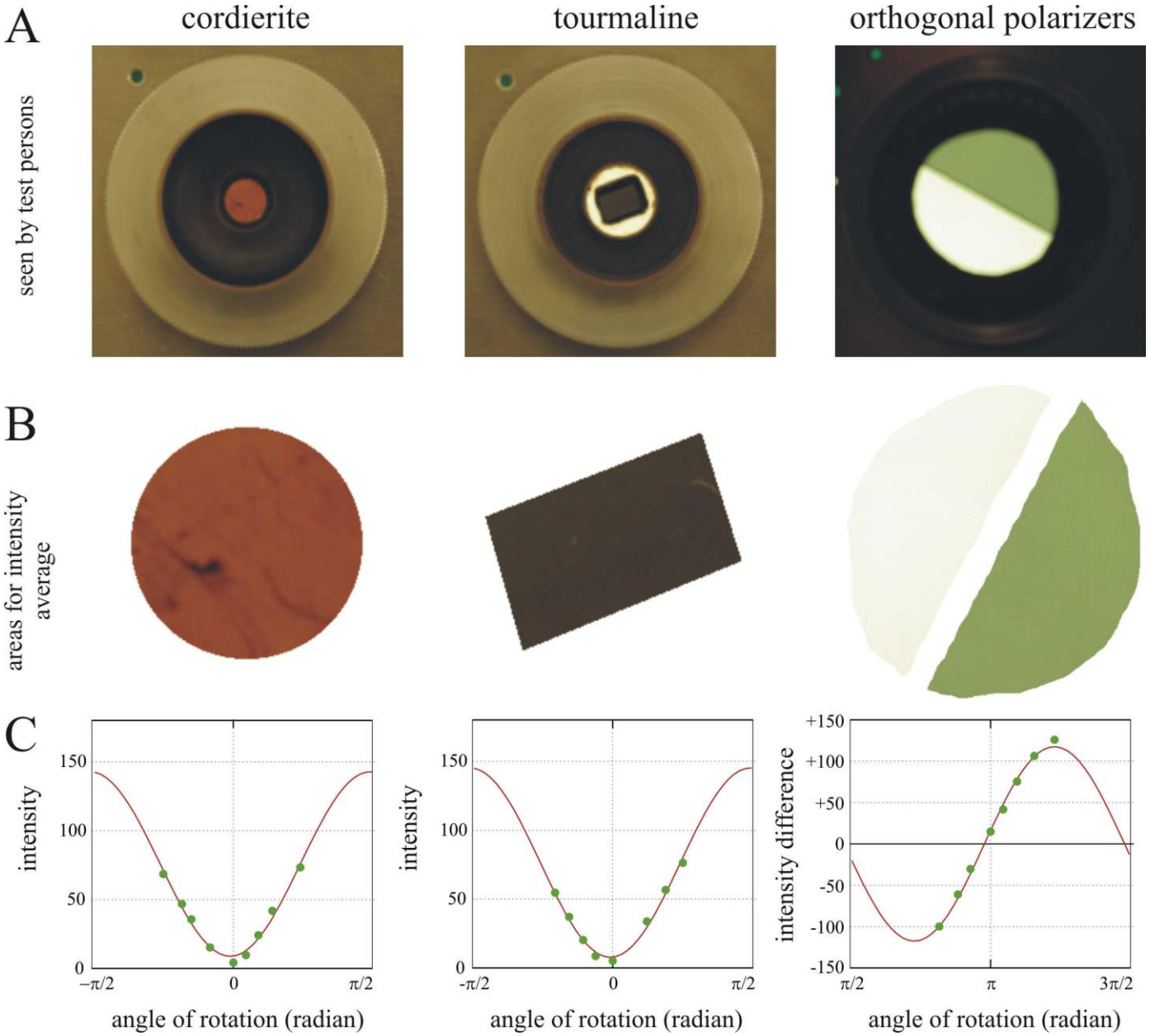
Az égbolt-polarizációs viking-navigáció 1. lépése hibájának pszichofizikai mérése



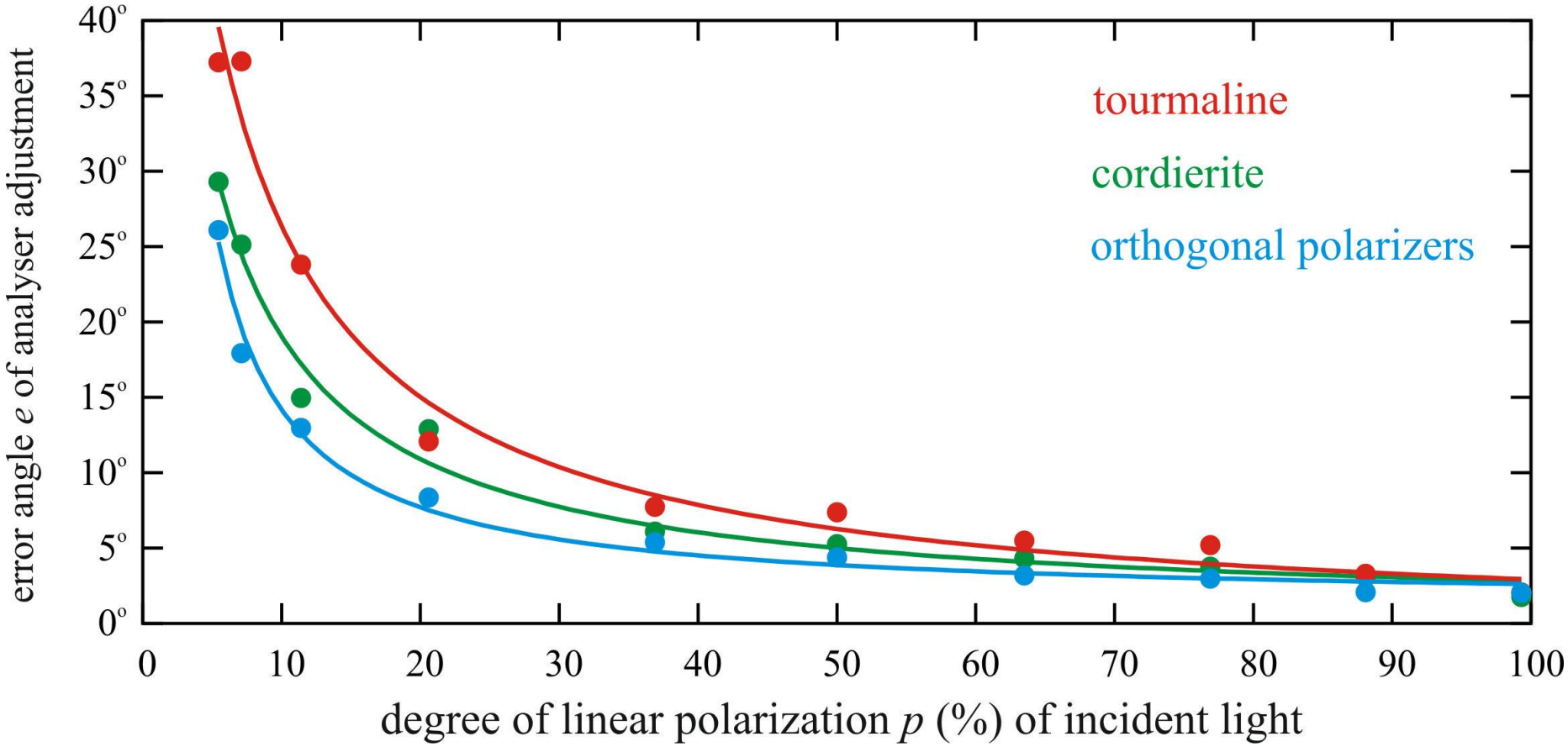
A beeső fehér fény depolarizátorok számától függő polarizációfoka



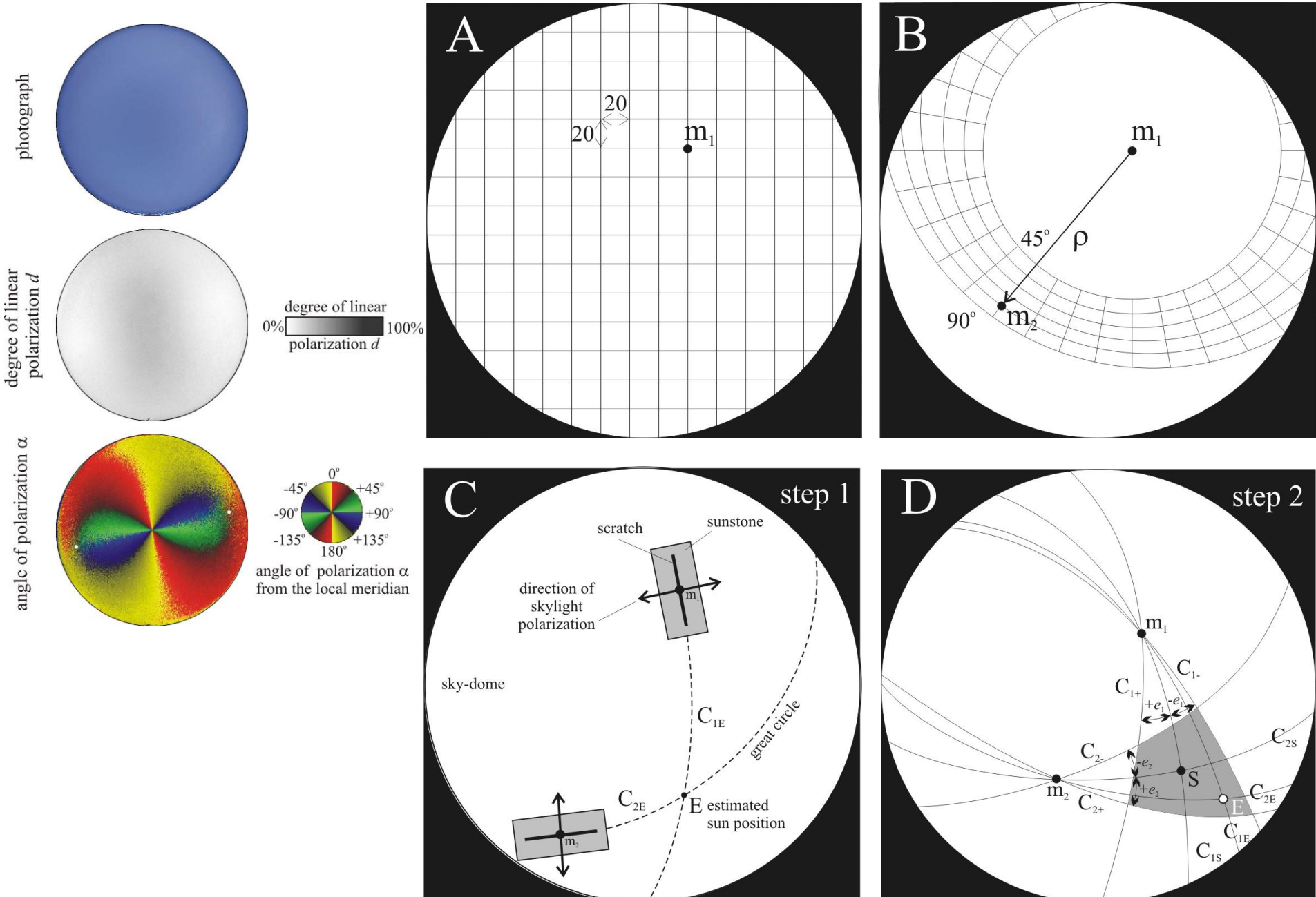
Viking-napkövek irányulásfüggő optikai jele



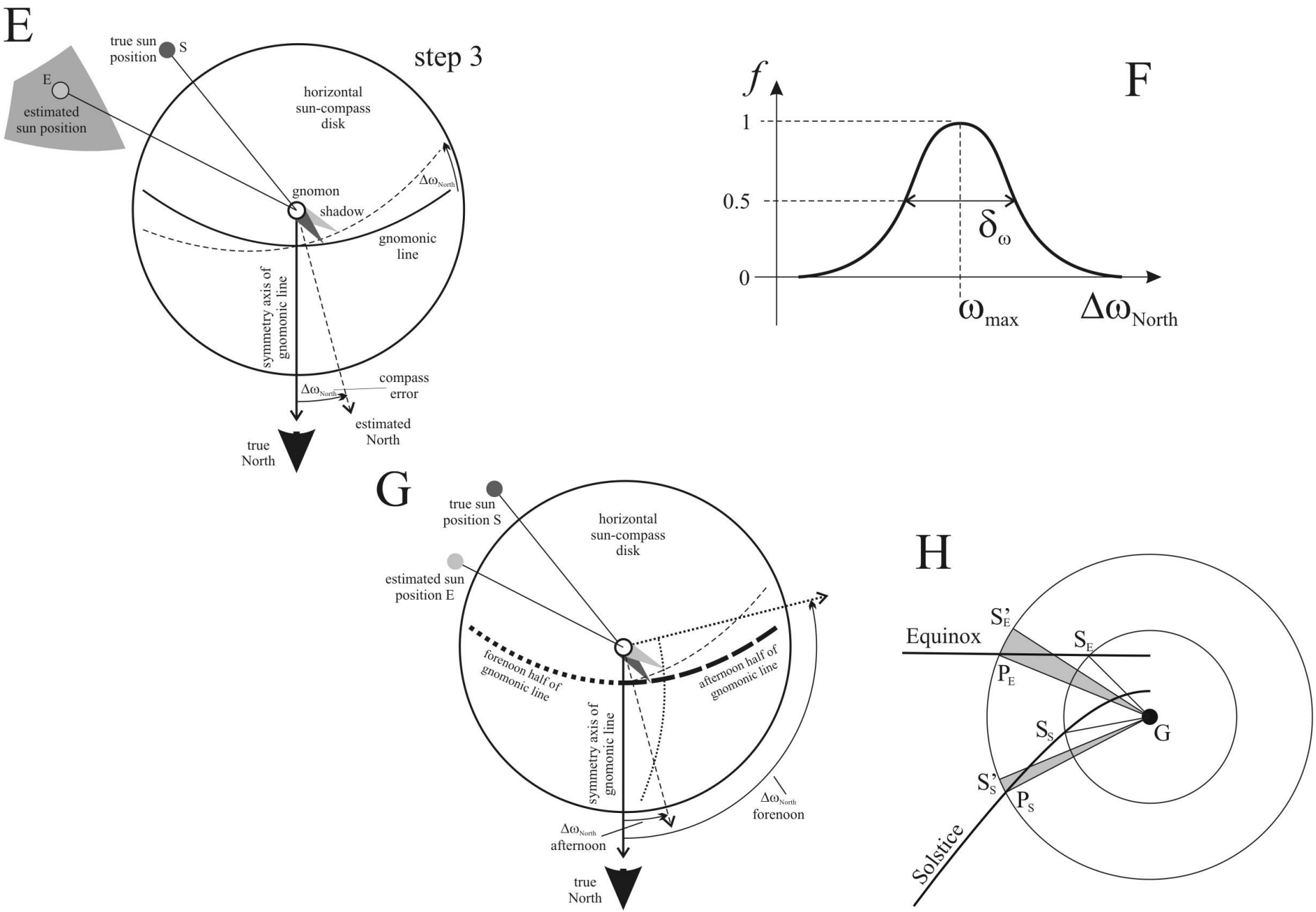
Viking-napkövek szögbeállításának hibafüggvénye



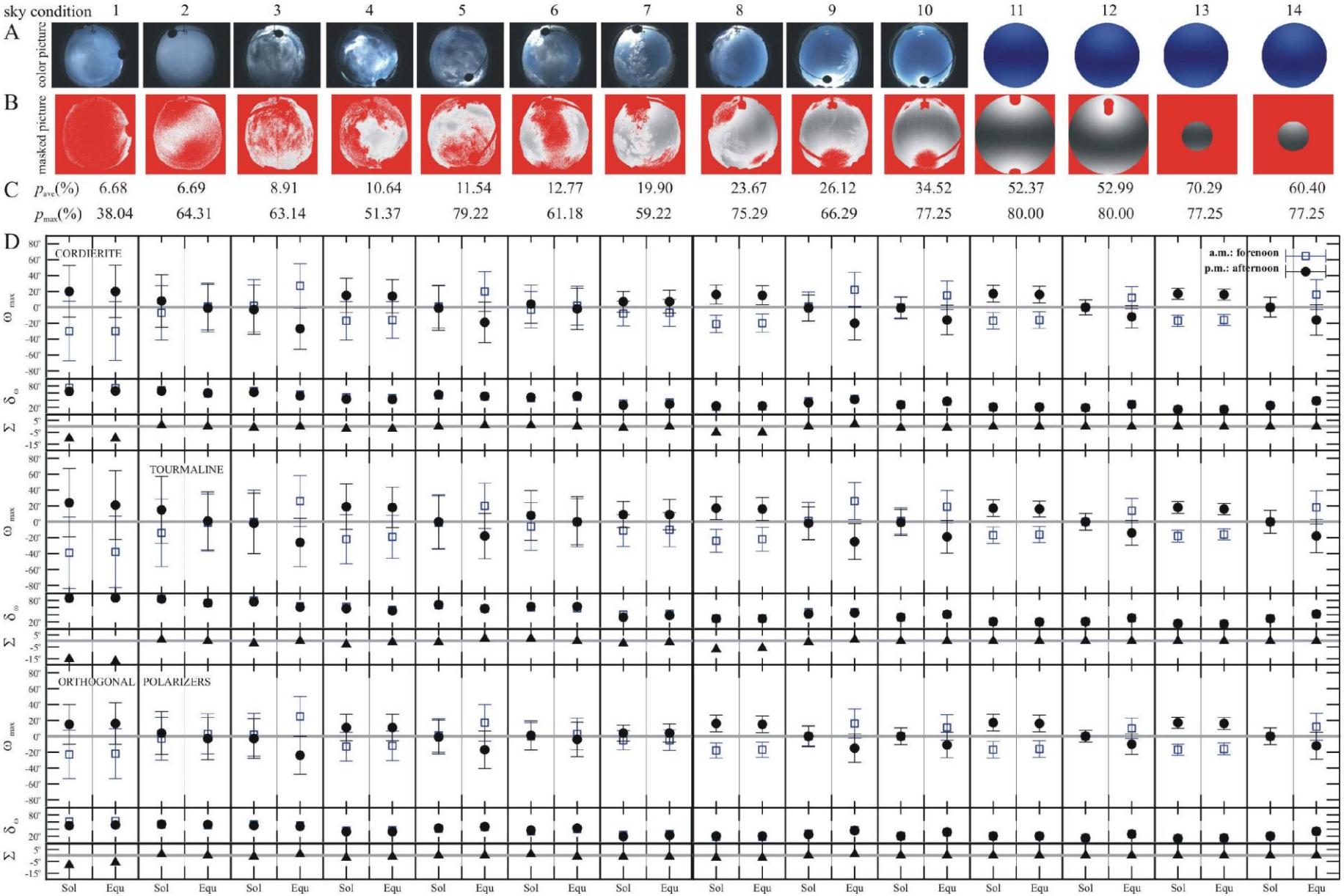
Az északi irány-meghatározás hibájának becslése hibaterjedéssel



Az északi irány-meghatározás hibájának becslése hibaterjedéssel



Az északi irány égbolt-polarizációs viking-navigációval történő meghatározásának hibája a felhőzöttség függvényében



A cirkulárisan fénypolarizáló kitinpáncélú szkarabeuszok nem reagálnak a cirkuláris polarizációra: Egy évszázados biooptikai hipotézis cáfolata

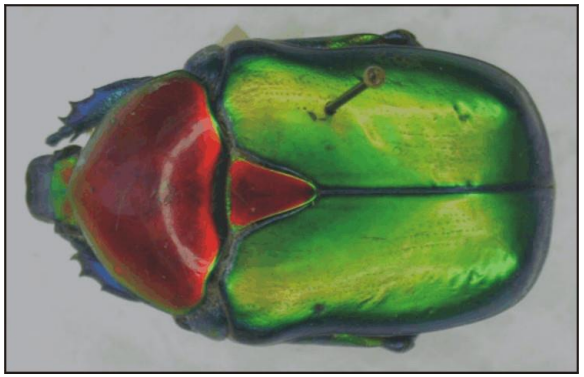
A szkarabeusz bogarak balra cirkulárisan polarizáló kitinpáncélja

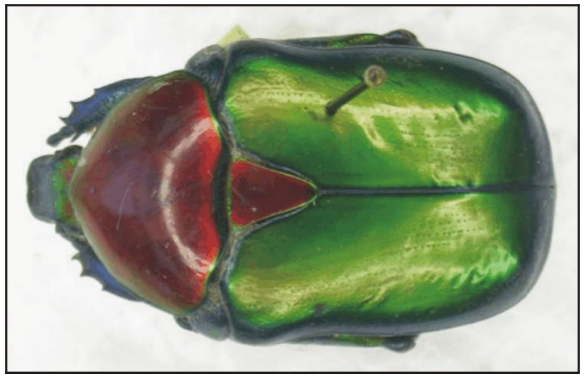
Cetonischema jousselini

balos cirkuláris polárszűrőn át

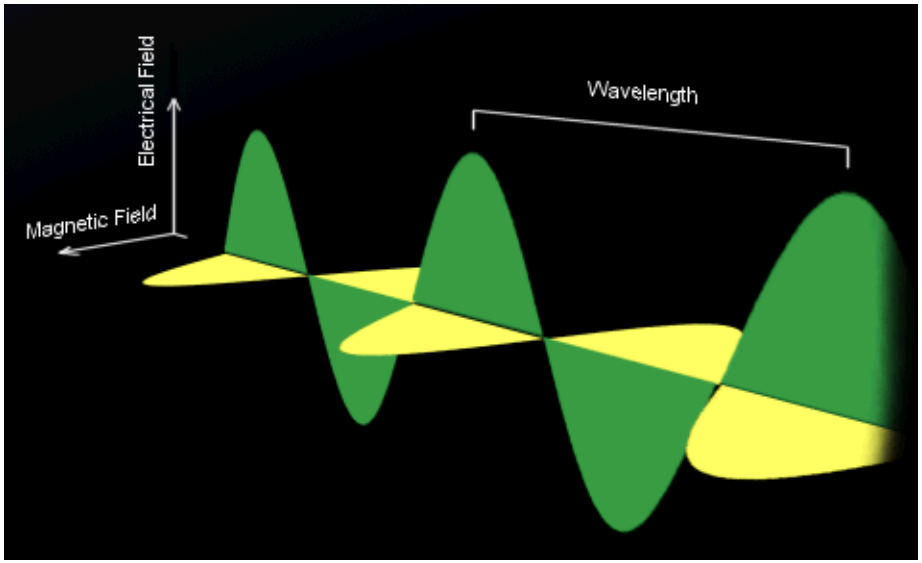
szabad szemmel

jobbos cirkuláris polárszűrőn át

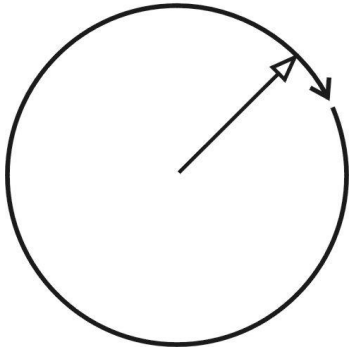




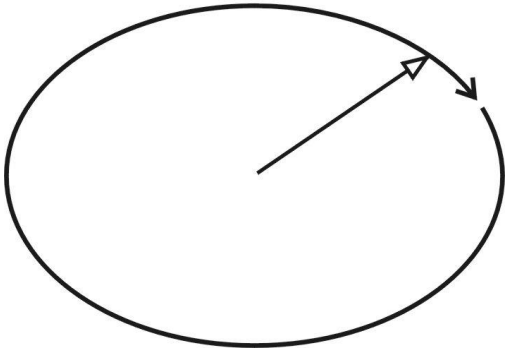
A fény cirkuláris polarizációja



cirkulárisan poláros



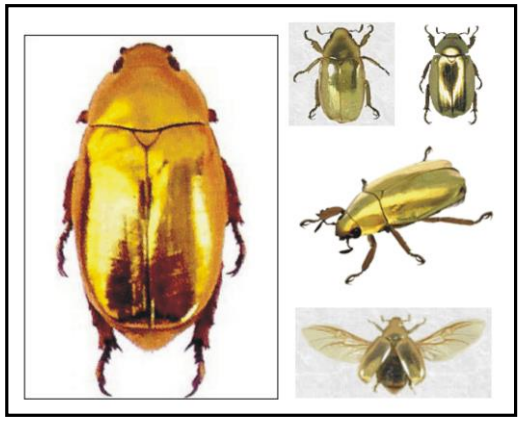
elliptikusan poláros

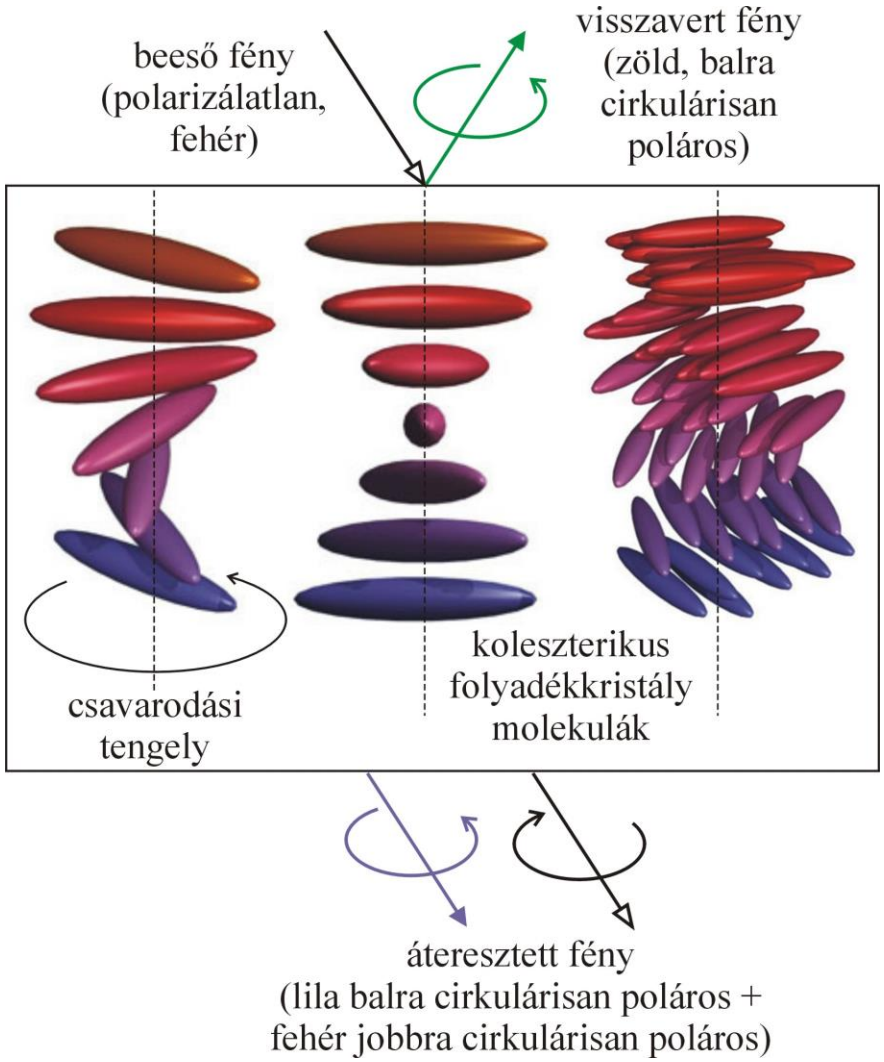


A jelenség fölfedezése és szerkezeti oka

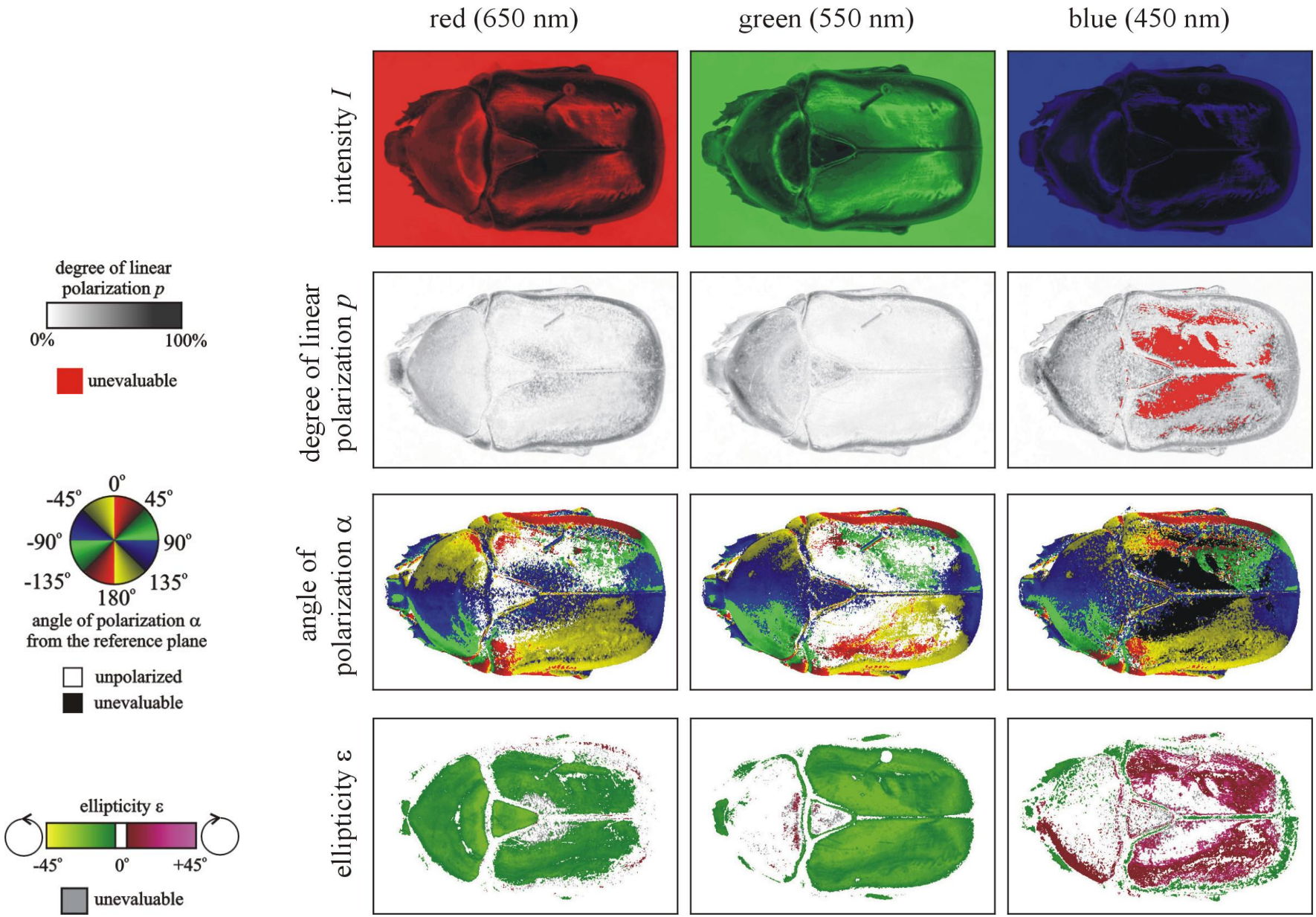
Albert Abraham Michelson (1852-1931) amerikai Nobel-díjas fizikus

1911-ben fedezte fel a *Plusiotis resplendens* kitinpáncéljáról visszaverődő fény cirkuláris polarizációját

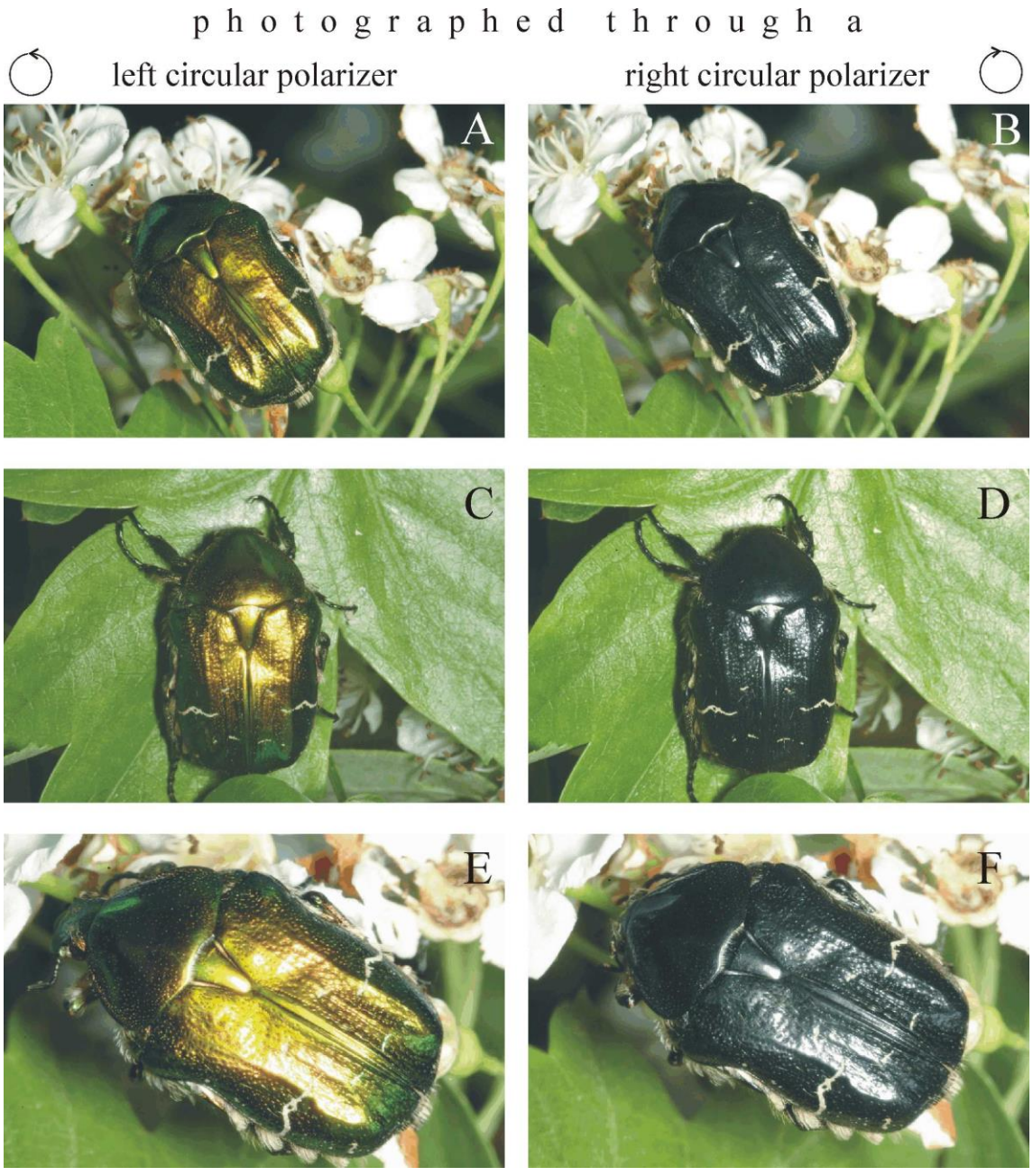




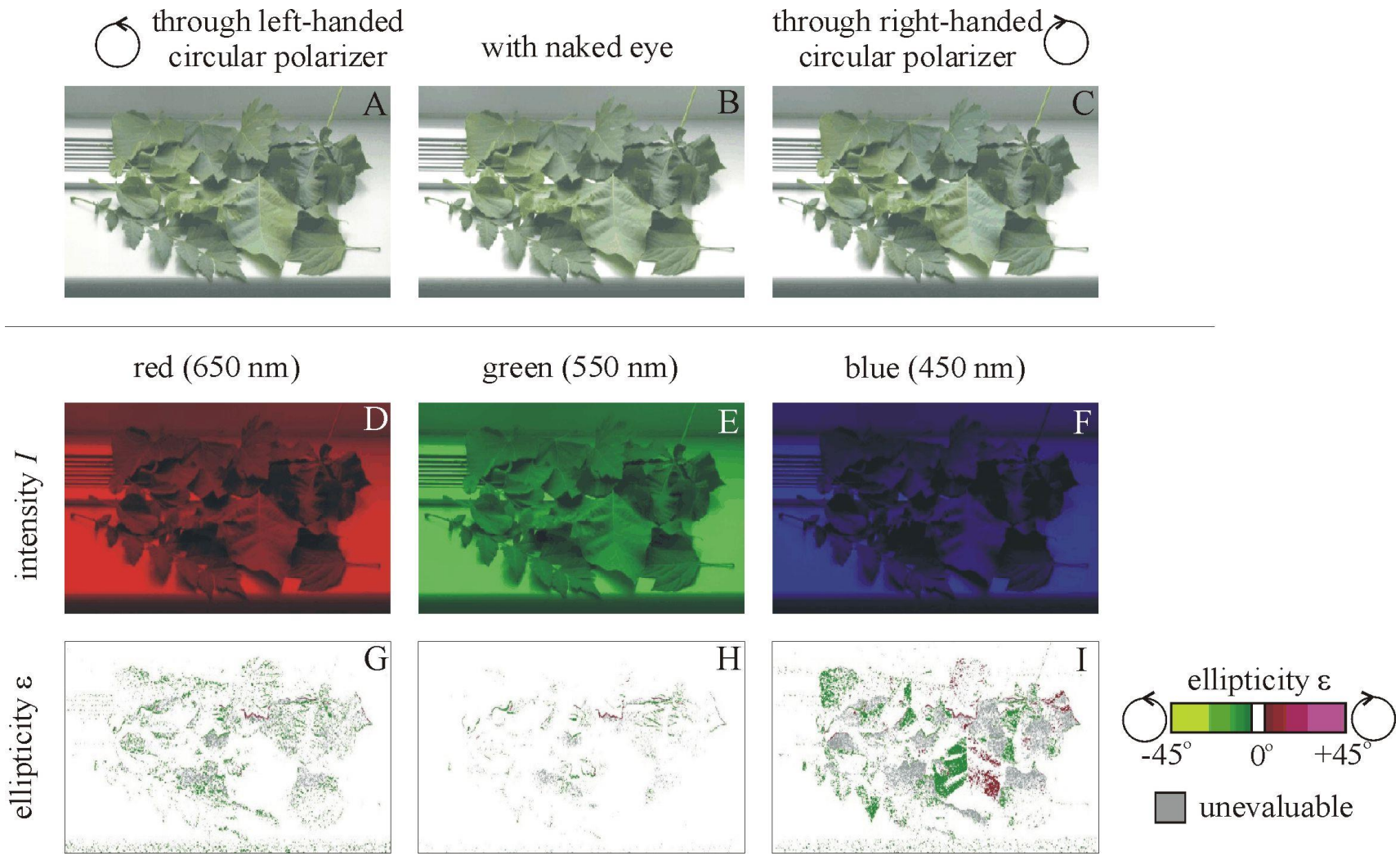
A *Cetonischema jousselini* lineáris és cirkuláris polarizációs mintázatai



Balra cirkulárisan polarizáló rózsabogár (*Cetonia aurata*)



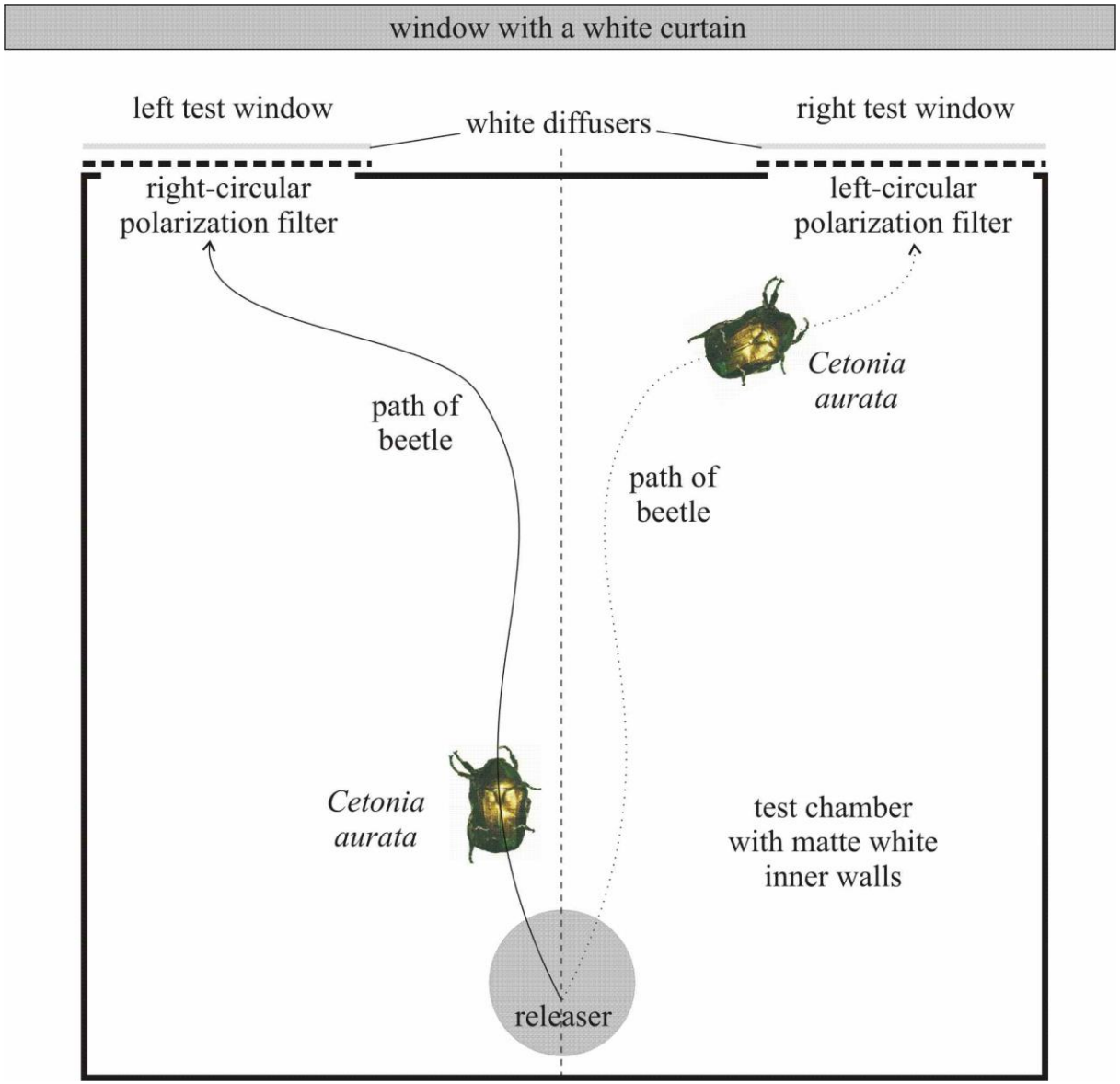
A szkarabeuszok cirkulárisan polarizálatlan növényi környezete



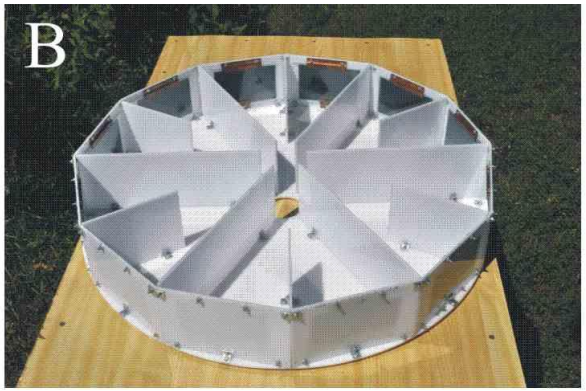
12 different green plant leaves (black poplar: *Populus nigra*, London plane: *Platanus acerifolia*, common whitebeam: *Sorbus aria*, field maple: *Acer campestre*, small-leaved lime: *Tilia cordata*, European rowan: *Sorbus aucuparia*, wild cherry: *Prunus avium*, staghorn sumac: *Rhus typhina*, common elm: *Ulmus campestris*, pagoda tree: *Sophora japonica*, sweet chestnut: *Castanea sativa*, European birch: *Betula pendula*).

1. választásos kísérlet

2. választásos kísérlet



3. választásos kísérlet

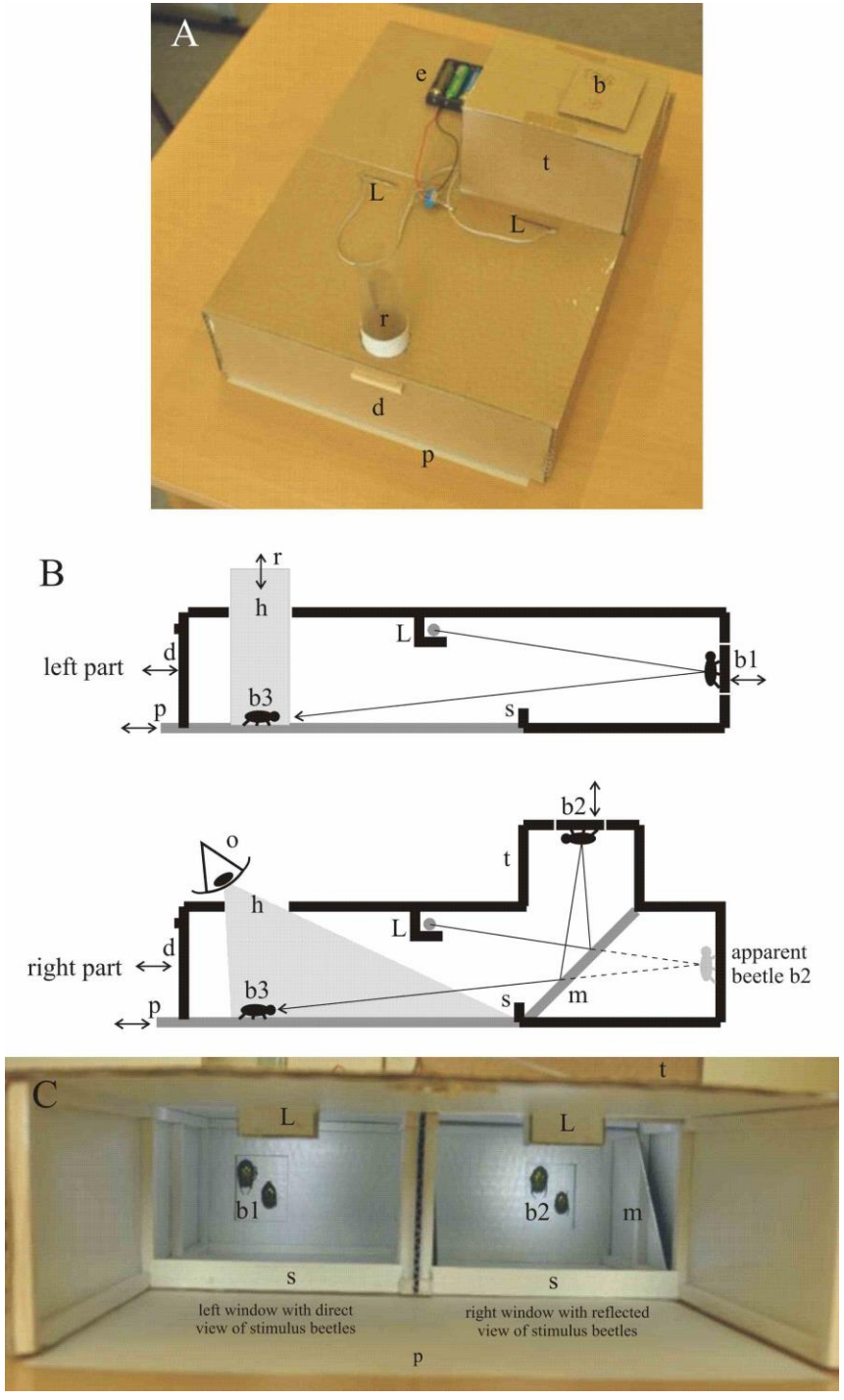


without polarization filter

through left-circular polarization filter

through right-circular polarization filter

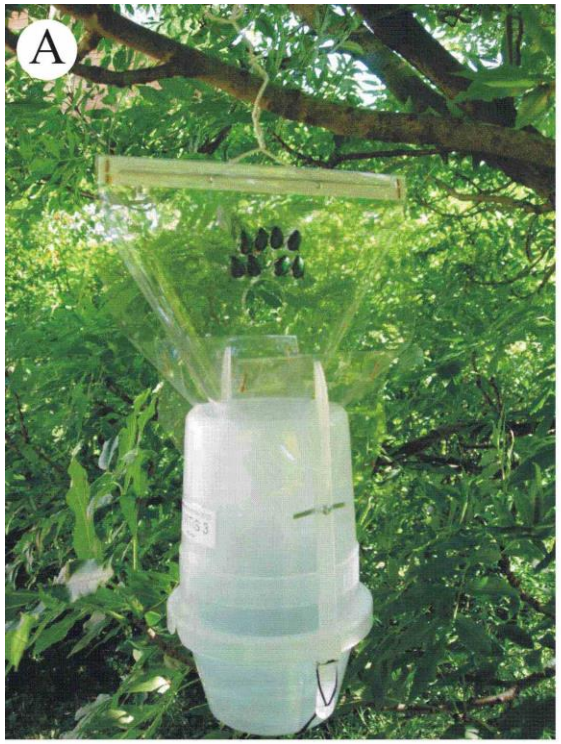
4. választásos kísérlet

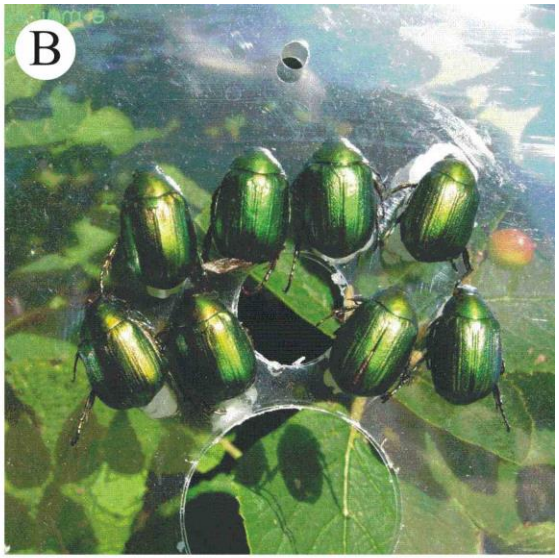


Választásos kísérlet cirkulárisan poláros fényingerekkel

Species (N_{beetle}=100)	**LCP beetle (seen directly)**	**RCP beetle (seen through a mirror)**
Cetonia aurata (50 male + 50 female)	48 (crawling = 44, flying = 4)	52 (crawling = 46, flying = 6)
Potosia cuprea (52 male + 48 female)	51 (crawling = 45, flying = 6)	49 (crawling = 34, flying = 15)
Anomala vitis (100 male)	50 (crawling = 41, flying = 9)	50 (crawling = 35, flying = 15)
Anomala dubia (100 male)	46 (crawling = 30, flying = 16)	54 (crawling = 42, flying = 12)

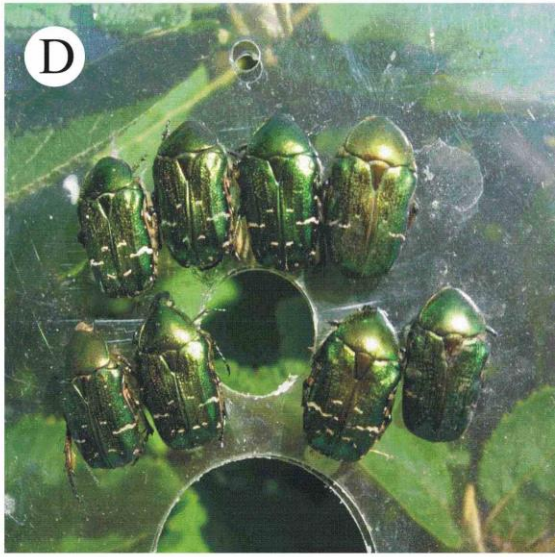
5. választásos kísérlet





Anomala vitis

Anomala dubia



Cetonia aurata

Kísérletek eredménye:

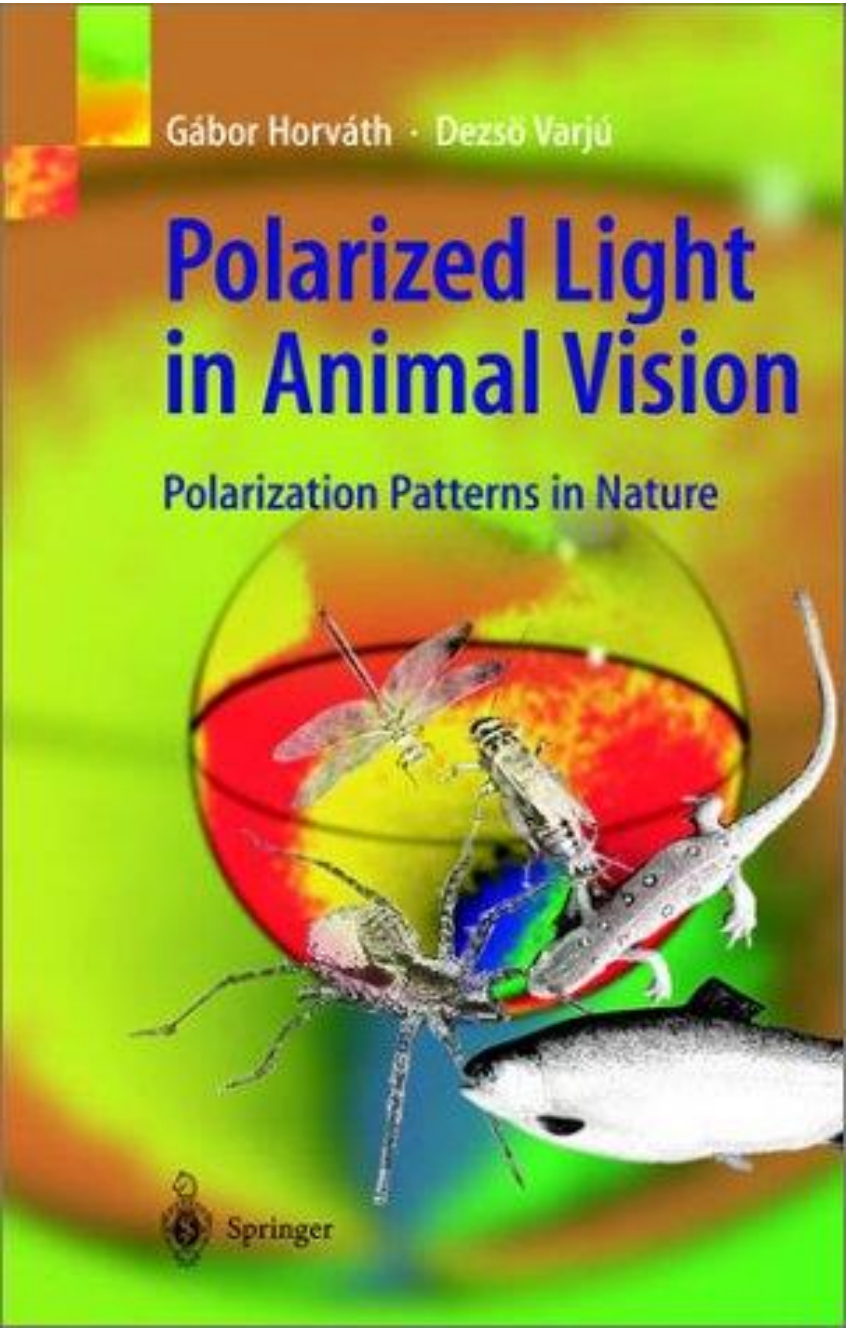
Anomala dubia, *Anomala vitis*
(Coleoptera, Scarabaeidae, Rutelinae)

és

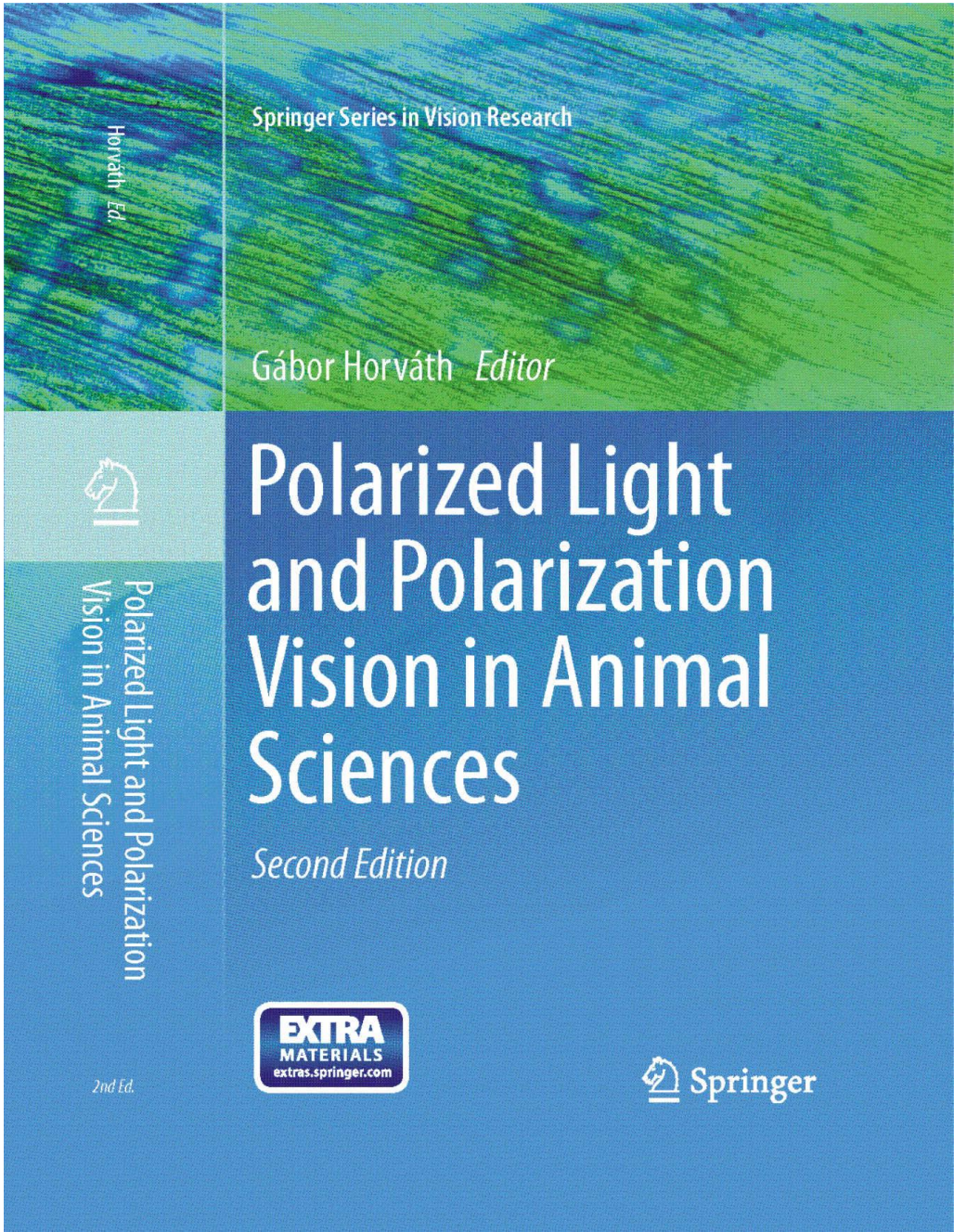
Cetonia aurata, *Potosia cuprea*
(Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae)

nem érzékeny/reagál a cirkulárisan poláros fényre

2004 (1844-2003, p. 447)



2014 (2004-2014, p. 650)



Köszönöm a figyelmet!