

Nr 44/2021  
ISSN 2298-9994

# Rit Mógilsár

Rannsóknasviðs  
Skógræktarinnar

Ábót á yndissýnd

Þorbergur Hjalti Jónsson



# Efnisyfirlit

<b>SAMANTEKT/ABSTRACT</b>	<b>3</b>
<b>INNGANGUR</b>	<b>4</b>
<b>YNDISGILDI</b>	<b>4</b>
<b>FJÖLBREYTNÍ, ANDSTÆÐUR OG HLUTFÖLL</b>	<b>4</b>
Fjölbreytni og andstæður	5
Hlutföll	6
Stærðarhlutföll	8
<b>BIRTA Í SKÓGINUM OG GRÓSKA Á SKÓGARSVERÐI</b>	<b>9</b>
<b>YNDISSÝND</b>	<b>12</b>
<b>TIL HVERS ERU REFIRNIR SKORNIR?</b>	<b>13</b>

**Rit Mógilsár Nr 44-2021**

**Titill** Ábót á yndissýnd

**ISBN 2298-9994**

**Höfundur** Þorbergur Hjalti Jónsson

**Ábyrgðarmaður** Edda S. Oddsdóttir

**Ritnefnd** Björn Traustason, Ólafur Eggertsson, Pétur Halldórsson

**Textavinnsla og umbrot** Pétur Halldórsson

**Forsíðumynd** Strandrauðviður í Prairie Creek Redwoods State Park í Norður-Kaliforníu: Þorbergur Hjalti Jónsson

**Útgefandi** Skógræktin, nóvember 2021

**Öll réttindi áskilin**

# Ábót á yndissýnd

Þorbergur Hjalti Jónsson<sup>1</sup>

## Samantekt

## Abstract

Í allri faglegri skipulagningu þarf mælikvarða á árangur. Hér eru settir fram mælikvarðar fyrir fagra skóga til útivistar. Skógarsýnd er mælikvarði á skilin milli opins lands og skógar frá sjónarhóli þeirra sem njóta útivistar og er lýst út frá hæð og þéttleika trjáanna og augnhæð athugandans. Mælikvarða á fegurð og gæði skógar til útivistar má nefna yndisgildi. Yndissýnd er heildaráhrif skógarins á skoðandann sem hér eru skilgreind sem margfeldi yndisgildis og skógarsýndar. Fegurð, upplifun og útivistargæði skýrast mikið til af birtunni í skóginum og fagurfræðilögmálum um fjölbreytni, andstæður og hlutföll. Sett er fram aðferð til að fella þessa þætti saman í yndisgildi skógar. Fyrir yndisgildið þarf upplýsingar um trjáfjölda á hektara, tegundir, yfirhæð trjáanna, hæð trés af meðalgrunnfleti og grunnflöt trjáa skipt eftir tegund og skuggapoli. Yndisgildi, skógarsýnd og yndissýnd má meta út frá venjulegum trjámælingagögnum án sérstakra athugana. Mælikvarðana má nota við skipulagningu, grisjun, kortlagningu og verðmat á útivistarskógi. Við greiningu á skógarkönnunum má sjá svæði með misvistlega skóga og hvort skógarnir eru að verða fegurri eða ásýnd þeirra fer hrakandi.

**Lykilorð:** fagurfræði, skógrekstrarfræði, yndisskógrækt

Professional management requires standards to compare outcomes to goals. The present paper proposes standards for amenity and recreation values of forests and woodlands. Forest impression index (skógarsýnd) is a standard expressing the transition from open vistas to woodland, defined by the elevation of the observer's eyes, tree height and stand density. The proposed standard for the amenity and recreation quality of woodlands is the amenity index (yndisgildi). The combined amenity impression index (yndissýnd) would be the product of both indices. The amenity and recreation quality would derive from light levels in the woods, and aesthetic principles of diversity, contrasts, and proportions. Formulae were proposed that combine these aesthetic factors in the amenity index for forests. The amenity index is based on forest density, species, dominant height, Lorey's mean height, basal area by species and shade tolerance indices. All forest characteristics required for the amenity impression indices are included in common forest mensuration practices and tree species descriptions. Thus, no additional measurements are required. The indices might prove useful for planning, thinning, mapping and value assessment of amenity woodlands. In forest inventories it might identify areas of variable amenity and recreation values, and trends in aesthetic qualities.

**Keywords:** aesthetics, forest management, amenity working circle

<sup>1</sup>Skógræktin, Mógilsá, is-162 Reykjavík, thorbergur@skogur.is

# Inngangur

Í yndisskógi er það fegurð og upplifun sem skapar verðmætin. Hvernig mælum við fegurð? Getum við greint fegurð skógarins í þurrum mælitölum? Hvernig fáum við mesta fegurð fyrir minnstan tilkostnað?

Hér er glímt við þessar spurningar og við það verk er seilst eftir nýtilegum lausnum í verkfærakistur stærðfræði, fagurfræði og klassískrar skógræði.

## Yndisgildi

Í allri faglegri skipulagningu þarf mælikvarða á árangur. Mælikvarðinn er nauðsynlegur til að sjá megi hvort samræmi er milli markmiða, áætlunar og árangurs. Í skógrækt til viðarnytja er árangur mældur í magni og gæðum trjáviðar. Annan mælikvarða þarf fyrir skipulagningu yndisskógar. Sá mælikvarði nefnist yndisgildi.

Fegurð og gæði lands til útivistar getum við kallað yndisgildi þess. Yndisgildi skógar er upplifun þeirra sem ganga í skóginn og njóta þar andartaksins. Skógar eru misjafnlega yndislegir. Við getum gefið skógarfegurð einkunn frá 0 til 1 og á sama hátt metið útivistargildi milli 0 og 1. Yndisgildi skógarins ( $Y$ ) má skilgreina sem margfeldi fegurðar og útivistargildis og því gildir  $0 \leq Y \leq 1$ .

Í 2. tbl. Skógræktarritsins 2007 ritaði höfundur grein sem nefndist *Um skógarins yndisarð*. Þar var fram sett reiknijafna til að meta yndisgildi skógar út frá fjölda trjáa á flatareiningu og hlutfalli sígrænna barrtrjáa af trjáfjöldanum. Svo virtist sem vaxandi hlutdeild sígrænna barrtrjáa rýrði yndisgildi skógarins, en sú

túlkun er ósennileg út frá lögmálum fagurfræðinnar. Neikvæð áhrif sígrænna trjáa í fyrrnefndri athugun stafa trúlega af því að barrskógurinn er dimmari og þar vaxi því minni og fábreyttari undirgróður samantborið við laufskóginn.

Skógarfegurð og yndisgildi skýrist mikið til af birtunni í skóginum og fagurfræðilögmálum um fjölbreytni, andstæður og hlutföll. Hér er gerð bragarbót á fyrrnefndri reiknijöfnu fyrir yndisgildi. Í stað hlutfalls sígrænna barrtrjáa eru settir mælikvarðar á birtu í skóginum, fjölbreytni trjátegunda, andstæður og hlutföll í skógarmyndinni. Reikniaðferðina má nota til að meta verðmæti útivistarskógar eins og gert var í fyrrnefndri grein eða við skipulagsvinnu, t.d. til að kortleggja yndisgildi. Hana má nota í skógarönnunum til að svara spurningum eins og hvort skógarnir eru að verða fegurri eða hvort ásýnd þeirra fer hrakandi. Einnig er styrkur að formúlunni við ákvörðun grísjunar í yndisskógi.

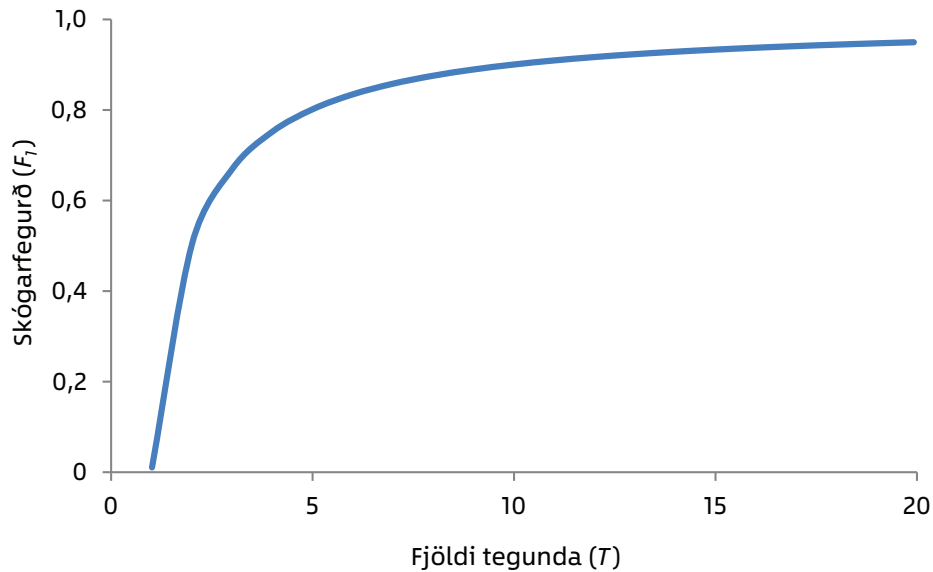
## Fjölbreytni, andstæður og hlutföll

Fjölbreytt form, litir, ljós, skuggar og áferð skapar fegurri og áhugaverðari mynd en einsleitni. Skógur tveggja tegunda er miklu álitlegri en einrækt. Bætist þriðja tegundin í skógarlundinn batnar myndin líka en þó minna en við fyrstu viðbótina. Þannig dvína áhrif fjölbreytninnar með vaxandi tegundafjölda. Verði fjölbreytnin mjög mikil sýnist hún einsleitur flóki. Regnskógar hitabeltisins eru gott dæmi. Þar ægir saman fjölda tegunda með mismunandi form, liti og áferð. En tilsýndar er skógurinn eins og grænt ólgandi haf.

Ásýnd skógarins út frá fjölda trjátegunda má lýsa með eftirfarandi jöfnu,

$$F_1 = 1 - \frac{1}{T} \quad (1)$$

þar sem  $F_1$  er áhrif fjölbreyttra trjátegunda á skógarfegurð (yndisgildi,  $0 \leq F_1 < 1$ ) og  $T$  er fjöldi trjátegunda sem eru sýnilegar frá athugunarstað. Í skógi einnar tegundar er fegurðargildið  $F_1 = 0$ . Fegurðargildið vex með vaxandi trjáfjölda ( $T$ ) og nálgast 1 þegar tegundirnar eru mjög margar ( $T \rightarrow \infty$ , 1. mynd).



1. mynd. Skógarfegurð vex með fjölda trjátegunda. Áhrifin dvína eftir því sem fleiri tegundir bætast í skóginn (jafna 1).

## Fjölbreytni og andstæður

Trjátegundir hafa misjafnt vægi í myndinni. Ef líkar tegundir vaxa saman eru áhrif fjölbreytninnar minni á ásýnd skógarins en ef ólíkar tegundir mynda skóginn. Veltum fyrir okkur birkiskógi með ilmbjörk og hengibjörk samanborið við skóg annarrar tegundarinnar. Hér er grunnformið og yfirbragðið svipað þótt sjónarmunur sé á þessum tegundum. Á sama hátt má hugsa sér skóg með fjórum grenitegundum, sitkagreni, blágreni, hvítgreni og rauðgreni. Grunnform allra þessara tegunda er það sama, þ.e. bein súla með greinakrönsum og oddhvassri, keilulaga krónu. Nokkur

munur er milli tegundanna á lögun greina, breidd krónu og lit. Ásýnd blandaðs greniskógar er samt tiltölulega lítið frábrugðin einrækt einnar af þessum grenitegundum.

Skógurinn verkar sterkar á þann sem gengur um skóginn ef ólík form, litir og áferð kallast á. Sjónrænar andstæður gera skógarmyndina áhugaverða. Birki og greni eru sjónrænar andstæður. Grenið er beint, keilulaga, með reglulega greinakransa og dökkt yfirlitum en birkið er óreglulegt með ávala krónu og mjúka áferð. Til viðbótar er bjartara í birkilundum en greniskógi og þar er því meiri undirgróður sem eykur andstæðurnar (2. mynd).



2. mynd. Íslenskur birkiskógur er bjartur, lögun trjáanna margbreytileg, undirgróðurinn fjölskrúðugur. (Teikning ÞHJ).

Þótt trén séu hvert með sínu móti þá mynda tveir meginflokkar trjáa skýrar sjónrænar andstæður í skógarmyndinni. Þessi meginskil eru milli sígrænna og sumargrænna tegunda. Þeir sem lítt hafa gefið sig að trjáfræðum segjast gjarnan þekkja tvenns konar tré, „jólátré og hinsegin tré“. Þá er átt við sígræn barrtré og sumargræn tré (3. mynd).

Fjölbreytni og andstæður milli tegunda í skóginum breytast með rás árstíðanna. Um hásumar er munurinn minnstur milli tegunda. Engu að síður eru þá skil í formi, áferð og lit milli sígrænna barrtrjáa og sumargrænna tegunda. Á haustin er munurinn hvað mestur þeirra í milli. Þá fá sumargrænar tegundir haustlit, sem oft er skærgulur eða gullinn (t.d. ösp), í ryðrauðum eða rauðum tónum (t.d. reyniviður) og litbrigðin geta verið fjölbreytt. Sumar lauftegundir s.s. elri halda grænum lit á haustin og mynda ásamt sígrænum trjám skarpar andstæður við haustlitinn.

Á veturna standa sumargræn tré ber. Í snjó verða andstæðurnar skarpar milli sígrænna trjáa og sumargrænna. Þær eru sérlega skýrar milli birkis og furu eða grenis. Birkið er breytilegt. Sumt hefur ljósgráa eða jafnvel nánast hvíta stofna en nærri svartar greinar. Aðrar gerðir hafa dökkryðbrúna stofna og svartar greinar. Ávalt formið samanborið við keilulögun sígrænu barrtrjáanna skerpir andstæðurnar. Á vorin er það vorlaufið og blómgun sem gefur tækifæri til myndsköpunar og þá getur ilman aukið á upplifunina. Þannig hefur birki og alaskaösp ólíkan en ferskan vorilm. Karlplöntur af víðitegundum blómgast með gulu snemma vors og karlaspir, greni og furur hafa skærrauð eða purpurarauð blóm. Heggurinn er ægifagur á vorin þegar hvítir blómaklasar þekja greinarnar. Með rétttri blöndu tegunda og grisjun má efla þessa vorupplifun.



**3. mynd.** Sumargræn lauftré og sígræn barrtré eru sjónrænar andstæður sem saman geta gert skógarmyndina áhugaverðari. Við sama þéttleika eykur vaxandi hlutdeild sígrænna barrtrjáa á skyggingu skógarsvarðarins og dregur úr grósku og þekju háplantna. Besta skógarmyndin fæst með því að lauftrén séu í meirihluta. (Teikning ÞHJ, Skógræktarritið 2. tbl. 2007).

## Hlutföll

Til að við njótum andstæðna til fulls þurfa þær að vera í ójöfnum hlutföllum. Þannig skila hlutföllin einn þriðji á móti tveimur þriðju milli andstæðna gjarnan bestri útkomu. En jöfn hlutföll eru óspennandi, jafnvel þótt þau séu betri en einsleitni.

Við getum gefið skóginum einkunn eftir fagurfræðilegu gildi sjónrænna andstæðna milli sígrænna barrtrjáa og sumargrænna tegunda. Ef engin sígræn barrtré eru í skóginum eða skógurinn er allur skipaður sígrænum barrtrjám eru engar sjónrænar andstæður.

Þá fær skógurinn gildi  $F_2 = 0$ . Skógur þar sem sígræn barrtré eru þriðjungur eða tveir þriðju trjáanna fær gildi  $F_2 = 1$ , þ.e. besta hlutfall milli sjónrænna andstæðna. Þegar sígræn barrtré og sumargrænar tegundir eru í jöfnum hlutföllum er myndin áhugaverðari en einrækt. Hún er hins vegar lakari en sé hlutfall sígrænna trjáa þriðjungur eða tveir þriðju trjáanna. Hér er miðað við að  $F_2 = 0,5$  sé í skógi með sjónrænum andstæðum í jöfnum hlutföllum. Við getum þá gefið skógi fegurðareinkunn eftir hlutfalli sígrænna trjáteygunda með eftirfarandi jöfnu,

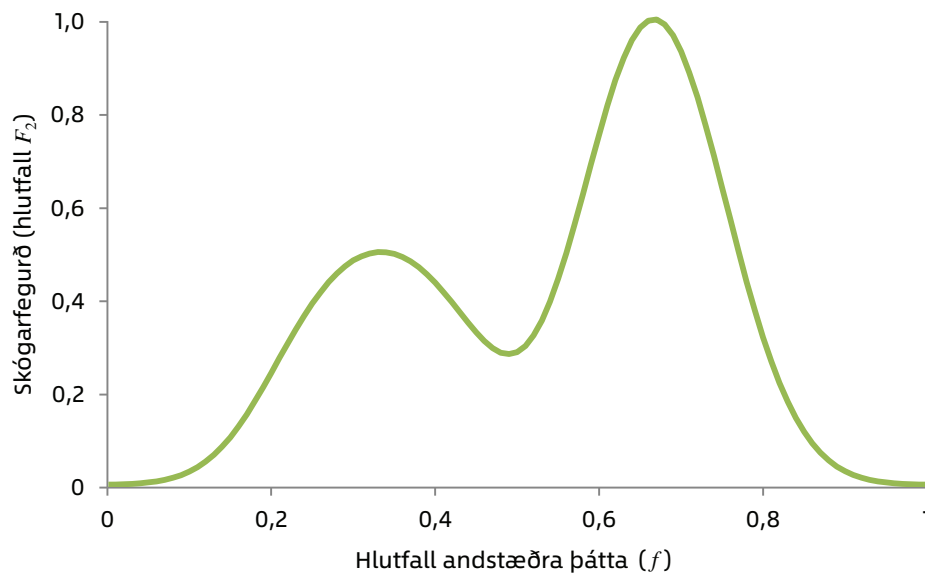


$$F_2 = \left[ \frac{e^{-\frac{(f-1/3)^2}{a}} + e^{-\frac{(f-2/3)^2}{a}}}{1 + e^{-\frac{(1/3)^2}{a}}} \right] \quad (2)$$

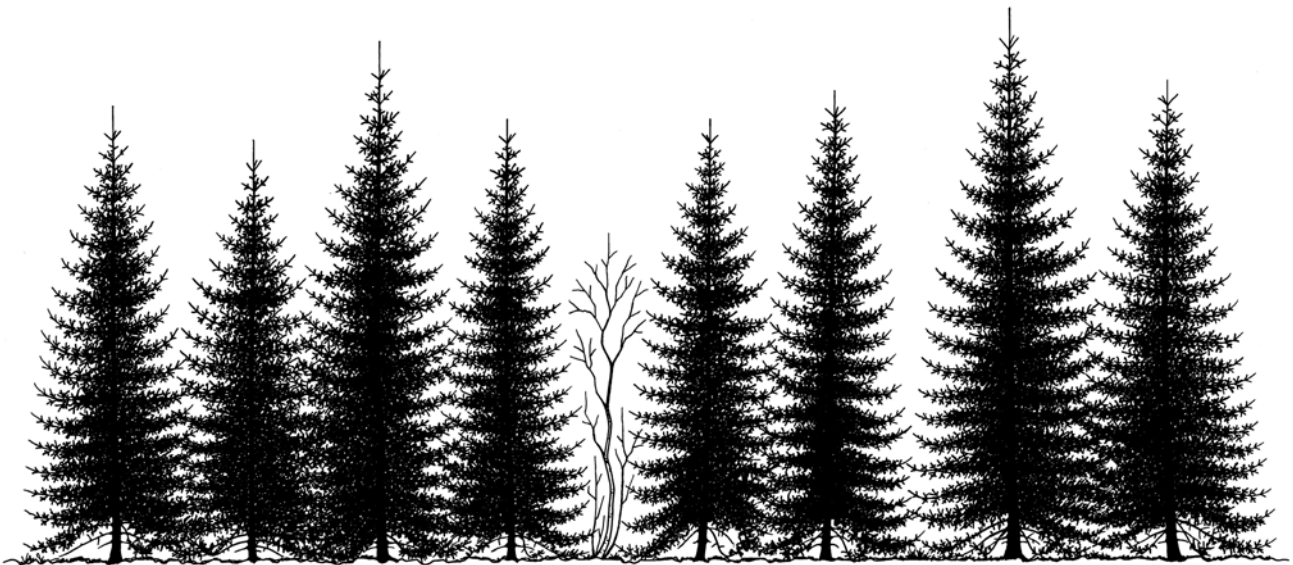
Við getum sett jöfnur 1 og 2 saman til að fá áhrif tegundasamsetningar á skógarfegurð ( $F_{1,2}$ ). Þá fáum við jöfnu 3 (sjá skýringar með jöfnum 1 og 2):

Þar sem  $F_2$  er fagurfræðileg áhrif hlutfalls milli sígrænna og sumargrænna tegunda á skógarfegurð ( $0 \leq F_2 \leq 1$ ),  $f$  er hlutfall andstæðra þátta ( $0 \leq f \leq 1$ ),  $a$  er fasti sem stýrir lögun fallsins ( $a \approx 0,02$ ) og  $e$  er fasti Eulers (4. mynd, 5. mynd).

$$F_{1,2} = \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \cdot \left[ \frac{e^{-\frac{(f-1/3)^2}{a}} + e^{-\frac{(f-2/3)^2}{a}}}{1 + e^{-\frac{(1/3)^2}{a}}} \right] \quad (3)$$



**4. mynd.** Þegar öll trén eru annað hvort sumargræn ( $f = 0$ ) eða sígræn ( $f = 1$ ) eru engin hlutföll andstæðra þátta og engin áhrif andstæðna á skógarfegurð ( $F_2 = 0$ ). Þar á milli hefur hlutfall andstæðra þátta ( $f$ ) áhrif á skógarfegurð ( $F_2$ ). Við  $f = 1/3$  eru sumargræn tré þriðjungur trjáanna og  $F_2 = 0,5$  en við  $f = 2/3$  eru þau tveir þriðju trjáanna og  $F_2 = 1$  (fegursta hlutfallið).

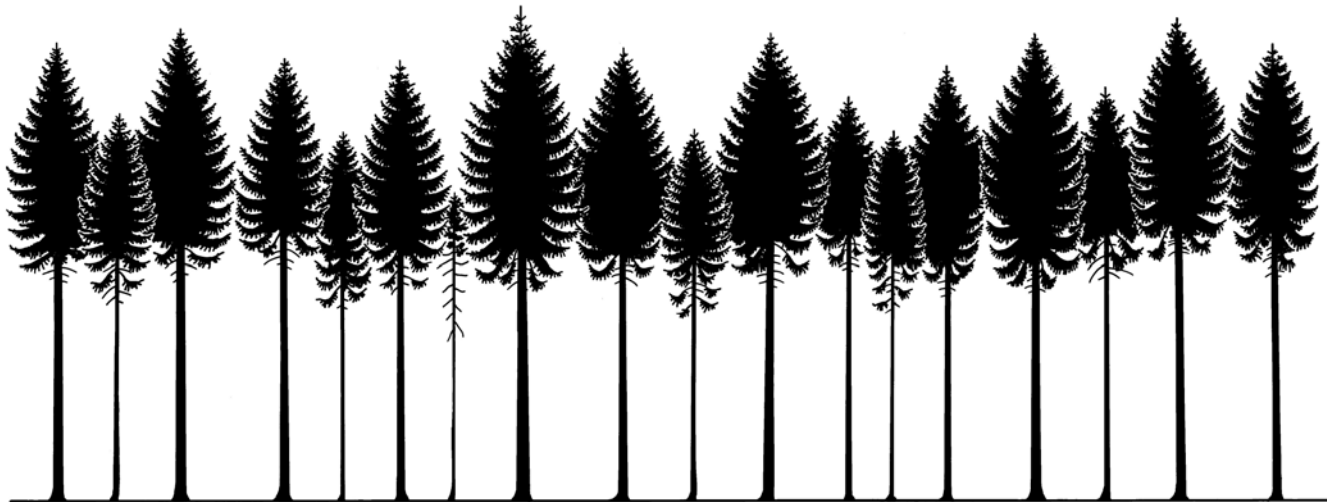


**5. mynd.** Tvær tegundir, sitkagreni og birki, ( $F_1 = 0,5$ ) í hlutföllunum eitt birki móti átta grenitrjám,  $f = 1/9$  ( $F_2 = 0,04$ ). Áhrif tegundablöndunar á heildarmyndina eru mjög lítil ( $F_1 \times F_2 = 0,02$ ) og nánast þau sömu og grenisins eins ( $F_1 \times F_2 = 0,00$ ).

## Stærðarhlutföll

Stærðarhlutföll eru ekki síður mikilvæg en fjölbreytni og andstæður í formi, lit og áferð sem birtist hvað skýrast í tegundasamsetningu skógarins. Skógur með misstórum trjám er ásjálegri en jafnhár skógur (6. mynd). Skógurinn er áhugaverðari til upplifunar ef stór tré eru minnihluti trjáfjöldans en mikið af

smærri en misháum trjám innan um þau stóru (7. mynd). Skógurinn virðist oft fegurstur ef um þriðjungur trjána er hávaxinn en um það bil tveir þriðju trjána ná um þriðjung af hæð hæsta þriðjungs þeirra. Í skógi sem þannig hagar til er meðalhæð trjána um það bil helmingur af hæð hæstu trjáa.



6. mynd. Greniskógur með jafnaldra trjám á miðjum aldri er oft dimmur og fremur einsleitur (Teikning ÞHJ).



7. mynd. Skógur með fegurstu samsetningu misstórra trjáa þegar staðið er inni í skóginum. Í þennan skóg vantar sumargræn lauftré. Þau þyrftu að vera um 2/3 trjána til að gefa fegurstu skógarmyndina (Teikning ÞHJ).

Jafnhá tré geta haft mismikið vægi í skógarmyndinni. Bosmamikil tré eru áberandi meðan lítið fer fyrir mjónum. Grunnflötur trjána í brjósthæð er góður mælikvarði á trjástærð. Hlutfall hæðar trés af meðalgrunnfleti í brjósthæð (grunnflatarmiðjutrés) sem einnig er nefnt meðalhæð Lorrys ( $h_L$ ) og hæstu trjáa (yfirhæð  $h_Y$ ) er vísitala á stærðardreifingu trjána í skóginum. Ef hlutfallið  $h_L/h_Y$  er 0,5 eru um tveir þriðju af trjánnum minni en þriðjungur af hæð stórvaxnasta þriðjungs trjána í skóginum. Út frá þessu má lýsa stærðardreifingu trjána með tilliti til áhrifa á skógarmyndina með jöfnu 4 (8. mynd),

$$F_3 = e^{-\frac{\left(\frac{h_L}{h_Y} - \frac{1}{2}\right)^2}{c}} \quad (4)$$

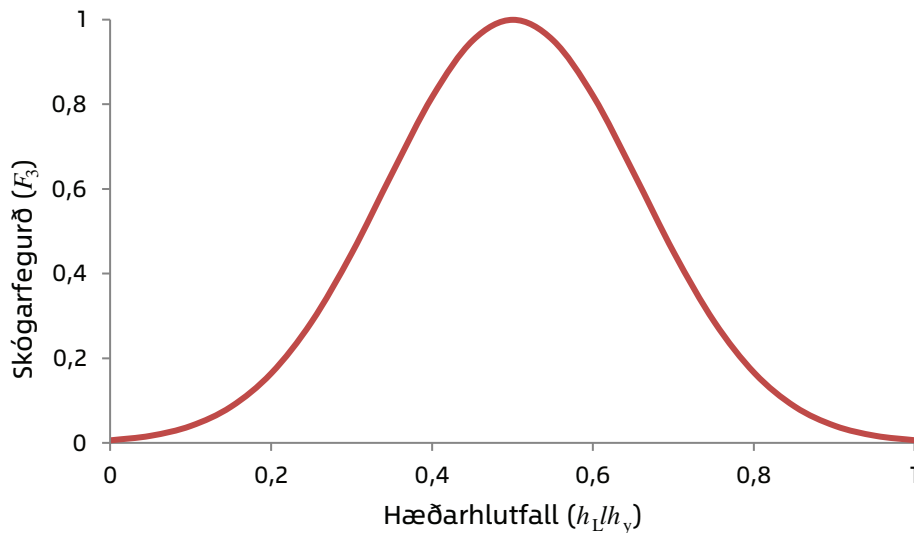
þar sem  $F_3$  er þáttur trjástærðar í fegurðargildi skógarmyndar ( $0 \leq F_3 \leq 1$ ),  $h_L$  er hæð trés (metrar) af meðalgrunnfleti í brjósthæð (1,3 m yfir jörðu),  $h_Y$  er yfirhæð, þ.e. hæð 100 þykkustu trjáa á hektara mæld í brjósthæð (yfirleitt mæld sem hæð þykkasta trés á 100 fermetra mælireit) og  $c$  er fasti sem ákvarðar hve bratt fegurðargildið rís og hnígur nærri stærðarhlutfallinu 0,5 ( $c \approx 0,05$ ).



Sjónræn áhrif trjástærðar ( $F_3$ ), fjölbreytileika trjátegunda ( $F_1$ ) og andstæður ( $F_2$ ) má sameina í einni jöfnu (5), þar sem  $F$  er fegurðargildi skógar ( $0 \leq F \leq 1$ ) og  $b$  er vægi stærðar og fjölbreytni í fegurðargildi

skógarins. Vægið er sennilega nokkuð jafnt ( $b \approx 0,5$ ). Sjá skýringar við jöfnur 1, 2 og 4 fyrir aðra þætti í jöfnunni:

$$F = b \cdot \left(1 - \frac{1}{T}\right) \cdot \left[ \frac{e^{-\frac{(f-1/3)^2}{a}} + e^{-\frac{(f-2/3)^2}{a}}}{1 + e^{-\frac{(1/3)^2}{a}}} \right] + (1-b) \cdot e^{-\frac{\left(\frac{h_L}{h_Y} - \frac{1}{2}\right)^2}{c}} \quad (5)$$



**8. mynd.** Hlutfall hæðar trés af meðalgrunnfleti í brjósthæð (meðalhæð Lorrys,  $h_L$ ) og hæstu trjáa (yfirhæð,  $h_Y$ ) er vísitala á stærðardreifingu trjáanna í skóginum. Ef  $h_L/h_Y$ -hlutfallið er um 0,5 eru 2/3 af trjáfjöldanum minni en 1/3 af hæð stórvaxnasta þriðjungs trjáanna í skóginum. Þetta hlutfall gefur yfirleitt fegurstu skógarmyndina.

## Birta í skóginum og gróska á skógarsverði

Af jöfnu 5 (2 og 3) má ætla að það sé jafngilt að sígræn tré séu þriðjungur og að þau séu tveir þriðju hlutar trjáfjöldans. En svo virtist sem vaxandi hlutdeild sígrænna barrtrjáa rýrði yndisgildi skógarins, sbr. fyrri grein höfundar um yndisgildi (Um skógarins yndisáráð, *Skógræktarritið* 2. tbl. 2007). Minni birta og undirgróður fylgir sígrænum tegundum og því er hagstæðara að sígrænar tegundir séu þriðjungur fremur en tveir þriðju trjáfjöldans. Það sem máli skiptir í þessu sambandi er skugginn sem trén varpa á skógarsvörðinn.

Trjátegundir varpa mismiklum skugga; skugginn fylgir skuggaþoli trjáanna og hlutdeild þeirra í laufþaki skógarins. Skuggaþolin tré (sjá 1. töflu) hafa þéttari laufþekju og skyggja því meira á svörðinn en ljóselskar tegundir. Skýringin er sú að skuggaþolið lauf og barr getur setið þéttar á trénu og laufkrónan náð dýpra og orðið þykkari áður en neðsta laufið visnar vegna ljósleysis. Skuggaþolið er óháð því hvort tré er sígrænt eða sumargrænt en sígræn tré varpa skugga sínum allt árið meðan skugganum af

sumargrænum trjám er misskipt milli árstíða.

Skuggaþol trjátegunda er metið út frá því hvernig þeim vegnar undir laufþaki annarra trjáa. Stafafura er t.d. mjög ljóselskt tré og veslast upp lendi hún undir öðrum trjám. Lindifura er dæmi um miðlungi skuggaþolið tré og getur dafnað undir trjám með gisna laufþekju. Marþöll er með allra skuggaþolnustu trjám og getur þraukað í dimmum skógi.

Skyldar tegundir eru allajafnan álíka skuggaþolnar. Þannig eru tveggja nála furur flestar ljóselskar (t.d. stafafura og bergfura) en fimm nála furur margar hverjar miðlungi skuggaþolnar (til dæmis lindifura, sembrafura og balkanfura). Bjarkir, aspir og víðitegundir eru ljóselskar en þallir og þinir skuggaþolnar. Í töflu 1 er gefið skuggaþol algengra trjátegunda og ættkvísla trjáa í skógrækt á Íslandi. Skuggaþolið er gefið upp á hlutfallsskala frá 0,1 til 1,0 þar sem 0,1 er ljóselskast og 1,0 skuggaþolnast. Í töflunni eru sígrænar tegundir auðkenndar með tölunni 1 en sumargrænar fá gildið 0.

**Tafla 1.** Skuggaþol nokkurra sígrænna og sumargrænna tegunda og ættkvísla trjáa í ræktun á Íslandi.

Ættkvísl	Latneskt heiti	Sígræn	Skuggaþol
Þöll	<i>Tsuga sp.</i>	1	1,0
Þinur	<i>Abies sp.</i>	1	1,0
Greni	<i>Picea sp.</i>	1	0,7
Reynir	<i>Sorbus aucuparia</i>	0	0,5
Lindifura	<i>Pinus cembra</i>	1	0,5
Birki	<i>Betula pubescens</i>	0	0,2
Ösp	<i>Populus sp.</i>	0	0,1
Víðir	<i>Salix sp.</i>	0	0,1
Stafafura	<i>Pinus contorta</i>	1	0,1

Birtu í skóginum má meta út frá skuggaþoli trjátegundanna, hlutdeild tegunda í laufpakinu og því hve þétt þau standa á velli. Þykkt trjábolsins er í hlutfalli við stærð trjákrónunnar. Þannig er grunnflötur trjákrónunnar, þ.e. flatarmál hennar yfir landinu, í beinu hlutfalli við grunnflöt trjástofnsins. Þegar rætt er um grunnflöt trés er allajafnan átt við þann flöt sem yrði á láréttu sári á afskornum stofnstúf ef tré væri þversneitt í brjósthæð (1,3 m yfir jörðu). Samanlagður grunnflötur allra trjáanna er mælikvarði á laufpak skógarins. Hlutdeild trjátegundar í laufpaki skógarins má meta sem hlutdeild hennar í samantöldum grunnfleti trjáanna í skóginum. Út frá því má meta birtugildi skógarins með jöfnu 6:

$$S_n = \sum_{i=1}^n \frac{G_i s_i}{G} \quad (6)$$

Birtugildið ( $S_n$ ) með jöfnu 6 er vegið meðalskuggaþol allra trjáa skógarins ( $0 < S_n \leq 1$ ),  $G_i$  er samantlagður grunnflötur trjáa af tegund  $i$  í skóginum ( $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ ),  $s_i$  er skuggaþol tegundar  $i$  skv. 1. töflu,  $G$  er grunnflötur allra trjáa í skóginum ( $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ ),  $n$  er fjöldi trjátegunda og sigma-táknið er Rihmann-summa, sem táknað að margfeldi grunnflatar tegundar  $i$  og skuggaþols tegundarinnar deilt með heildargrunnfleti skógarins er lagt saman fyrir allar tegundir í skóginum. Þannig fást vegin meðalskuggaáhrif allra trjáanna í skóginum.



Sígræn barrtré og sumargræn lauftré mynda sjónrænar andstæður. Ryðölur (*Alnus rubra*) í forgrunni og flest sígrænu barrtrén eru degli (*Pseudotsuga menziesii*). Myndin tekin í Norður-Kaliforníu skammt sunnan við Klamath-fljót í febrúar 2018. (Ljósmynd ÞHJ).



Í fyrri grein höfundar (Um skógarins yndisarð) setti hann fram eftirfarandi jöfnu til að meta yndisgildi (jafna 7),

$$Y = \frac{e^{a+b(\frac{1}{N})}}{1 + e^{a+b(\frac{1}{N})}} (1 - cB) \quad (7)$$

þar sem  $Y$  er yndisgildi skógarins ( $0 \leq Y \leq 1$ ),  $N$  er þéttleiki skógarins (tré ha<sup>-1</sup>),  $B$  er hlutfall barrtrjáa af heildartrjáfjölda ( $0 \leq B \leq 1$ ) og  $a$ ,  $b$  og  $c$  eru fastar sem ákvarðaðir voru með ólínulegri aðfallagreiningu ( $a = -1,31$ ,  $b = 8005$  og  $c = 0,49$ ) (Þorbergur Hjalti Jónsson 2007).

Hér eru færð fræðileg rök fyrir því að seinni lið jöfnu 7 ( $1 - cB$ ) sé betur lýst með margfeldi birtugildis ( $S_n$ ) samkvæmt jöfnu 6 og fegurðargildis ( $F$ ) samkvæmt

jöfnu 5. Fyrri liðinn má einnig einfalda og gera almenntari. Yndisgildi skógarins má þannig lýsa með eftirfarandi jöfnu (jafna 8),

$$Y = \frac{e^{\frac{a}{N}-1}}{1 + e^{\frac{a}{N}-1}} S_n (1 - dF) \quad (8)$$

þar sem  $Y$  er yndisgildi,  $N$  er þéttleiki skógarins mældur í trjáfjölda á hektara,  $a$  er fasti ( $a \approx 7.500$  tré ha<sup>-1</sup>),  $e$  er fasti Eulers,  $S_n$  er birtugildi skógar samkvæmt jöfnu 6,  $d$  er vægi fegurðar í yndisgildi ( $d \approx 0,5$ ) og  $F$  er fegurðargildi samkvæmt jöfnu 5.

Jafna 8 er skrifuð fullum fetum á eftirfarandi hátt (sjá skýringar við jöfnu 8 og undirjöfnur hennar að ofan):

$$Y = \frac{e^{\frac{a}{N}-1}}{1 + e^{\frac{a}{N}-1}} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{G_i S_i}{G} \cdot \left[ 1 - d \cdot \left( b \cdot \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \cdot \left[ \frac{e^{\frac{(f-1/3)^2}{a}} + e^{\frac{(f-2/3)^2}{a}}}{1 + e^{\frac{(1/3)^2}{a}}} \right] + (1 - b) \cdot e^{\frac{\left( \frac{h_L - 1}{h_y - 2} \right)^2}{c}} \right) \right]$$

Móðir greinarhöfundar er hálærður handavinnukennari og smekkmanneskja í saumaskap. Hún orðaði það svo þegar henni var sýnt jöfnudjásnið að ofan að þetta gæti orðið fallett útsaumsverk. Þótt jafnan virðist við fyrstu sýn flókin og lítt við alþýðuskap þá er hún einföld í notkun og getur reynst yfrið gagnleg.

Fyrir jöfnuna þarf upplýsingar um þéttleika skógarsteigs mældan í trjáfjölda á hektara, hvaða tegundir

eru í skóginum, yfirhæð trjáanna, hæð trés af meðalgrunnfleti og grunnflöt trjáa skipt eftir tegund auk upplýsinga í 1. töflu og fasta fyrir jöfnuna samkvæmt þessari grein. Fyrirnefndum upplýsingum um skógin er safnað í skógmælingum eins og þær eru stundaðar hér á landi. Því þarf engar nýjar mælingar til að nota yndisgildisjöfnuna og yndisgildi má því meta út frá venjulegum trjámælingagögnum.



Á þessari mynd sem einnig prýðir forsíðuna fegra misstór tré skógarmyndina. Strandrauðviður (*Sequoia sempervirens*) í Prairie Creek Redwoods State Park í Norður-Kaliforníu. (Ljósmynd ÞHJ).

# Yndissýnd

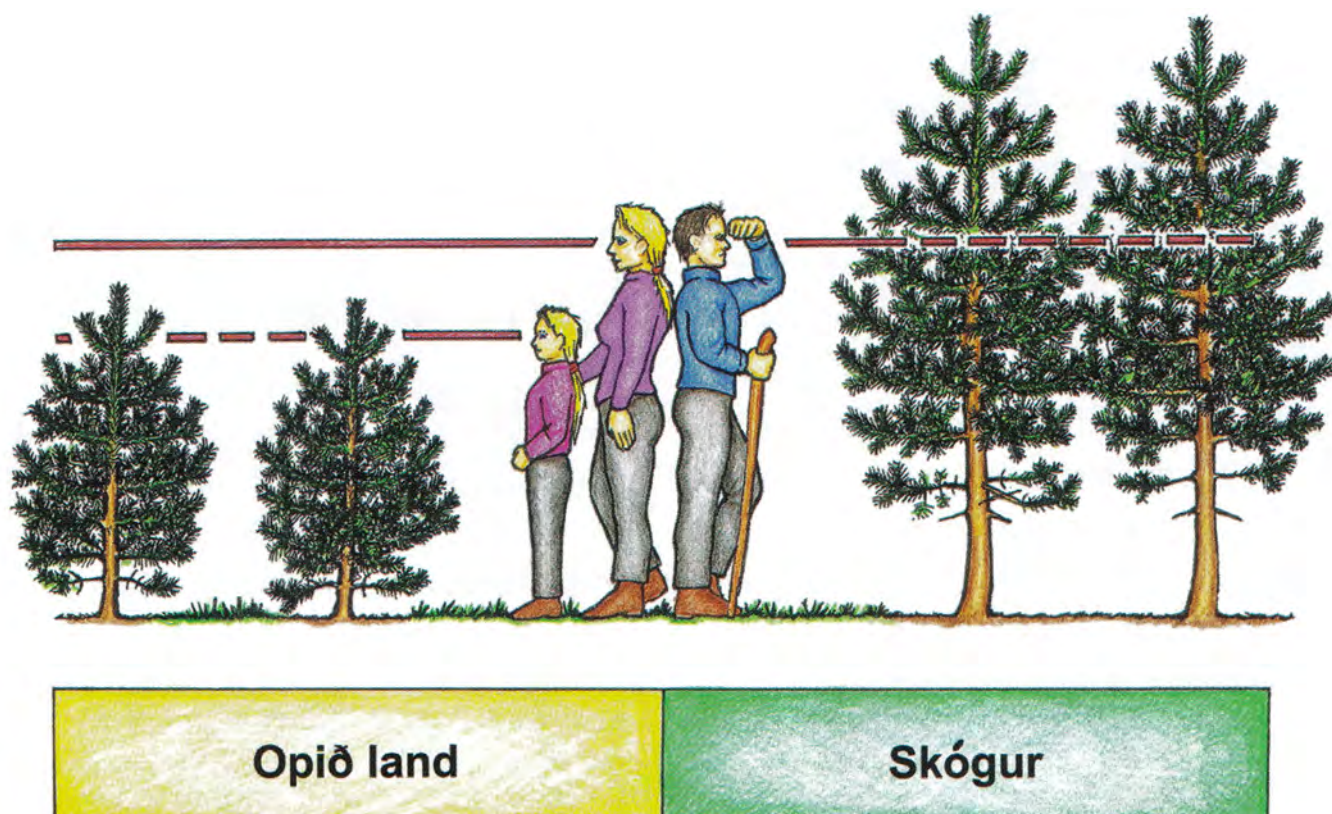
Í fyrrnefndri grein höfundar er yndissýnd skógar ( $Y_s$ ) skilgreind sem margfeldi yndisgildis ( $Y$ ), sem hér er metið með 8. jöfnu, og skógarsýndar ( $S_t$ ) skv. 9. jöfnu hér að neðan.

Um yndissýnd gildir  $Y_s = Y_{st}$  og  $0 \leq Y_s \leq 1$ .

Skógarsýnd er hlutlæg skilgreining á skógi út frá upplifun mannsins af skóginum og ræðst af hæð og þéttleika trjána og augnhæð þess sem í skóginn gengur og má reikna með 9. jöfnu (9. mynd) (um skógarsýnd sjá nánar grein höfundar, Um skógarins yndisarð),

$$S_t = \left( 1 + \frac{1}{-e^{\left(\frac{h_t}{a}\right)^2}} \right) \frac{\tan^{-1}\left(\frac{h_t}{\sqrt{100/N}}\right)}{\frac{\pi}{2}} \quad (9)$$

þar sem  $S_t$  er skógarsýnd á ári  $t$ ,  $a$  er augnhæð athugandans,  $N$  er meðalþéttleiki skógarins (tré  $\text{ha}^{-1}$ ) og  $h_t$  er hæð trjáa (m) á  $t$ -a ári,  $\pi$  er fasti Pýþagórasar (pí, u.þ.b. 3,1415). Skógarsýnd er ekki skilgreind á trjálausu landi ( $N = 0$ ) eða fyrir enga augnhæð ( $a = 0$ ) en trjáhæðin núll er stærðfræðilega og líffræðilega möguleg. Skógarsýnd er því skilgreind fyrir  $h \geq 0$ ,  $N > 0$ ,  $a > 0$ . Skógarsýnd nálgast gildið 1 með vaxandi hæð og þéttleika skógarins og því gildir  $0 \leq S_t \leq 1$  (10. mynd).



**9. mynd.** Skógur er land þar sem trjátopparnir ná yfir lágrétta sjónlínu og byrgja útsýni yfir landið. Opíð skóglaut land er þar sem tré vantar eða þau ná ekki upp í lárétta sjónlínu. (Teikning ÞHJ, Skógræktarritið 2. tbl. 2007).

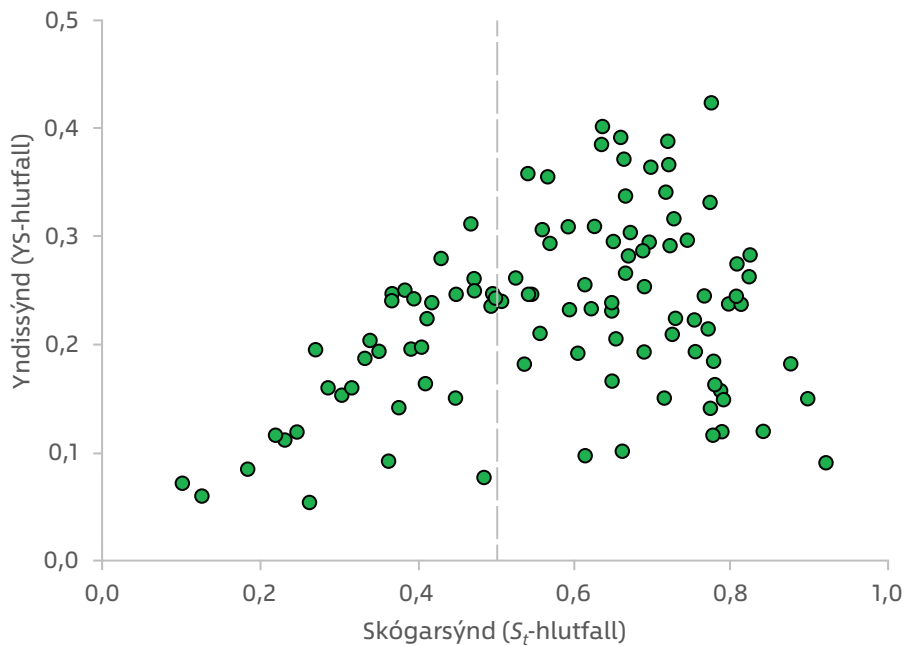


---

# Til hvers eru refirnir skornir?

Auðvitað er það sem hér er lýst mikil einföldun á raunveruleikanum og það er bæði kostur og galli. Fegurðarhrif og yndisreynsla er mun flóknara ástand en þær reiknikúnstir sem hér eru fram bornar. Fagurt málverk er ekki bara myndbygging og litafræði. Því listin er eins og syndin, lævis og lipur. En veikleiki listarinnar er að hún er oft óraunhæf. Það er hægt að teikna glæsilegt hús sem

þjónar metnaðarfullum tilgangi en það getur verið óheyrilega dýrt og nær ógerlegt að byggja húsið. Sama á við landslagshönnun. En hér er ekki reynt að setja fram uppskrift að landslagsarkitektúr. Það er sjálfstætt fræðasvið. Tilgangur þessarar greinar er að setja fram árangursmælikvarða fyrir faglega vinnu í skógrækt sem hefur ánægju mannsins að yrkisefni.



**10. mynd.** Samband yndissýnar (YS) og skógarsýndar í Heiðmörk ofan Reykjavíkur. Lóðrétt brotalína er skógarsýnd 0,5 en þar eru skilin milli skógar og opins lands með smáplöntum. Skógarreitirnir eru mjög misfagrir, mældir á kvarða yndissýndar. Undir skógarsýnd 0,5 takmarkar trjáhæðin (skógarsýndin) mögulega yndissýnd skógar þótt landið sjálft geti verið fagurt ásýndar. Við þau mörk eru skilin milli tilfinningarinnar að vera í skógi eða á opnu landi. Í útivistarskógi er markmiðið að skógurinn hafi sem hæsta yndissýnd (YS) eftir að skógarsýndin hefur náð a.m.k. gildinu 0,5.

Trjámælingarnar eru frá sumrinu 2008 og birtust frumniðurstöður þeirra í meistaraprófsritgerð Gabriel Pic frá Université Joseph-fourier í Frakklandi. Ritgerð hans fjallaði um kolefnisforða og kolefnisbindingu í Heiðmörk. Höfundur þessarar ritgerðar yfirfór og greindi gögnin að nýju árið 2011, m.a. með þeirri aðferð sem hér birtist fyrir útlit skógarins. Greiningin var hluti af verkefninu Hagur Heiðmerkur.

---

## Heimildir

Þorbergur Hjalti Jónsson (2007). Um skógarins yndisarð. *Skógræktarritið* 2007, 2. tbl. Bls. 52-64.

Lucas, Oliver W (1991). *The design of forest landscapes*. Oxford University Press. 381 bls.

Pic, Gabriel (2008). *Management optimisation of the Heiðmörk's forest, Iceland. Valuation of timber stock and carbon sequestration*. Institut de géographie alpine. Université Joseph Fourier, [meistaraprófsritgerð]. 25 bls.

