

RIT

Mógilsár

Rannsóknastöðvar
Nr. 28 /2012

skógræktar
ISSN 1608-3687

Mat á kolefnisbindingu og arðsemi
nýskógræktar á fjórum svæðum
Skógræktar ríkisins



Arnór Snorrason

Rannsóknastöð skógræktar, Mógilsá

IS-116 Reykjavík

arnor@skogur.is

Mat á kolefnisbindingu og arðsemi nýskógræktar á fjórum svæðum Skógræktar ríkisins

©Arnór Snorrason

http://www.skogur.is/mogilsarrit/28_2012.pdf



Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar skógræktar

Nr 28 /2012

ISSN 1608-3687

Ritnefnd:

Edda Sigurdís Oddsdóttir

Björn Traustason

Ólafur Eggertsson

Ábyrgðarmaður:

Aðalsteinn Sigurgeirsson

<http://www.skogur.is/utgafa-og-fraedsla/utgefing-efni/rit-mogilsar>

Uppsetning: Edda Sigurdís Oddsdóttir

Forsíðumynd: Við skógmælingar í Þingeyjarsýslu. ©Arnór Snorrason

Baksíðumynd: Rannsóknastöð skógræktar, Mógilsá. ©Edda Sigurdís

Efnisyfirlit

Samantekt.....	4
Inngangur.....	5
Efni og aðferðir.....	6
Stærð ræktunarsvæðis, val trjátegunda og gróðursetningartími.....	6
Mat á kolefnisbindingu í trjágróðri.....	7
Mat á kolefnisbindingu í jarðvegi og sópi.....	9
Niðurstöður og umræða.....	10
Árleg binding CO ₂ á samingstímanum.....	10
Áætlaður kostnaður við nýskógrækt.....	11
Arðsemi eða innri vextir fjárfestingar í bindingu CO ₂ með ný- skógrækt.....	11
Heimildir.....	13

Samantekt

Verið er að kanna möguleika á því að Landsvirkjun fjármagni nýskógrækt á völdum svæðum á löndum Skógræktar ríkisins og geti á móti talið sér til tekna kolefnisbindingu sem á sér stað í 50 ár eftir gróðursetningu. Fjögur svæði hafa verið valin til nánari skoðunar og fyrir þau hafa verið unnar ræktunaráætlanir.

Hér er kynnt spá um kolefnisbindingu nýskógræktar og arðsemi hennar á þessum svæðum. Kolefnisforðuferlar, sem voru gerðir út frá fyrirbyggjandi gögnum sem safnað var um síðustu aldamót vegna vinnu við úttekt á skógræktarskilyrðum, voru nýttir til að gróskuflokka þær trjátegundir sem á að gróðursetja á þessum svæðum. Gróskuflokkar fyrir hvert svæði voru síðan ákvarðaðir eftir grósku skógarreita sem mældir voru í úttekt á skógræktarskilyrðum á eða í næsta nágrenni við áformuð skógræktarsvæði.

Munur var á metinni grósku milli svæðanna, fyrir stafafuru var t.d. árleg

meðal binding CO₂ á 50 árum fyrir þann stað með lökustu gróskuna 4,2 tonn á ha. en þar sem gróskan var mest 6,5 tonn. Munur á milli trjátegunda var mun meiri, t.d. var meðalsársbinding birkis 2,5 tonn CO₂ en hjá alaskaösp 8,0 tonn í lakaska gróskuflokki. Þannig getur trjátegund skipt mun meira máli en svæðaval þegar gerður er samanburður á þessum fjórum stöðum.

Meðalársbinding CO₂ var metin um 4.400 tonn á öllum fjórum svæðunum. Bindingin mun samt ekki ná hámarki fyrr en á árabillinu 2043-2052 og verður þá að meðaltali um 8.000 tonn CO₂.

Þeir kostnaðarliðir sem taldir eru með í stofnkostnaði og stærðarhagkvæmni hafa áhrif á meðaltals stofnkostnað á flatareiningu sem liggur á bilinu 239 til 374 þús. kr. á ha. Aftur á móti hefur stofnkostnaður á flatareiningu minni áhrif á arðsemi kolefnisbindingar en þreföldun á verði á hverju bundnu tonni af kolefni. Þannig var mestur munur á arðsemi milli svæða 3,8% en á milli verðflokka á bundnu kolefni 5,9%.

Inngangur

Verið er að kanna möguleika á því að Landsvirkjun fjármagni nýskógrækt á völdum svæðum á löndum Skógræktar ríkisins og geti á móti talið sér til tekna kolefnisbindingu sem á sér stað í 50 ár eftir gróðursetningu. Þessi svæði eru:

Á Vesturlandi: Laxaborg í Haukadal í Dalasýslu

Á Norðurlandi: Belgsá í Fnjóskadal

Á Austurlandi: Ormsstaðir í Breiðdal

Á Suðurlandi: Skarfanés í Landsveit

Á einu þessara svæða, Laxaborg, er þegar búið að ganga frá samningum milli Skógræktar ríkisins og Landsvirkjunar.

Tilgangur þessarar vinnu sem hér er kynnt og gerð er fyrir og kostuð af Landsvirkjun er að;

1. Spá fyrir um kolefnisbindingu nýskógræktar með tilliti til vaxtarskilyrða eða gróskustigs
 - a. viðkomandi svæða
 - b. trjátegunda sem á að rækta á þessum svæðum
2. Meta arðsemi kolefnisbindingar nýskógræktar miðað við kostnað við skógrækt og ræktunaráætlanir á hverjum stað og mismunandi verð á bundnu tonni af CO₂.

Samkvæmt ræktunaráætlunum fyrir svæðin og gögnum sem safnað var við

gerð þeirra (Lárus Heiðarsson 2011, Rúnar Ísleifsson 2011 a,b,c) er áætlað að rækta á þessum svæðum skóga með fimm trjátegundum; alaskaösp, Ilmbjörk (kallað hér birki), síberíulerki¹, sitkagreni og stafafuru. Þessar fimm trjátegundir eru algengustu trjátegundirnar í skógrækt á Íslandi (Einar Gunnarsson 2011). Á Belgsá er gert ráð fyrir að nota náttúrulegan blending af sitkagreni og hvítgreni sem oftast gengur undir nafninu sitkabastarður. Vaxtareinkenni flestra kvæma sitkabastarðs sem notuð eru hér á landi eru mun líkari einkennum sitkagrenis en hvítgrenis og verður því fjallað um hann með sitkagreni sem ekki ósjaldan ber í sér væga blöndun við hvítgreni þó að það sé skráð sem sitkagreni (Aðalsteinn Sigurgeirsson 1992).

Vaxtar- og lífmassarannsóknir á þessum trjátegundum eru mislangt komnar á Íslandi. Fyrir liggja jöfnur um lífmassa ofanjarðar hjá einstökum trjám (Arnór Snorrason o.fl. 2006, Brynhildur Bjarnadottir o.fl. 2007, Jón Ágúst Jónsson 2007, Matthias Hunziker 2011) ásamt rannsóknum á hlutfalli neðanjarðarluta trjáanna (Arnór Snorrason o.fl. 2002c, Brynhildur Bjarnadottir o.fl. 2007, Matthias Hunziker 2011).

Bolviðarvöxtur og bolviðarmagn síberíulerkiskóga hefur verið rannsakað nokkuð ítarlega á Hallormsstað og næsta nágrenni og hafa þær rannsóknir gefið

¹Hér er notað nafnið síberíulerki sem samheiti fyrir síberíulerki og rússalerki sem eru skildar tegundir og oftast taldar vera undirtegundir einnar tegundar sem heitir síberíulerki.

af sér gróskuflokka fyrir síberíulerki á þessu svæði (Lárus Heiðarsson 1998, Pesonen o.fl. 2009). Svipaðar rannsóknir hafa verið gerðar á stafafuru á helstu ræktunarsvæðum Skógræktar ríkisins (Mervi Juntunen 2010). Þar tókst þó aðeins að skilgreina einn gróskuflokk fyrir tegundina enda ræktunarsvæði Skógræktar ríkisins bundin við staði þar sem skógræktarskilyrði og gróska eru frekar jöfn og með betra móti. Aðrar trjátegundir hafa verið lítið rannsakaðar og gróskuferlar fyrir lífmassa trjánna og þ.m.t. kolefnis hafa ekki verið útbúnir fyrr en í úrvinnslu sem farið var í sambandi við þá vinnu sem hér er kynnt (Arnór Snorrason, í handriti).

Efni og aðferðir

Stærð ræktunarsvæðis, val trjátegunda og gróðursetningartími

1. tafla sýnir stærð áætlaðrar nýskóg-ræktar á svæðunum fjórum ásamt hlut trjátegunda samkvæmt ræktunaráætlunum og árábil framkvæmda við ný-gróðursetningu.

Gerðar voru smávægilegar breytingar á upphaflegum áætlunum varðandi gróður-setningartíma. Áætlunin var óbreytt fyrir Laxaborg enda búið að ganga frá samningi fyrir það svæði. Á Belgsá var gróðursetningu hliðrað fram um eitt ár. Fyrir Ormsstaði var gróðursetningartími óbreyttur en í Skarfanesi var í drögum að ræktunaráætlun ekki búið að tímasetja gróðursetningar. Það var gert hér og markið sett á að gróðursetja í a.m.k. 50 ha árlega frá og með 2014. Í 1. töflu er birt nettóflatarmál nýskógræktar fyrir Skarfanes en það er skilgreint sem það svæði sem verður gróðursett í. Aftur á móti er í áætlun birt brúttóflatarmál nýskógræktar 504 ha. Þessi mismunur

1. tafla. Stærð og staðsetning nýskógræktarsvæða. Taflan sýnir einnig hlutfall trjátegunda á hverju svæði og árábil gróðursetningar.

	Jörð	Laxaborg	Belgsá	Ormsstaðir	Skarfanes
	Sveit	Dalir	Fnjóskadalur	Breiðdalur	Landssveit
	Landshluti	Vesturland	Norðurland	Austurland	Suðurland
	Brúttóflatarmál svæðis (ha)	46	705	178	751
	Flatarmál nýskógræktar (ha)	10	49	139	444
Hlutfall trjátegunda í gróðursetningu					
	Alaskaösp	33%	0%	3%	11%
	Stafafura	57%	75%	76%	45%
	Sitkagreni	10%	9%	21%	4%
	Síberíulerki	0%	16%	0%	0%
	Birki	0%	0%	0%	40%
	Gróðursetningarár	2012-2014	2013-2014	2015-2019	2014-2022
	Fjöldi ára	3	2	5	9

stafar af því að í nokkrum stórum skógræktarreitum er einungis gert ráð fyrir að gróðursetningar þeki helming eða fjórðung af flatarmáli reitanna.

Mat á kolefnisbindingu í trjágróðri

Notaðir voru ferlar gróskuflokka kolefnisforða fyrir trjátegundirnar fimm sem útbúnir voru fyrir þessa vinnu (Arnór Snorrason, í handriti). Þeir byggja á mælingum sem gerðar voru á trjágróðri á öllu landinu um síðustu aldamót í sambandi við úttekt á skógræktarskilyrðum (Arnór Snorrason o.fl. 2001 a,b,c, 2002 a,b). Þá voru gerðar 1940 mælingar dreift á 775 staði á landinu.

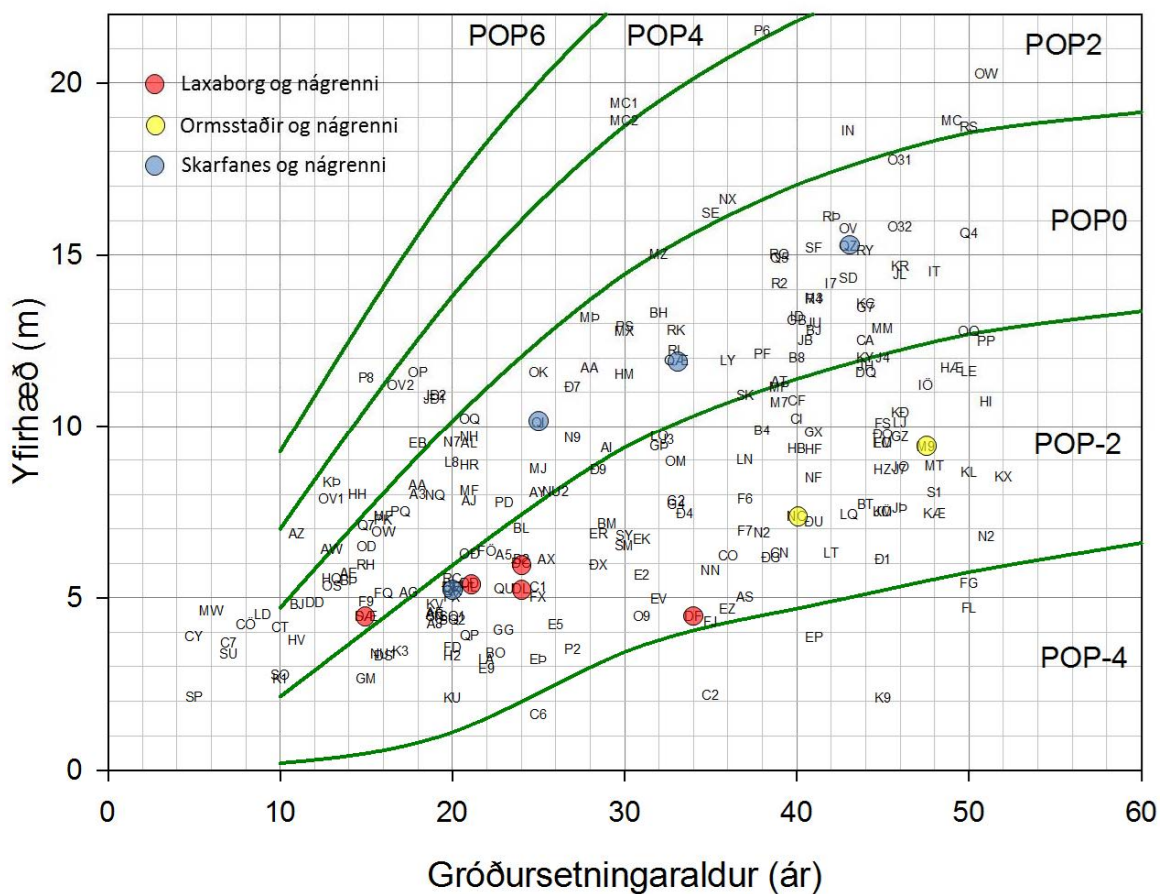
Mælingar, þar sem mögulegt var með góðu móti að ákvarða á flatarmál mæliflatar, voru notaðar við flokkun gróskuflokka fyrir trjátegundirnar. Notaðir voru bæði innlendir og erlendir gróskuflokkar til að flokka mælingar úr úttektinni. Fyrir alaskaösp, stafafuru og sitkagreni var stuðst við breska flokka (Hamilton o.fl. 1971), fyrir síberíulerki var stuðst við íslenska gróskuflokka (Lárus Heiðarsson o.fl. 2012) og fyrir birki var stuðst við norska gróskuflokka (Helge Braastad 1977). Áætlaður kolefnisforði í trjám (ofan- og neðanjarðar) var síðan reiknaður út frá skógmæligögnum á hverjum mælistað.

Þær mælingar sem samkvæmt yfirhæð² féllu saman í gróskuflokk voru nýttar til að útbúa meðaltalsferill fyrir þróun kolefnisforða með gróðursetningaraldri³ fyrir hvern gróskuflokk. Þegar sá ferill hefur verið útbúinn er hægt að reikna bæði meðalársbindingu (e: mean annual increment: MAI) og árlega bindingu (e: current annual increment: CAI) koldíoxíðs (CO₂) fyrir hvern gróskuflokk. Við úrvinnslu grunngagna kom í ljós að í mörgum tilvikum voru of fáar mælingar í sumum gróskuflokkum til að hægt væri að útbúa traustvekjandi kolefnisforðaferil. Einnig sköruðust stundum kolefnisforðagildi aðliggjandi flokka of mikið til að hægt væri að útbúa aðgreinda ferla. Í þessum tilvikum var gróskuflokkum slegið saman og útbúinn sameiginlegur ferill fyrir tvo eða fleiri gróskuflokka.

Næsta skref var að athuga í hvaða flokka mælingar úr úttektinni í nágrenni skógræktarsvæðanna lenda og út frá því var valinn gróskuflokkur fyrir viðkomandi trjátegund og skógræktarsvæði. Fyrir Laxaborg voru skoðaðar mælingar í Dalasýslu, fyrir Belgsá mælingar í Fnjóskadal og Ljósvatnskarði, fyrir Ormsstaði mælingar í Breiðdal og fyrir Skarfanes mælingar ofarlega á Rangárvöllum og Landssveit auk mælinga austarlega í Gnúpverjahreppi. Dæmi um þetta val er sýnt á 1.

²Yfirhæð er skilgreind sem meðalhæð á sverustu 100 trjám á hektara (sverleiki er mældur sem þvermál í 1,3 m hæð frá yfirborði). Oftast er yfirhæð mæld á mæliflötum og fyrir mælifleti í kringum 100 m² er einungis mæld hæð á sverasta trénu á mælifletinum. Fyrir mælifleti í kringum 200 m² er tekið meðaltal hæðar á tveimur sverustu trjánunum o.s.frv.

³Gróðursetningaraldur er fjöldi sumra frá gróðursetningu.



1. mynd. Gróskuflokkar alaskaaspar ásamt gildum fyrir aldur og yfirhæð frá mælingum á alaskaösp í úttekt á skógræktarskilyrðum. Mælipunktur í nágrenni eða á skógræktarsvæðunum sem um ræðir eru auðkenndir með lit.

mynd þar sem verið er að ákvarða gróskuflokka fyrir alaskaösp. Þar eru mælingar í Dalasýslu og Breiðdal að metast í gróskuflokk POP-2 en mælingar í uppsveitum Suðurlands-

undirlendis í POP0.

Niðurstöður á röðun skógræktarsvæðanna í gróskuflokka er síðan sýnd í 2. töflu. Svæðin eru að raðast í flokka þar

2. tafla. Fjöldi gróskuflokka fyrir hverja trjátegund og metinn gróskuflokkur fyrir hvert skógræktarsvæði. Fyrir trjátegundir með þrjá gróskuflokka eru þeir nefndir: Lítil, meðal og mikil gróska. Fyrir trjátegundir með tvo flokka er gróskan einungis nefnd lítil eða mikil.

	Fjöldi flokka	Laxaborg	Belgsá	Ormsstaðir	Skarfanæs
Alaskaösp	3	Lítill		Lítill	Meðal
Stafafura	3	Lítill	Meðal	Meðal	Meðal
Sitkagreni	3	Meðal	Meðal	Meðal	Mikil
Síberíulerki	2		Lítill		
Birki	2				Lítill

3.tafla. Meðalársbinding í trjám við 50 ára aldur metin fyrir trjátegundir sem valdar eru á skógræktarsvæðunum fjórum. Tölurnar eru í tonnum af CO₂ á ha og ár.

	Laxaborg	Belgsá	Ormsstaðir	Skarfaness
Alaskaösp	8,0		8,0	13,8
Stafafura	4,2	6,5	6,5	6,5
Sitkagreni	7,6	7,6	7,6	10,1
Síberíulerki		4,6		
Birki				2,5

sem gróskan er lítil til meðal. Í einu tilviki er gróskan metin mikil en það er fyrir sitkagreni í Skarfanessi. Laxaborg virðist vera með hlutfallslega lægsta gróskustigið. Belgsá og Ormsstaðir eru á svipuðu róli á miðju rófinu en Skarfaness er með hæstu flokkana. Í 3. töflu er síðan birtur meðalársvöxtur við 50 ára gróðursetningaraldur fyrir gróskuflokkavalið eins og það birtist í 2. töflu. Þar kemur fram mikill munur á grósku tegundanna þar sem birkið vermir botninn en alaskaösp er með hæstu gildin. Þar fyrir neðan er sitkagreni en síberíulerki og stafafura eru á svipuðu róli.

Mat á kolefnisbindingu í jarðvegi og sópi

Við mat á kolefnisbindingu í sópi (dautt lífrænt efni, e: litter) og kolefnisbindingu eða -losun í jarðvegi var stuðst við sömu stuðla og notaðir voru í opinberu árlegu kolefnisbókhaldi Íslands til

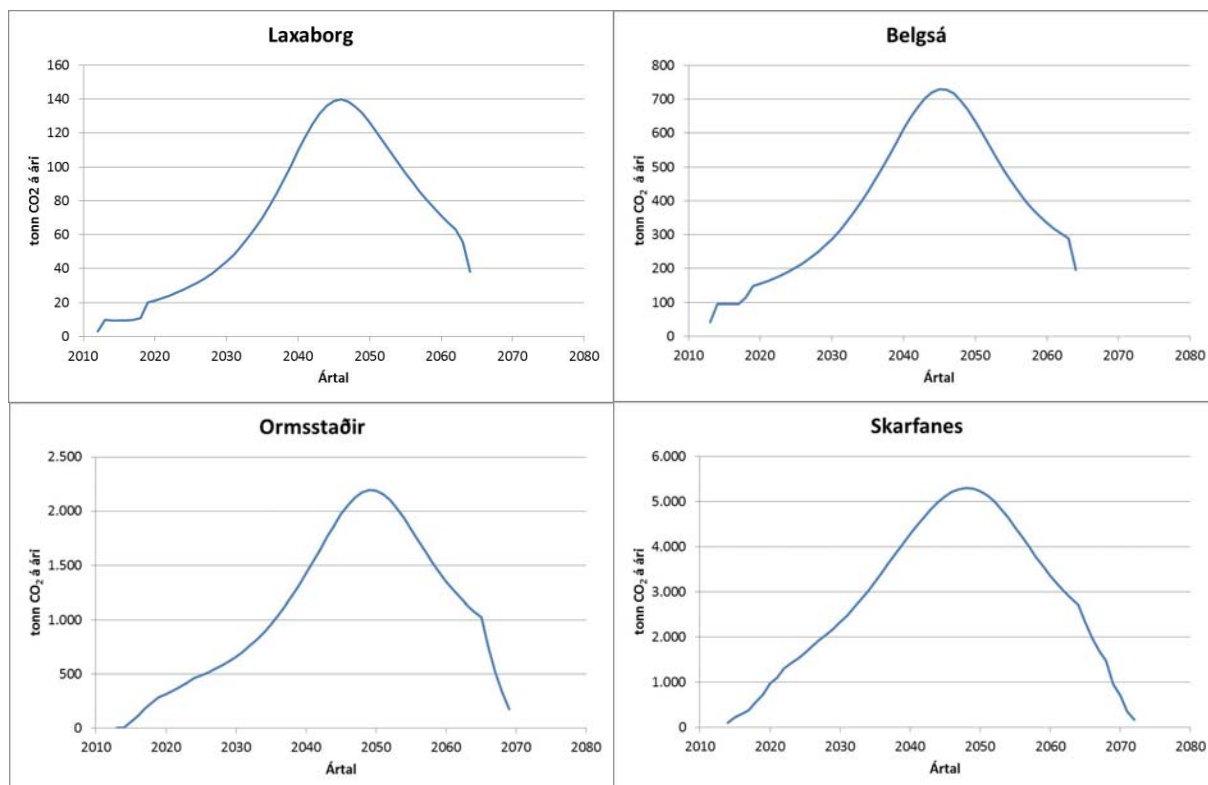
Rammasamnings Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar (Birna Sigrún Hallsdóttir o.fl. 2012). Eftirtaldir stuðlar voru notaðir í 50 ár eftir nýræktun skóga:

1. Binding í sópi: 0,52 tonn CO₂/ha og ári.
2. Binding í þurrlendisjarðvegi á velleða fullgrónu landi: 1,34 tonn CO₂/ha og ári.
3. Binding í þurrlendisjarðvegi á lítt til hálfgrónu landi: 1,88 tonn CO₂/ha og ári

Stuðlar 1 og 2 byggja á rannsóknaniðurstöðum úr skógum á Íslandi (Arnór Snorrason o.fl. 2000, Arnór Snorrason o.fl. 2002c, Bjarni D. Sigurdsson o.fl. 2005, Brynhildur Bjarnadóttir 2009). Stuðull 3 er landsmeðaltal sem Landgræðsla ríkisins notar við mat á kolefnisbindingu jarðvegs við landgræðslu á lítt grónu landi (Birna Sigrún Hallsdóttir o.fl. 2012).

4. tafla. Mismunandi tímabil kolefnisbindingar fyrir svæðin fjögur.

	Laxaborg	Belgsá	Ormsstaðir	Skarfaness
Ný svæði að bætast við samning	2012-2013	2013	2015-2018	2014-2021
Öll svæði að binda	2014-2062	2014-2063	2019-2065	2021-2064
Svæði að detta út úr samningi	2063-2064	2064	2066-2069	2065-2072



2. mynd. Spáferlar fyrir árlega bindingu nýskógræktar á svæðunum fjórum. Mælikvarði á Y-ássi er afar misjafn á milli mynda.

Ef skógur hefur verið ræktaður á framræstu mýrlendi var notaður alþjóðlegur losunarstuðull 0,52 tonn CO₂/ha og ár (IPCC 2003).

Niðurstöður og umræða

Árleg binding CO₂ á samningstímanum

Það form samninga sem Skógrækt ríkisins og Landsvirkjun hafa verið í við-

ræðum um er þannig að kolefnisbinding skógræktar er leigð til Landsvirkjunar í 50 ár frá gróðursetningu. Þetta þýðir að sá tími sem það tekur að gróðursetja í landið hefur áhrif á lengd samningstíma á hverju svæði. Fyrstu gróðursetningararnar eru að detta út úr samningnum að 50 árum liðnum og er kolefnisbinding á þeim svæðum ekki talin með á 51. ári meðan kolefnisbinding yngri

5. tafla. Meðaltals árleg binding CO₂ í tonnum skipt á svæði og árabíl.

Meðalbinding	Laxaborg	Belgsá	Ormsstaðir	Skarfanes	Heild
Yfir allt tímabilið	69	385	1.112	2.857	4.424
2012-2022	14	117	238	625	994
2023-2032	37	247	575	1.997	2.856
2033-2042	90	518	1.198	3.745	5.550
2043-2052	131	675	2.061	5.137	8.004
2053-2062	84	398	1.593	3.898	5.973
2063-2072	47	243	716	1.517	2.522

gróðursetninga er ennþá meðtalin (sjá 4. töflu).

Þetta verður að hafa í huga þegar ferlar yfir árlega bindingu eru skoðaðir en þeir eru birtir í 2. mynd

Ljóst er á 2. mynd að hámarksbinding næst ekki fyrr en að 30 árum liðnum. Þetta sést betur í 5. töflu þar sem tímabilið með mestri árlegri bindingu er á árabillinu 2043-2052. Það tímabil er með 25-30% meiri bindingu en næstu tímabil á undan og eftir.

Áætlaður kostnaður við nýskógrækt

Nákvæmar kostnaðaráætlanir, þar sem stofnkostnaður við skógræktina var tilgreindur og færður á áætluð gjaldaár, voru til fyrir þrjár af jörðunum. Gerð var lítilsháttar lagfæring á þessum kostnaðaráætlunum til að samhæfa kostnaðarliði. Þrátt fyrir það eru ekki allir hefðbundnir kostnaðarliðir teknir með þar sem í sumum tilvikum var búið að ljúka framkvæmdum áður en kom til tals að Landsvirkjun ætlaði að fjármagna nýskógrækt á þessum

svæðum (sjá 6. töflu). Ekki lá fyrir sundurliðuð kostnaðaráætlun fyrir Skarfaness en þar var stofnkostnaður áætlaður 300 þús. kr á hvern brúttóhektara nýskógræktar. Brúttóflatarmál nýskógræktar er, eins og áður hefur verið getið, 504 ha en nettóflatarmál nýskógræktar er 444 ha. Stofnkostnaður á hvern ha var því metin 340 þús. kr. í tilviki Skarfaness.

Eins og sjá má í 6. töflu var einingakostnaður nokkuð misjafn á milli svæða. Þar sker Belgsá sig mest út með lægstan kostnað. Þar voru líka tveir kostnaðarliðir undanskildir. Hæsti einingakostnaðurinn var á Laxaborg og er þar smæð svæðisins áreiðanlega stór áhrifavaldur.

Hér er einungis talinn til stofnkostnaður en í hefðbundinni skógrækt mun líka verða kostnaður vegna umsýslu og umhirðu að loknum stofnframkvæmdum. Í samningsdrögum Landsvirkjunar og Skógræktar ríkisins tekur Skógrækt ríkisins á sig þann kostnað enda mun hún eiga skóginn og hafa möguleika á að uppskera hann af samnings-

6. tafla. *Kostnaðarliðir stofnkostnaðar í ræktunaráætlunum ásamt stofnkostnaði á flatareiningu.*

	Laxaborg	Belgsá	Ormsstaðir	Skarfaness
Áætlanagerð	Ekki innifalin	Ekki innifalin	Innifalin	Innifalin
Girðing	Innifalin	Ekki innifalin	Innifalin	Innifalin
Slóðagerð	Innifalin	Innifalin	Innifalin	Innifalin
Eftirlit og úttektir	Innifalin	Innifalin	Innifalin	Innifalin
Endurplöntun 10%	Innifalin	Innifalin	Innifalin	Innifalin
Stjórnunargjald 6%	Innifalin	Innifalin	Innifalin	Innifalin
Kostnaður á hektara (þús. kr.)	374	239	345	340

7.tafla. Arðsemi eða innri vextir fjárfestingar í kolefnisbindingu með nýskógrækt á fjórum svæðum Skógræktar ríkisins miðað við mismunandi verð losunarheimilda.

Verð losunarheimilda	Laxaborg	Belgsá	Ormsstaðir	Skarfanés
30 €	6,0%	9,8%	7,8%	8,4%
20 €	4,3%	7,3%	5,6%	6,0%
10 €	1,6%	3,9%	2,6%	2,7%

tímabilinu liðnu.

Arðsemi eða innri vextir fjárfestingar í bindingu CO₂ með nýskógrækt

Að lokum eru birtar niðurstöður úr einföldum arðsemisútreikningum fyrir nýskógrækt á þessum fjórum svæðum (sjá 7. töflu). Reiknaðir er innri vextir fjárfestingar, sem segir þá til um hvaða vexti fjárfestingar, sem jafngilda stofnkostnaði við skógræktina, munu bera miðað við mismunandi verð fyrir hverja losunarheimild sem er hér á forminu bundið tonn af koldíoxíði. Tekið er mið af opinberum Evrópumarkaði með framtíðarlosunarheimildir en verðið þar hefur farið lækkandi eftir að fjármálakreppan hófst. Miklar sveiflur eru í verði á markaði en frá miðju ári 2010 til lok mars 2012 sveiflaðist framtíðar-

verðið frá því að vera hæst um 28 € í mars 2011 niður í 14 € í lok tímabilsins (<http://www.emissierechten.nl/>). Þó er gert ráð fyrir að á árunum 2013-2020 muni verð fara hækkandi aftur vegna áætlana Evrópusambandsins um að minnka árlega losunarheimildir iðnfyrirtækja um 1,74% á þessu árabili framlengingar Kyótó samningsins.

Í öllum tilvikum er arðsemi kolefnisbindingar jákvæð. Munur í stofnkostnaði á flatareiningu á milli svæða (sbr. tafla 6) hefur minni áhrif á arðsemi kolefnisbindingar en verð á hverju bundnu tonni af kolefni. Þannig er mestur munur á arðsemi milli svæða 3,8% en á milli verðflokka á bundnu kolefni 5,9%.

Heimildir

Aðalsteinn Sigurgeirsson (1992). *Insights into the evolution of Picea inferred from chloroplast DNA*. PhD thesis. Department of Forest Genetics and Plant Physiology, Swedish University of Agricultural Sciences 1992, 32 bls.

Arnór Snorrason, Þorbergur Hjalti Jónsson, Kristín Svavarsdóttir, Grétar Guðbergsson og Tumi Traustason (2000). Rannsóknir á kolefnisbindingu ræktaðra skóga á Íslandi, *Skógræktarritið*, 1, 71-89.

Arnór Snorrason, Bjarni D. Sigurdsson, Grétar Guðbergsson, Kristín Svavarsdóttir and Þorbergur Hjalti Jónsson (2002c). Carbon sequestration in forest plantations in Iceland, *Icelandic Agricultural Sciences*, 15, 81-93.

Arnór Snorrason og Stefán F. Einarsson (2001a). Landsúttekt á skógræktarskilyrðum. Áfangaskýrsla 1997-2001 fyrir Vestfirði., *Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar*, 7, 64 bls.

Arnór Snorrason, Stefán F. Einarsson, Tumi Traustason og Fanney D. Baldursdóttir (2001b). Landsúttekt á skógræktarskilyrðum. Áfangaskýrsla 1997-2001 fyrir Norðurland, *Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar*, 6, 71 bls.

Arnór Snorrason, Tumi Traustason, Stefán F. Einarsson og Fanney D Baldursdóttir (2001c). Landsúttekt á skógræktarskilyrðum. Áfangaskýrsla 1997-2001 fyrir Vesturland, *Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar*, 5, 70 bls.

Arnór Snorrason og Stefán F. Einarsson (2002a). Landsúttekt á skógræktarskilyrðum. Áfangaskýrsla 1997-2002 fyrir Suðurland og Suðvesturland., *Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar*, 14, 68 bls.

Arnór Snorrason, Lárus Heiðarsson and Stefán F. Einarsson (2002b). Landsúttekt á skógræktarskilyrðum. Áfangaskýrsla 1997-2002 fyrir Austurland., *Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar*, 13, 68 bls.

Arnór Snorrason and Stefán Freyr Einarsson (2006). Single-tree biomass and stem volume functions for eleven tree species used in Icelandic forestry, *Icelandic Agricultural Sciences*, 19, 15-24.

Birna Sigrún Hallsdóttir, Christoph Wöll, Jón Guðmundsson, Arnór Snorrason and Jóhann Þórsson (2012). Emissions of greenhouse gases in Iceland from 1990 to 2010 National Inventory Report 2012, Environment Agency of Iceland April 2012, 293 bls.

http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/6598.php

Bjarni D. Sigurdsson, Borgthor Magnusson, Asrun Elmarsdóttir and Brynhildur Bjarnadóttir (2005). Biomass and composition of understory vegetation and the forest floor carbon stock across Siberian larch and mountain birch chronosequences in Iceland, *Annals of Forest Sciences*, 62, 881-888.

Brynhildur Bjarnadóttir, Anna Cecilia Inghammar, Mona-Maria Brinker and Bjarni D. Sigurdsson (2007). Single tree biomass and volume functions for young Siberian larch trees (*Larix sibirica*) in eastern Iceland, *Icelandic Agricultural Sciences*, 20, 125-135.

Brynhildur Bjarnadóttir (2009). *Carbon stocks and fluxes in a young Siberian larch (Larix sibirica) plantation in Iceland*. Ph.D. thesis Geografiska Institution, Lunds Universitet 2009, 62 bls.

Einar Gunnarsson (2011). Skógræktarárið 2010, *Skógræktarritið*, 2 96-101.

Hamilton G. J. and J.M. Christie (1971). Forest Management Tables (Metric), City, Her Majesty's Stationery Office, 201 bls.

Helge Braastad (1977). Tilvekstmodellprogram for bjørk, Avdeling for skogbehandling og skogproduksjon 1977, 17 bls.

IPCC (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*, Institute for Global Environmental Strategies (IGES).

Jón Ágúst Jónsson (2007). *Áhrif skógræktar- aðgerða á viðarvöxt og flæði kolefnis í asparskógi*. MSc ritgerð. Lifræðiskor Raunvísindadeildar, Háskóli Íslands Maí 2007, 84 bls.

Lárus Heiðarsson (1998). *Boniteringskurvor för Lärk (Larix Sukaczewii) på Hallormsstaður Island*. BSc ritgerð. Naturbruksinstitútet, Ekenäsenheten 1998, 44 bls.

Lárus Heiðarsson (2011). Ræktunaráætlun fyrir Ormsstaði í Breiðdal, Skógrækt ríkisins desember 2011, 10 bls.

Lárus Heiðarsson and Timo Pukkala (2012). Models for simulating the temporal development of Siberian larch (*Larix sibirica*) plantations in Hallormsstaður Iceland, *Icelandic Agricultural Sciences*, 25, 13-23.

Matthias Hunziker (2011). *A study on above- and belowground biomass and carbon stocks as well as sequestration of mountain birch (Betula pubescens Ehrh.) along a chronosequence in southern Iceland*. MSc. Thesis. Department of Environmental Sciences, University of Basel January 2011, 65 bls.

Mervi Juntunen (2010). *Modelling Tree and Stand Characteristics of Lodgepole Pine (Pinus contorta) Plantations in Iceland*. MSc. Thesis. Faculty of Science and Forestry, University of Eastern Finland 2010, 68 bls.

Pesonen, A., K. Eerikainen, M. Maltamo and T. Tahvanainen (2009). Models for predicting tree and stand development in larch plantations in Hallormsstaður, Iceland, *New Forests*, 37, 63-83.

Rúnar Ísleifsson (2011a). Drög að ræktunaráætlun fyrir Skarfanes í Landsveit, Skógrækt ríkisins desember 2011, 13 bls.

Rúnar Ísleifsson (2011b). Ræktunaráætlun fyrir Belgsá í Fnjóskadal, Skógrækt ríkisins desember 2011, 8 bls.

Rúnar Ísleifsson (2011c). Ræktunaráætlun fyrir Laxaborg í Haukadal í Dölum, Skógrækt ríkisins desember 2011, 9 bls.



Mógilsá, Rannsóknastöð skógræktar, er deild innan Skógræktar ríkisins og sinnir rannsóknastörfum fyrir hönd stofnunarinnar. Höfuðstöðvar Rannsóknastöðvarinnar eru að Mógilsá í Kollafirði en útibú er á Akureyri. Á vegum stöðvarinnar eru fjöldi tilrauna sem staðsettar eru víða um land.

Rannsóknastöðin leggur höfuðáherslu á hagnýtar tilraunir í þágu skógræktar og skógverndar, auk grunnrannsókna á íslenskum skóglendum. Innan stöðvarinnar eru skilgreind 7 fagsvið er lúta m.a. að erfðaauðlindum í skógrækt, nýrækt, áhrifum skóga á loftslagsbreytingar, trjá og skógarheilsu og vistfræði skóga. Að auki er landfræðilegur gagnagrunnur um ræktuð og náttúruleg skóglendi landsins vistaður við Rannsóknastöðina.

Árið 2012 unnu 13 manns á Mógilsá, þar af 10 með háskólagráðu í skógfræði eða skyldum greinum.