

LINTUJEN ÄÄNIEN KUULUVUUSMATKAT

Erkki Björk

Kuopion yliopisto
PL 1627, 70211 Kuopion
erkki.bjork@uku.fi

1 JOHDANTO

Etenkin maalintujen havaitseminen eri laskentamenetelmissä perustuu suurimmalta osin niiden äänien kuulemiseen. Pesimälinnuston inventoinnit pyritään tekemään lintujen laulukauden aikana, jolloin lintujen soidin ja reviirinpuolustusäänet ovat havainnoinnin perustana. Myös varoitteluäänillä on merkitystä niiden lintujen havaitsemiselle, jotka laskennan aikana ovat jo ehtineet pesinnässään niin pitkälle. Talvilintulaskennoissa lintujen yhteysäänien kuuleminen on havaitsemiselle olennaista.

Tässä esityksessä keskityn lintujen laulun eli soidin ja reviirinpuolustusäänien voimakkuuteen ja kuuluvuusmatkoihin. Se, kuinka hyvin ja kaukaa havainnoija linnun laulun kuulee, riippuu useista seikoista. Ensiksikin siihen vaikuttaa linnun äänen voimakkuus. Voimakkaampi ääni kuuluu luonnollisesti kauemmaksi kuin hiljaisempi ääni. Toisaalta kuuluvuusmatkaan vaikuttaa vallitsevat ympäristöolosuhteet. Tiheässä metsässä laulu ei kuulu niin kauaksi kuin avoimessa maastossa. Sääolosuhteilla on myös vaikutusta paitsi äänen kantautumiseen myös taustamelutasoon. Lopulta myös kuulijan kuulokyky voi olennaisesti vaikuttaa siihen kuinka kaukaa laulu kuuluu.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Äänenvoimakkuusmittaukset

Olen mitannut lintujen laulun enimmäisäänitasoja L_{Amax} . Kunkin mittauksen kesto on ollut vähintään yhden säkeen mittainen (vaihteluväli 1 - 58 sekuntia keskimäärin 9 sekuntia). Yhtäjaksoisesti laulavilla lajeilla kuten esimerkiksi satakieli, yhden mittauksen kesto on ollut pääsääntöisesti noin 20 sekuntia. Kustakin laulavasta yksilöstä olen tehnyt kerrallaan korkeintaan viisi mittausta.

Äänen voimakkuusmittaukset olen tehnyt käyttäen äänitasomittaria (Bruel & Kjaer 2238) varustettuna tuulisuojalla. Mittausjaksolta olen tallentanut enimmäisäänitason ohella taustäänitason L_{Amin} , keskiäänitason L_{Aeq} ja mittausajan.

Mitattava kohde on ollut näkyvissä tai ainakin puu tai pensas, jossa lintu on laulanut. Etäisyyden s (m) laulavaan lintuun olen mitannut yleensä laser-etäisyysmittarilla (Bushnell YARDAGE PRO). Joissakin tapauksissa etäisyys laulajaan on määrätty kartan perusteella. Mittausetäisyys on vaihdellut 2,5 metristä 2000 metriin ollen keskimäärin 68 metriä. Maasto mittaajan lähellä laulavan linnun suuntaan on ollut pääsääntöisesti kasvillisuuden peittämää. Joissakin tapauksissa (esim. vesilinnut) vettä tai muuta akustisesti kovaksi luokiteltavaa pintaa.

Mitatun äänen enimmäistason olen muuttanut enimmäistasoksi 10 metrissä $L_{A,10m}$ kaavalla.

$$L_{A,10m} = + 10 \log((10^{(L_{Amax}/10)} - 10^{(L_{Amin}/10)}) * (s/10)^2) + s * \alpha \quad (1)$$

missä α on ilman absorptiovaimennus dB/m lintulajin laulun voimakkaimmalla taajuudella oletetuissa sääoloissa.

Mittauksia on kertynyt 1.7. 2007 mennessä 139 lajista yhteensä 5854 mittausta.

2.2 Kuuluvuusmatkan laskenta

Linnun laulun kuuluvuusmatka riippuu laulun voimakkuudesta eli äänitehosta, taajuussisällöstä, ympäristöolosuhteista ja kuulijan kuulokyvystä. Laulun voimakkuutena olen käyttänyt kymmeneen metriin normeerattujen enimmäistasojen keskiarvoa. Taajuussisällön olen määrännyt yhden säkeen ajalta. Ympäristön ääntä vaimentavista tekijöistä olen laskennassa huomioinut vain hajaantumisvaimennuksen ja ilman absorptiovaimennuksen olosuhteissa: +10 °C, 80 % RH ja normaali-ilmanpaine [1]. Näillä reunaehdoilla olen laskenut kuuluvuusmatkaksi etäisyyden s (50 metrin tarkkuudella), jolla A-äänitaso $L_{A,s} > 10$ dBA. Olen olettanut hyväkuuloisen henkilön ja hiljaisen ympäristön. Laskentakaava on seuraava:

$$L_{A,s} = 10 * \log(\sum_i 10^{(L_i + A_i - \alpha_i * s - 20 * \log(s/10))} / 10) \quad (2)$$

missä L_i on linnun laulun emissioäänepainetaso 10 metrin etäisyydellä terssitaajuudella i (16 Hz - 20 kHz) ja A_i vastaavasti A-painotus ja α_i ilman absorptiovaimennus metrin matkalla.

3 TULOKSET

3.1 Lauluäänien voimakkuus

Taulukossa 1. olen esittänyt viisi voimakasäänisintä lintulajia kaikki lajit huomioiden, joista on kertynyt vähintään 20 mittausta. Taulukossa 2. olen esittänyt vastaavasti laululinnuiksi tulkitsemieni lintulajien kymmenen voimakasäänisintä lajia. Taulukossa 3. olen esittänyt vastaavasti kymmenen hiljaisinta lintulajia.

Taulukko 1. Kymmenen voimakasäänisintä lintulajia. Laululinnut vahvennettu.

	laji	L _{Amax,10m} dB(A)	Kiskivirhe N dB	
1	kurki	82,5	0,6	57
2	härkälintu	78,9	0,4	64
3	fasaani	78,3	0,5	26
4	joutsen	76,8	0,5	72
5	kalalokki	75,5	0,6	61
6	naurulokki	74,1	0,5	39
7	kuovi	73,7	0,6	49
8	kaulushaikara	72,6	0,2	156
9	luhtahuitti	71,6	0,4	70
10	satakieli	71,2	0,2	170

Taulukko 2. Kymmenen voimakasäänisintä laululintua.

	laji	L _{Amax,10m} dB(A)	Kiskivirhe dB	N
1	satakieli	71,2	0,2	170
2	punakylkirastas	70,2	0,2	178
3	mustarastas	69,4	0,2	125
4	peukaloinen	69,2	0,3	71
5	punavarpunen	68,5	0,2	104
6	laulurastas	67,8	0,2	139
7	käki	67,0	0,4	55
8	pensaskerttu	66,6	0,2	114
9	mustapääkerttu	66,1	0,2	51
10	punarinta	65,2	0,3	128

Taulukko 3. Kymmenen hiljaisinta lintulajia. Laululinnut vahvennettu

	laji	L _{Amax,10m} dB(A)	Kiskivirhe dB	N
10	räkättirastas	60,8	0,3	109
9	kivitasku	60,7	0,5	46
8	hömötiainen	60,3	0,3	61
7	viherpeippo	59,5	0,4	73
6	tiltalti	59,1	0,7	27
5	tikli	58,4	0,4	28
4	sinirinta	57,6	0,5	22
3	vihervarpunen	56,3	0,4	21
2	rytikerttunen	54,1	0,6	30
1	kottarainen	54,1	1,2	20

Hiljaisimman ja äänekkäimmän lintulajin välinen ero on noin 30 dBA. Varsinaiset laululinnut jäävät voimakasäänisimmistä muista linnuista noin 10 dBA hiljaisemmiksi.

3.2 Lauluäänien kuuluvuusmatkat

Taulukossa 4. olen esittänyt kaikkien lajien osalta kuuluvuusmatkoja. Ylivoimaisesti kauimaksi kuuluu kaulushaikaran huuto. Kurki äänekkäimpänä lajina jää joutsenen ja härkälinnun kanssa tässä kisassa toiseksi. Laululinnuista kuuluvuin on käki, vaikka äänekkyydessä se olikin laululintujen listalla vasta seitsemäs.

Taulukko 4. Kaksikymmentä parasta lintulajia kuuluvuusmatkoissa. Laululinnut on vahvennettu.

	laji	Matka (m)
1	kaulushaikara	8850
2	kurki	4250
3	fasaani	4250
4	joutsen	4200
5	huuhkaja	3500
6	käki	3150
7	härkälintu	2800
8	viirupöllö	2700
9	naurulokki	2100
10	käpytikka	1950
11	varis	1950
12	kalalokki	1900
13	pohjantikka	1800
14	kuovi	1650
16	mustarastas	1600
17	harakka	1480
18	satakieli	1450
19	ruisrääkkä	1400
20	laulurastas	1300

Taulukko 5. Kymmenen kärki laululintujen kuuluvuusmatkoissa.

	laji	Matka (m)
1	käki	3150
2	mustarastas	1600
3	satakieli	1450
4	laulurastas	1300
5	punakylkirastas	1100
6	lehtokerttu	1000
7	mustapääkerttu	950
8	leppälintu	900
9	pensaskerttu	900
10	peippo	850

Taulukko 6. Kymmenen häntäpää laululintujen kuuluvuusmatkoissa. Laululinnut vahvennettu.

	laji	Matka (m)
10	rautiainen	500
9	sinirinta	500
8	vihervarpunen	500
7	sinitiaainen	450
6	tiltaltti	450
5	rytikerttunen	450
4	kottarainen	450
3	pensassirkkalintu	400
2	tikli	400
1	puukiipijä	350

4 POHDINTAA

Lintujen ääntelyn voimakkuuden mittaaminen ei ole ongelmattonta. Niiden lähestyminen optimaaliselle mittausetäisyydelle on useimpien lajien kohdalla mahdotonta. Ääniemissioon verrannollisen mittasuureen laskeminen immissiomittauksesta vaatii ympäristöolosuhteiden asianmukaista huomiointia. Heijastuksia, niin rakennuksista kuin kovista maan pinnoistakin, on vältettävä. Kaikuisissa kaupunkiympäristöissä saadaan helposti korkeampia äänitasoja kuin luonnollisissa maastoissa mitattaessa.

Lintujen äänien voimakkuudessa on luonnollisesti yksilökohtaisia eroja. Toiset yksilöt laulavat kovemmin kuin toiset. Myös lauluvire vaikuttaa laulun voimakkuuteen. Joillakin linnuilla laulu on selvästi suuntautunutta enemmän eteenpäin kuin linnun selkäpuolelle. Siksi edustavan kuvan saaminen lintulajin äänen voimakkuudesta vaatii lukuisia mittauksia eri yksilöistä.

Oma ongelmansa syntyy myös siitä, että jotkut lajit kuten listan kärkilajit kurki, joutsen, härkälintu, ja kalalokki harrastavat duettona huutamista, eli pariskunta huutaa yhtä aikaa. Tästä voi tulla enimmillään 3 dB lisäys mitattuun äänitasoon.

Kun lasketaan kuuluvuusmatkaa, täytyy ottaa huomioon äänitehon ohella äänen vaimenemiseen vaikuttavat tekijät. Näitä ovat äänen hajaantumisesta, ilman absorptiosta ja maastoesteiden kuten metsien ja mäkien aiheuttamat vaimennukset. Tämä kisa on mielekästä käydä vain avoimessa maastossa eli huomioiden vain hajaantumis- ja absorptiovaimennus, koska eri lajien elinympäristöjen vaikutus äänen vaimenemiseen on mahdoton määrittellä. Merkittäväksi

tekijäksi nousee tällöin äänen taajuus, koska absorptiovaimennus riippuu olennaisesti taajuudesta.

Kaulushaikaran, jonka äänen taajuus on noin 140 Hz, ylivoimaisuus kuuluvuusmatkoissa johtuu juuri tästä äänen mataluudesta verrattuna lähimpiin kilpailijoihin, joiden äänen taajuus painottuu yli 500 Hz:n taajuuksille. Samoin käen, jonka kukunnan taajuus jää alle 1000 Hz, ylivoimaisuus laululintujen sarjassa johtuu äänen mataluudesta, kun kilpailijoiden äänen taajuus painottuu yli 2000 Hz:n taajuuksille.

Vanhemmiten ihmisen kuulo heikkenee etenkin korkeilla taajuuksilla. Meluisa työ tai meluisat harrastukset heikentävät kuuloa. Jos nuorena hyväkuuloisena esimerkiksi puukiipijän voi kuulla 350 metrin etäisyydeltä, kuulee 70-vuotias sen enää keskimäärin hädin tuskin 10 metrin etäisyydelle.

Taustamelu vaikuttaa äänien kuuluvuuteen. Tuulen humina ja muiden lintujen laulu ovat tavallisimmat peittoäänet luonnossa liikenteen melun ohella. Liikenteen melu etenkin kauempana kuultuna on lintujen lauluun verrattuna selvästi matalataajuisempaa eikä siksi pysty liiemmästi peittämään lintujen laulua kuulumasta. Peittoäänen tulee olla samalla taajuudella peitettävän äänen kanssa, jotta sillä olisi vaikutusta. Niinpä toisten lintujen lauluäänet ovat pahimpia peittoääniä tässä mielessä. Lehtipuiden kahina voi olla myös merkittävä peittoääni. Liikenteen melu on riesa lähinnä pöllöjen ääniä kuunneltaessa.

Erityisen vähän ääntä vaimentavissa olosuhteissa ääni voi kuulua hyvinkin kauaksi. Tällaisia erityisen vähän ääntä vaimentavia olosuhteita syntyy etenkin tyyninä ja selkeinä öinä, jolloin alailmakehään syntyy lämpötilainversio eli ilma on alhaalla kylmempää kuin ylhäällä. Kun tällaisissa olosuhteissa äänisäteet taipuvat alaspäin ja heijastuvat tyynestä veden pinnasta tai tasaisesta jääkannesta, on äänen vaimeneminen tavanomaisia olosuhteita huomattavasti vähäisempään. [2]. Esimerkiksi, kun kaulushaikaran puhallus tavanomaisissa olosuhteissa voi kuulua noin yhdeksän kilometrin etäisyydelle, voi se optimaalisissa olosuhteissa teoriassa kuulua jopa yli 50 km etäisyydelle.

LÄHTEET

1. ISO 9613-1:1993 Acoustics, Attenuation of sound during propagation outdoor, Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere.
2. BJÖRK E.A. Simple Statistical Curved Ray Model for Noise Under Downward Refracting Conditions. Acta Acustica united with Acustica. Vol. 91 (2005) 389 –391.