

## Greinargerð

2021-800 – 01



22. nóvember 2021

Landgræðslan

### **Efni: Skýringar með beitarkafla reglugerðar um sjálfbæra landnýtingu**

#### Formáli

Umhverfis- og auðlindaráðuneytið kynnti nýverið drög að reglugerð um leiðbeiningar og viðmið um sjálfbæra landnýtingu. Þau voru til umsagnar á samráðsgátt stjórnvalda frá 24/09-11/11 2021. Drögin voru unnin af sérfræðingum Landgræðslunnar, fyrir uar.

Reglugerðadrögin fjalla um landnýtingu er tengist umferð fólks og ökutækja, framkvæmdum, akuryrkju og beit. Kaflarnir sem fjalla um umferð fólks og ökutækja, framkvæmdir og akuryrkju eru settir fram til **leiðbeiningar** og skulu, við þesskonar landnýtingu, **hafðir til hliðsjónar**.

Hvað varðar beitarhluta reglugerðarinnar þá er gert ráð fyrir að **fylgja skuli framsettum viðmiðum**, en gefinn er **aðlögunartími** að gildistöku þess hluta. Aðferðafræði beitarhlutans má rekja allt aftur til áttunda áratugar sl. aldar, sem hefur síðan verið í stöðugri þróun, og er í dag víða notuð til að meta ástand vistkerfa.

Mörg ný hugtök eru í reglugerðardrögunum og tengjast þau flest beitarnýtingu. Þar má sérstaklega nefna hugtakið vistgetu og visteiningu. Vegna þess hve ný sú fræðilega nálgun varðandi beitarnýtingu, sem er sett fram í drögunum, kann að vera landnotendum, hefur Landgræðslan tekið saman meðfylgjandi greinargerð þar sem þessi hugtök eru skýrð, sem og bakgrunnur aðferðafræðinnar.

Aðferðafræðin sem lögð er til í beitarhluta reglugerðardraganna, byggir annars vegar á vöktun lands líkt og nú þegar er verið að þróa innan verkefnisins GróLindar, og hins vegar að tekið sé tillit til nýtingar lands, þ.m.t. jarðvegs, vatns, dýra og plantna, til að gefa af sér afurðir sem mæta síbreytilegum þörfum mannsins, en tryggja jafnframt langtíma framleiðslugetu þessara auðlinda og viðheldur vistkerfisþjónustum þeirra (sbr. FAO 1992).

## Inngangur

Bandaríkjamenn voru með þeim fyrstu til að nota vísindalega þekkingu við stýringu beitar, þannig að afurðasemi búfjár væri háværkuð m.t.t. ástands beitarlands. Aðferðirnar sem þeir beittu voru byggðar á kenningum plöntuvistfræðingsins Clements um gróðurframvindu (Clements, 1916). Kenningar Clements voru gagnrýndar af öðrum sérfræðingum (sjá t.d. Gleason, 1926) en þær urðu, engu að síður, grunnur að þeirri aðferðafræði sem einkenndi beitarstjórnun úthaga á síðari hluta aldarinnar (Dyksterhuis, 1949).

Það var svo ekki fyrr en undir lok 20. aldar sem fer að örla á breyttum viðhorfum í landnýtingu þar sem reynt var að taka tillit til breytileika sem stafar af samspili umhverfisþátta í stað þess að horfa einungis á beitina sjálfa annars vegar, og ástand gróðurs hins vegar, sem lykilþátt í ástandi lands (Westoby o.fl., 1989).

Á Íslandi nutu kenningar Dyksterhuis hylli upp úr 1960, enda viðurkenndar á sinni tíð (sjá t.d. Ingi Þorsteinsson, 1980a). Útreikningar sem voru byggðir á þessum grunni voru meðal annars notaðir til að styðja fjölgun búfjár á sjöunda, áttunda og níunda áratugnum þó ný sjónarmið væru þá jafnframt að koma fram (sjá t.d. Anna Guðrún Þórhallsdóttir, 1993; Þorsteinn Guðmundsson, 1990). Á níunda og tíunda áratugnum fóru viðhorf og stefna varðandi landnýtingu héraðs smám saman að breytast. Æ betur var að koma í ljós að beit áratuganna á undan hafði oft gengið nærri landinu og að ekki var tekið nægilegt tillit til síbreytilegra umhverfisþátta á borð við árferði þegar geta lands til beitar var metin (Andrés Arnalds, 1994). Rannsóknastofnun landbúnaðarins bar ábyrgð á útreikningum á beitarþoli, en dró alla fyrri útreikninga til baka haustið 1999. Það gerðist í kjölfar útgáfu skýrslunnar Jarðvegsrof á Íslandi (Ólafur Arnalds o.fl., 1997) þar sem sýnt var fram á að verulegur hluti þurrlands landsins var í afar slæmu ástandi þegar litið var til jarðvegs og gróðurs. Í framhaldi af útgáfunni var haldin alþjóðleg ráðstefna sem dró enn frekar fram stöðu Íslands m.t.t. ástands lands (Ólafur Arnalds og Steven Archer, 2000).

Með gagnagrunninum Nytjalandi (<http://nytjaland.is>; Fanney Ósk Gísladóttir o.fl., 2014), sem hafist var handa við að þróa árið 2000, opnuðust möguleikar á að tengja ástand lands við nýtingu þess og var ritið „Landnýting og vistvæn nýting sauðfjárafurða“ (Ólafur Arnalds o.fl., 2003) meðal annars byggt á gögnum Nytjalands. Í því riti voru í fyrsta sinn kynntar hugmyndir að því hvernig laga mætti landnýtingu sauðfjárræktar að vistvænum búskaparháttum (Ólafur Arnalds o.fl., 2003). Áður hafði verið gefið út ritið „Hrossahagar, ráðleggingar og viðmið fyrir sjálfbæra hrossabeit“ (Borgþór Magnússon o.fl., 1997) og bæklingurinn „Að lesa landið“ (Ólafur Arnalds o.fl., 1997).

Til viðbótar við að byggja á niðurstöðum úr rofkortlagningu RALA og Landgræðslunnar (Ólafur Arnalds o.fl., 1997), og að hluta á gagnagrunninum Nytjalandi (Björn Traustason o.fl., 2006), þá byggðu þessi rit einnig á aðferðum sem þá voru að ryðja sér til rúms erlendis sbr. aðferðafræði FAO (FAO, 1988) og þær aðferðir sem notaðar eru til að meta beitarlönd í Bandaríkjunum (Committee on Rangeland Classification, 1994) sem m.a. eru byggðar á hugmyndum Westoby o.fl. (Westoby, 1979; Westoby o.fl., 1989). Á sama tíma setti landbúnaðarráðuneytið reglugerð um „sértækt gæðastýrða landbúnaðarframleiðslu“ sem lagði fyrst og fremst áherslu á gæði afurða (sjá reglugerð nr. 98/1996).

Í núverandi reglugerð um gæðastýringu (nr. 511/2018) er að finna viðmiðunarreglur sem eru notaðar til að skilgreina sjálfbæra landnýtingu í sauðfjárrækt á Íslandi. Í þeim er stuðst við ástandsmat sem kynnt var í ritinu Sauðfjárhagar (Sigprúður Jónsdóttir, 2010) þar sem ástand gróðurs annars vegar og rof í landi hins vegar er lagt til grundvallar mati á ástandi lands. Á síðastliðnum 10 árum hefur skilningur aukist á því flókna samspili fjölmargra umhverfispáttá sem í raun stýra ástandinu á hverjum tíma, með sama hætti og Westoby o.fl. gerðu grein fyrir á sínum tíma.

Hliðstæð þróun hefur orðið í Noregi. Þar hefur verið þróað matskerfi sem byggir á hugmyndum Westoby o.fl., Committee of Rangeland Classification í Bandaríkjunum og FAO til að meta burðarþol lands, m.t.t. beitar. Notuð eru fjarkönnunargögn ásamt upplýsingum sem safnað er á jörðu niðri, þar á meðal GPS ferlar beitarðýra, til að meta burðarþol lands og breytingar þar á (Myysterud o.fl., 2014). Nálgunin byggir á frumflokkun landsins í beitarhæft og óbeitarhæft land. Beitarhæfa landið er síðan metið með aðstoð reiknilíkans sem tekur sérstakt tillit til breytileika innan landgerða, þ.m.t. tegundasamsetningar, uppskeru og landslags, ásamt vaxtarþarfa búfjárins.

Þessi aðferðafræði byggir þannig bæði á fjarkönnunargögnum og mæligögnum af jörðu niðri, tekur tillit til fjölbreytni lands og dreifingu búfjár og gefur kost á sívöktun lands. Að því leyti er þessi nálgun hliðstæð því sem beitt er í GróLind, verkefni sem miðar að því að meta ástand gróður- og jarðvegsauðlindarinnar, og breytingar á þeim. Þar verður kerfisbundið fylgst með ástandi gróðurs og jarðvegs með bæði fjarkönnunaraðferðum og mælingum á jörðu niðri, ásamt beitaratferli sauðfjár með GPS mælingum. Smám saman mun verða til gagnabanki sem mun gagnast við að meta ástand lands og í stýra landnýtingu út frá getu þess og ástandi hverju sinni.

## Sjálfbær landnýting

Ýmsar alþjóðlegar skilgreiningar eru til á sjálfbærri landnýtingu. Matvæla- og landbúnaðarstofnun Sameinuðu þjóðanna (FAO) skilgreina sjálfbæra landnýtingu sem: Nýting auðlinda lands, þ.m.t. jarðvegs, vatns, dýra og plantna til framleiðslu hráefna til að mæta þörfum mannkyns, þar sem jafnframt er tryggð langtímageta auðlindanna sem og virkni þeirra (e. *The use of land resources, including soils, water, animals and plants, for the production of goods to meet changing human needs, while simultaneously ensuring the long-term productive potential of these resources and the maintenance of their environmental functions*) (United Nations Conference on Environment and Development, 1992).

Í reglugerð um gæðastýringu í sauðfjárrækt er sjálfbær landnýting skilgreind sem „*Nýting sem ekki gengur á auðlindir lands, s.s. jarðveg, gróður og vatn og tryggir um leið viðgang og virkni vistkerfis til framtíðar.*“

Í lögum um landgræðslu (nr. 511/2018) segir að „*Nýting lands skal vera sjálfbær þannig að ekki sé gengið á auðlindir þess og þær endurheimtar eins og unnt er, og jafnframt að viðgangur og virkni vistkerfa haldist.*“

Sú áhersla á að viðgangur og virkni vistkerfis skuli tryggður endurspeglar skilgreiningu FAO og undirstrikar að landnýting getur ekki talist sjálfbær nema landið veiti þær vistkerfisþjónustur sem eðlilegt sé að það veiti, sbr. vistgetu þess (sjá neðar). Sjálfbær landnýting er því landnýting þar sem *starfsemi og bygging vistkerfis viðhelst eða eflist og vistkerfið er jafnframt í ásættanlegu ástandi*. Þetta er mikilvægt, þar sem stór hluti landsvistkerfa landsins hafa þegar orðið fyrir verulegri hnignun og munu haldast í því ástandi nema breyting verði á nýtingu eða gripið til endurheimtaraðgerða.

## Vistgeta

Vistgeta (e. *ecological capacity*) er skilgreind sem geta vistkerfa til að viðhalda náttúrulegu, upprunalegu eða núverandi ástandi og standa undir framleiðslu hráefna og þjónustu (e. *overall ability of an ecosystem to maintain its natural, original, or current condition to produce goods and services*) (Sustainable Development Indicator Group, 1996). Hugtakið er hliðstætt skilgreiningu á landgetu (e. *land potential*): Eðlislæg geta lands til að viðhalda vistþjónustum með sjálfbærum hætti sem eru nauðsynlegar til að mæta þörfum dagsins í dag án þess að ganga á getu þess til að standa undir þörfum framtíðar (e. *the inherent potential of the land to sustainably generate ecosystem services required to meet today's needs without compromising our ability to meet the needs of the future*) (Jornada Experimental Range - Range Management Research Unit, 2021). Á Íslandi hafa þessar skilgreiningar verið notaðar

jöfnum höndum og settar saman í hugtakið vistgeta lands. Vistgeta endurspeglar þannig hvert besta ástand lands gæti verið miðað við það loftslag sem ríkir á svæðinu, hvernig jarðvegur þar ætti að vera og hvernig landslagi er háttað (t.d. hvort um er að ræða flatlendi eða land hallar mót suðri eða norðri). Jafnframt endurspeglar hún hvaða langtímaárangurs væri að vænta af endurheimtar aðgerðum. Land í hnignuðu ástandi hefur alltaf skerta vistgetu. Nýtingargeta er svo annað hugtak sem miðast við núverandi ástand landsins og metur hversu vel það hentar til ákveðinnar landnýtingar (UNEP, 2016). Mörg kerfi hafa verið hönnuð til að mæla vistgetu. Nefna má „Land Capability Classification“ (LCC) sem var þróað af bandaríska landbúnaðarráðuneytinu (USDA) árið 1930 til að leiðbeina um landnýtingu og hindra landhnignun og var meðal annars notað fyrir jarðir í Borgarfirði á áttunda áratugnum (Þorsteinn Guðmundsson, 1990). Kerfið endurspeglar í raun getu jarðvegs á hverjum stað til að standa undir framleiðslu ákveðna tegunda nytjaplantna eða nýtingarmöguleikum hans fyrir beitiland. LCC flokkunin skiptir jarðvegi niður í átta flokka eftir ástandi þeirra og því fyrir hvaða landnýtingu þeir henta best (USDA, 1973).

Matvæla- og landbúnaðarstofnun Sameinuðu þjóðanna (FAO) gaf út fyrstu leiðbeiningar um flokkun á getu lands árið 1976 (FAO, 1976) sem nefndist „Agro – Ecological Zoning“ (AEZ) og byggir á sömu nálgun. Flokkunin byggir á mati á getu landsvæða byggt á veðurfari, jarðvegi og landfræðilegum þáttum til ræktunar á mismunandi nytjaplöntum. Árið 2000 var svo þessi flokkun færð yfir á hnattrænan skala með „Global Agro-Ecological Zones“ (GAEZ) sem er tæki til að meta mögulega getu til ræktunar á yfir 100 nytjaplöntum byggt á hnattrænum jarðvegs- og veðurfarsgagnabönkum (Fischer o.fl., 2002). GAEZ kerfið er landnýtingarkerfi sem byggir á vistgetu þess og hefur beint og óbeint leitt til ýmiskonar þróunar á aðferðum og tólum sem hjálpa landnotendum að meta vistgetu lands og þar með skipuleggja nýtingu þess. Vefurinn LandPotential.org (<https://landpotential.org/>) sem þróaður er af Landbúnaðarstofnun bandaríska landbúnaðarráðuneytisins (USDA-ARS) er dæmi um slíkt. Hann er upplýsingagátt fyrir smáforritið LandPKS og hjálpar landnotendum að flokka land eftir vistgetu og þar með að nýta land með sjálfbærum hætti (Herrick o.fl., 2016). Á Íslandi voru árið 2021 gefnar út leiðbeiningar um flokkun landbúnaðarlands með tilliti til hæfni til ræktunar sem byggir á sömu hugmyndafræði og lýst var hér að ofan (Guðni Þ. Þorvaldsson o.fl., 2021).

## Visteining (e. *ecological site*)

Land er ekki einsleitt heldur er landslag samsett af minni einingum sem hver hefur sína vist- og nýtingargetu. Til að endurspeglar þetta er landi því skipt upp í svokallaðar visteiningar (e. *ecological site*). Visteiningar eru samfelld, einsleit svæði m.t.t. landslags, jarðvegs og gróðurs sem hafa ákveðna eiginleika þannig að þau skera sig frá öðrum visteiningum í svörun sinni við

landnýtingu (raski) og hafa þannig ákveðna nýtingargetu sem er frábrugðin nýtingargetu annarra visteininga (Bestelmeyer og Brown, 2010).

## Viðmiðunarsvæði

Til að hægt sé að meta ástand visteininga er nauðsynlegt að skilgreina viðmiðunarsvæði fyrir þær. Hver visteining þarf sérstakt viðmiðunarsvæði þar sem vistgeta hvernar einingar er frábrugðin þeirri næstu. Þau endurspeglar mögulega besta ástand visteiningarinnar og sýna því í raun vistgetu hennar, og um leið, besta mögulega ástand visteiningarinnar. Erfitt getur verið að finna óröskuð viðmiðunarsvæði fyrir allar visteiningar, og eru því ýmsar aðferðir notaðar til að skilgreina þau (Karl og Herrick, 2010):

1. Skoða sambærilegar óraskaðar landnýtingaeiningar á svæðinu (oft illfinnanlegar).
2. Skoða gamlar heimildir um ástand og breytingar á landgæðum.
3. Nota líkön og/eða kort sem meta vistgetu svæðisins.
4. Nota þekkingu sérfræðinga og heimafélks til að segja til um hvernig visteiningin myndi líta út í besta ástandi.

Landgræðslan vinnur nú að vistgetukorti fyrir Ísland. Með því fæst gagnagrunnur sem mun hjálpa við að skilgreina viðmiðunarsvæði fyrir visteiningar.

## Ákvörðun um sjálfbærni

Til að beit geti talist sjálfbær þarf að tryggja að nýtingin gangi ekki á auðlindir landsins og þær endurheimtar eins og unnt er, og jafnframt að viðgangur og virkni vistkerfa haldist (9. gr. laga nr.155/2018). Einnig skal nýting lands taka mið af ástandi þess og stuðla að viðgangi og virkni vistkerfa, vernda líffræðilega fjölbreytni og orku- og næringarforða og nauðsynlega jarðvegseiginleika fyrir virkni vistkerfa (2. gr. laga nr.155/2018). Nýting lands skal vera sjálfbær þannig að ekki sé gengið á auðlindir þess og þær endurheimtar eins og unnt er, og jafnframt að viðgangur og virkni vistkerfa haldist. Nýting lands skal byggjast á viðmiðum um sjálfbærni. Við mat á því hvort landnýting teljist sjálfbær skal leggja til grundvallar eftirfarandi meginreglur:

1. Að nýting taki mið af vistfræðilegu ástandi og getu lands.
2. Að stuðla að viðhaldi eða eflingu líffræðilegrar fjölbreytni vistkerfis.
3. Að vernda, viðhalda og byggja upp jarðveg.

4. Að vernda, viðhalda og auka kolefni í jarðvegi og gróðri.
5. Að vernda, viðhalda og auka vatnsmiðlun og vatnsgæði.
6. Að vernda, viðhalda og auka loftgæði.
7. Að lágmarka losun gróðurhúsalofttegunda vegna landnýtingar.

Sjálfbær beitarnýting einkennist svo af nýtingu á landi sem:

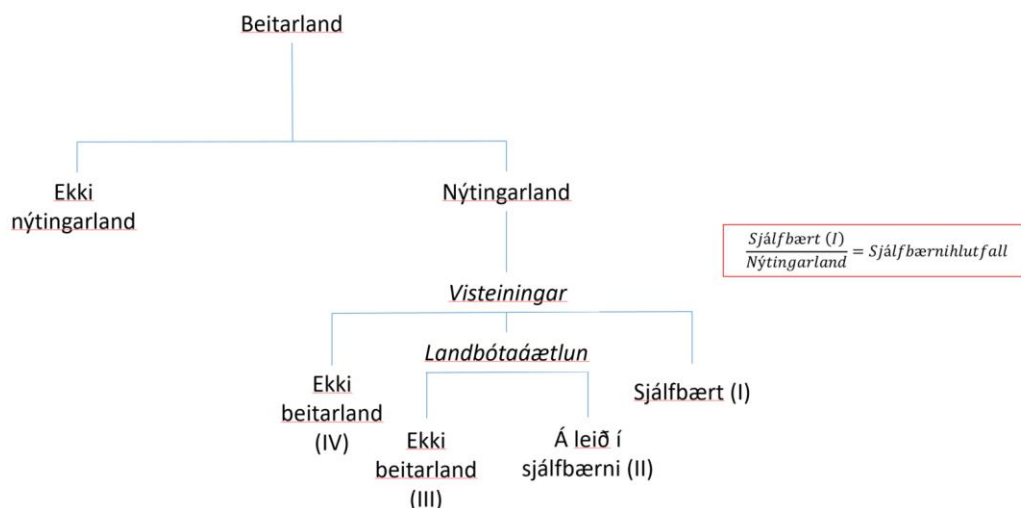
1. Hefur hátt hlutfall æðplantna.
2. Hefur lítinn sem engan óvarinn jarðveg eða rof.
3. Er ekki í hnignuðu ástandi m.v. vistgetu.
4. Ætla má að núverandi nýting muni ekki leiða til hnignunar.

## Framkvæmd mats á ástandi lands með tilliti til sjálfbærni beitar

Land sem nýtt er til búfjárbéttar skal almennt vera í góðu ástandi og ekki sýna merki hnignunar. Mat á ástandi beitarlands skal uppfylla eftirfarandi skilyrði:

1. Vera heildstætt og ná til alls beitarlandsins, hvort sem um er að ræða heimalönd, úthaga, upprekstrarheimalönd eða afrétti.
2. Það skal taka tillit til vistgetu og nýtingargetu allra visteininga beitarlandsins.
3. Matið skal vera byggt á viðurkenndum vísindalegum grunni.
4. Það skal framkvæmt af aðilum sem hafa hlotið til þess bæra þjálfun.
5. Matið skal fara fram eins oft og þörf krefur.

Mat á beitarlandi m.t.t. sjálfbærrar landnýtingar felst m.a. í A) skilgreiningu beitarlands, B) skiptingu upp í visteiningar og flokkun beitarlands, C) mat á visteiningum, D) útreikningum á sjálfbærri nýtingu beitarlanda og E) vöktun á ástandi beitarlanda. Ferlið er sýnt á mynd 1.



**Mynd 1.** Flæðirit sem sýnir hvernig beitarland er metið skv. drögum að reglugerð um sjálfbæra landnýtingu. Fyrst er beitarlandi skipt upp eftir hvaða hlutar teljast til nýtingarlands, næst eru visteiningar nýtingarlandsins skilgreindar, svo eru visteiningarnar skilgreindar eftir því hvort að landið sé í sjálfbærri nýtingu eða ekki, og ef ekki hvort að það þurfi landbótaráætlun eða henti ekki almennt til beitar, að lokum er sjálfbærnihlutfall beitarlandsins reiknað út.

Sú aðferðafræði sem er notuð hér byggir á hugmyndum Westoby o.fl., CRC og FAO og notuð er m.a. í Noregi (Committee on Rangeland Classification, 1994; FAO, 1988; Mysterud o.fl., 2014; Westoby o.fl., 1989).

## A. Skilgreining beitar svæða

Beitar svæði telst allt það svæði sem sannarlega er nýtt til beitar. Nýtingarland beitarlandsins er reiknað út með því að draga frá heildarflatarmálinu þau svæði innan beitarlandsins sem eru **í góðu ástandi m.v. vistgetu sína** (ekki hnignuð) en eiga ekki að teljast til beitar svæða. Þau svæði sem hér um ræðir eru eftirfarandi:

1. Brattar brekkur og klettur (>30° halli).
2. Vötn og árfarvegir.
3. Land með undir 20% æðplöntuþekju (þ.e. mosavaxin hraun, áreyrar, jökulaurar, auðnir).

Þetta eru svæði innan skilgreindra beitar svæða sem almennt hafa lítinn beitargróður og/eða verða reglulega fyrir náttúrulegu raski og/eða eru viðkvæm. Brattar brekkur og klettur (>30° halli) eru viðkvæm svæði og henta því ekki til beitar (Quandt o.fl., 2020; State of New South Wales and Office of Environment and Heritage, 2012). Sama á við um land með undir 20% æðplöntuþekju, sem auk þess hefur litla uppskeru beitarplantna. Ef ástand þessara svæða er



Í samræmi við vistgetu, má gera ráð fyrir að beitin sé ekki að hafa áhrif á þau og teljast þau því ekki sem hluti nýtingarlandsins. Ekkert er því til fyrirstöðu að þetta land sé innan skilgreinds beitarsvæðis, svo lengi sem hlutfall þess fer ekki yfir þau mörk sem sett eru fram í reglugerðinni. Hins vegar, ef þau eru í hnignuðu (ástand ekki í samræmi við vistgetu) teljast þau til beitarsvæða. Eins eru vötn og árfarvegir ekki talin sem hluti beitarsvæðisins enda eru þetta svæði með enga/litla uppskeru beitarplantna og svæði með miklu reglulegu raski.

Miðað skal við að svæði sem falla í þennan flokk séu kortlögð í mælikvarðanum 1:25.000 – 1:100.000 með minnstu kortlögðu einingar að lágmarki 2 ha fyrir mælikvarðann 1:25.000 og 10 ha fyrir mælikvarðann 1:100.000.

Við skilgreiningu beitarlandsins verður stuðst við beitarlandapekju GróLindar en nýtingarlandið metið með því að skilja frá ofangreind svæði m.v. bestu fánleg gögn á hverjum tíma (sjá t.d. töflu 1). Þar sem fyrirliggjandi gögn eru mörg hver háð töluverðri óvissu er nauðsynlegt að vinna skilgreiningu beitarsvæða í samstarfi við heimafólk og skoða önnur tiltæk gögn eins og t.d. loftmyndir.

**Tafla 1.** Þættir sem eru notaðir þegar beitarland og nýtingarland beitarlandsins er metið.

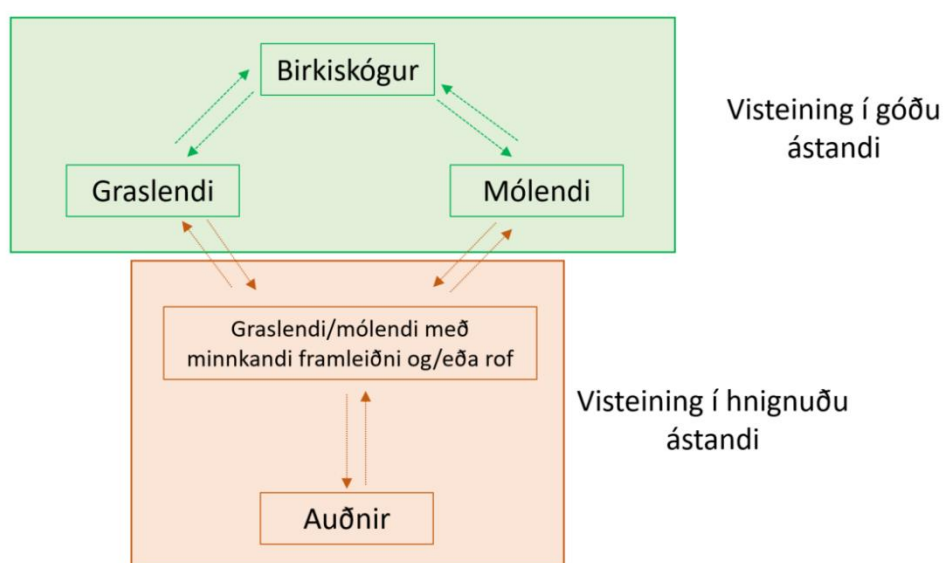
<b>Þáttur</b>	<b>Hvernig metið</b>	<b>Gagnaþekja</b>	<b>Óvissa</b>
Skilgreining beitarlands	Í samstarfi við landnotendur	GróLind	Til staðar
Halli	ArcticDEM	Lgr.	Lítill
Vötn og árfarvegir	IS50V	LMÍ	Lítill
Æðplöntuþekja	Vistgerðir meðaltöl	Vistgerðakort NÍ	Til staðar
Hnignun	Vistgetukort	Lgr. býr til	Til staðar

## B. Skipting í visteiningar og flokkun beitarlands

Nýtingarhluta beitarlandsins er skipt upp í visteiningar og hver visteining innan landsins metin miðað við skilyrðin hér að neðan.

Við frumskiptingu lands upp í visteiningar verður vistgerðaflokkun NÍ notuð en því síðan skipt frekar upp eftir halla og hæð yfir sjó. Það er gert þar sem land í halla bregst öðruvísi við beit en flatlendi og viðbrögð vistkerfa við landnýtingu ráðast m.a. eftir veðurfari sem er breytilegt eftir hæð yfir sjó.

Fyrir hverja visteiningu skal skilgreina viðmiðunarsvæði. Viðmiðunarsvæðið getur verið raunverulegt svæði sem ekki hefur raskast og endurspeglar því besta mögulega ástand visteiningarinnar m.t.t. vistgetu, eða ef slíkt svæði er ekki að finna, huglægt svæði þar sem besta ástandi lands á viðkomandi svæði er lýst, byggt á bestu fánlegum upplýsingum og þekkingu t.d. vistgetukorti. Við skilgreiningu á viðmiðunarsvæðum er mikilvægt að taka tillit til landnýtingar enda hefur landnýting áhrif á framvindu vistkerfa og getur t.d. breytt kjarlendi í graslendi. Í slíkum tilvikum er viðmiðunarsvæðið því graslendi í góðu ástandi en ekki kjarlendi. Ef visteiningin er í verra ástandi en áætlað viðmiðunarsvæði, telst visteiningin í hnignuðu ástandi (mynd 2).



**Mynd 2.** Landnýting getur haft áhrif á tegundasamsetningu og t.d. valdið því að birkiskógar þróast yfir í graslendi eða mólendi. Slíkar breytingar geta talist til eðlilegs ástands visteiningarinnar og ef svo, þá eiga viðmiðunarsvæði að endurspeglja það (grænn kassi). Hnignað land getur einkennst af hliðstæðum gróðursamfélögum og land í góðu ástandi en munurinn liggur í vistgetu.

Miðað skal við að visteiningar séu kortlagðar í mælikvarðanum 1:12.000 - 1:100.000. Miðað er við minnstu kortlögðu einingar að lágmarki 2 ha fyrir 1:12.000 og 10 ha fyrir 1:100.000. Notast skal við bestu mögulegu gögn á hverjum tíma.

### C. Mat á visteiningum

Til að hægt sé að nýta svæði á sjálfbæran hátt til beitar, þarf það að þola beitina þ.e. uppskera beitarplantna þarf að vera næg á svæðinu til að gróður þoli skerðingu og svæðið þarf að þola það rask sem beitarðýrin valda (t.d. traðk). Þeir þættir sem almennt er horft er til þegar meta skal hvort svæði henti til beitar eru hitastig yfir vaxtartímann (endurspeglað í h.y.s.), halli í landi og þekja æðplantna og óvarins jarðvegs. Við mat á því hvort að land henti til beitar, og

beit geti talist sjálfbær, þarf að taka tillit til þessara þátta (FAO, 1988; Mysterud o.fl., 2014). Til að landnýting svæða geti talist sjálfbær þarf landið bæði að henta til beitar og beitarálagið að vera þannig að það leiði ekki til hnignunar landsins.

Við mat á visteiningum er þeim skipt upp í fjóra flokka

1. Beitarland í sjálfbærri nýtingu
2. Beitarland á leið í sjálfbæra nýtingu (landbótaáætlunar krafist)
3. Beitarland í ósjálfbærri nýtingu (landbótaáætlunar krafist)
4. Beitarland í ósjálfbærri nýtingu (land sem hentar ekki til beitar)

### I. Beitarland í sjálfbærri nýtingu

Til að visteiningar innan beitarlands geti talist í sjálfbærri landnýtingu án landbótaráætlunar þurfa þær að uppfylla **öll** eftirfarandi skilyrði um sjálfbærni:

1. Land undir 600 m.h.y.s. eða land í 600 - 700 m.h.y.s. þar sem að gróðurþekja æðplantna er yfir 50%
2. Land þar sem óvarinn jarðvegur er undir 20% af flatarmáli þurrlandisyrfirborðs
3. Land þar sem halli er minni en 20°, eða land í 20° - 30° þar sem þekja æðplantna er yfir 50% (t.d. grasi- eða skógivaxnar hlíðar)
4. Æðplöntuþekja meiri en 20%
5. Land þar sem merki hnignunar eru óveruleg (visteining að öðru leyti í ásættanlegu ástandi miðað við viðmiðunarsvæði)

*Hæð yfir sjávarmáli* hefur áhrif á vaxtartíma plantna og uppskeru. Hiti virðist vera sá þáttur sem er helst takmarkandi fyrir vöxt gróðurs héraendis (Páll Bergþórsson, 1996) en snjóalög, jarðklaki og svell hafa einnig áhrif á grænkun og þar með vaxtartíma plantna. Rannsóknir á úthögum og túnum héraendis benda til þess að vetrar- og vorhiti hafi áhrif á bæði byrjun grænkunar og svo hversu lengi það tekur svæði að grænka. Lægri vetrar- og vorhiti leiðir til þess að jarðvegur er kaldari og öll starfsemi í honum að sama skapi hægari. Rannsóknir hafa einnig sýnt fram á að vetrarhitinn hefur töluverð áhrif á framleiðni sumarið eftir (Guðni Þorvaldsson og Hólmgeir Björnsson, 1990; Páll Bergþórsson, 1966). Staðbundnir þættir á borð við úrkomu, vindátt, halla lands og stefnu lands hafa áhrif á vöxt gróðurs og geta minnkað

vægi hitans á vöxtinn (Hörður V. Haraldsson og Rannveig Ólafsdóttir, 2003). Almennt má þó segja að eftir því sem hærra er komið í landið því lægra er hitastig, samhliða því sem snjóalög aukast ([www.vedur.is](http://www.vedur.is)) og því er vaxtartímabil plantna almennt styttri og framleiðni minni eftir því sem ofar dregur (Ingvi Þorsteinsson, 1972).

Afleiðingin af þessu er að hálend svæði eru viðkvæmari fyrir beitarálagi en láglandssvæði, þar er stutt vaxtartímabil og lítil uppskera (Ingvi Þorsteinsson, 1980b; Sigurður H. Magnússon og Kristín Svavarsdóttir, 2007). Rannsóknir hafa m.a. sýnt fram á að við beitarfriðun eru svæði í yfir 270 m.h.y.s. mun lengur að gróa upp en svæði á láglandi (Sigurður H. Magnússon og Kristín Svavarsdóttir, 2007) og uppskera lands er meiri á láglandi (<400 m.h.y.s) en hálendi (Ingvi Þorsteinsson, 1980b).

Vaxtarmörk gróðurs (þ.e. sá hiti sem þarf til að plöntufrumur fari að vaxa) á Íslandi eru talin vera um 4°C (Sturla Friðriksson og Flosi Hrafn Sigurðsson, 1983) á meðan vaxtarmörk birkis eru um 7°C (Christoph Wöll, 2008). Hins vegar hefst spretta grastegunda ekki að ráði fyrr en meðalsólarhringshiti fer yfir 6°C (Sturla Friðriksson og Flosi Hrafn Sigurðsson, 1983). Þetta samsvarar vel erlendum rannsóknum sem sýna að vöxtur plantna er óverulegur ef meðalhiti dags er undir 5°C og hefur það hitastig orðið viðmiðunargrunnhitastig þegar lengd vaxtartímabils gróðurs er reiknað út (Brinkmann, 1979; Carter, 1998; Skaugen og Tveito, 2004).

Gróðurmörk Íslands hafa verið reiknuð út fyrir svæði utan eldvirka beltisins og eru þau á bilinu 300 - 850 m.h.y.s. hæst á Austfjörðum en lægri á Norðurlandi og Vestfjörðum (Björn Traustason o.fl., 2006). Ljóst er út frá þessum gögnum að gróðurmörk á Íslandi eru mjög breytileg, en hiti virðist vera sá þáttur sem er helst takmarkandi fyrir vöxt gróðurs héraendis (Páll Bergþórsson, 1996). Einnig sýnir ástandsmat GróLindar að þegar komið er yfir 600 m.h.y.s. er land almennt með litla virkni og lítinn stöðuleika (Bryndís Marteinsdóttir o.fl., 2020).

*Í yfir 600 m.h.y.s. liggur því annaðhvort yfir vaxtarmörkum gróðurs eða þar sem að vaxtartímabil plantna er mjög stutt og framleiðni takmörkuð. Þessi svæði hafa því litla uppskeru og þola því ekki beit. Ef að þekja æðplanta er mikil (> 50%) er möguleiki á að nýta svæði í 600-700 m.h.y.s. sem beitarlönd, á þetta einkum við um svæði á landinu þar sem að vaxtarmörk gróðurs ná hátt yfir sjó t.d. á Austfjörðunum.*

Óvarinn jarðvegur vísar til jarðvegsyfirborðs sem ekki er hulið gróðurlagi, sinu, grjóti eða jarðvegsskán (Weltz o.fl., 1998). Hlutfall óvarins jarðvegs og dreifing hans gefur vísbendingu um þol svæða gagnvart vind- eða vatnsrofi enda er óvarinn jarðvegur einn helsti matsþáttur

fyrir stöðugleika svæða (Benkobi o.fl., 1993; Cerdà, 1999; Gutierrez og Hernandez, 1996; Morgan o.fl., 1997; Streeter og Cutler, 2020). Þegar jarðvegur er óvarinn, geta regndropar og vindur auðveldlega rofið yfirborðið (Pellant o.fl., 2005; Zuazo og Pleguezuelo, 2008). Því meira af óvörðum jarðvegi því viðkvæmari er landnýtingareiningin fyrir beit og því líklegri er hún til að verða fyrir áhrifum rofkrafta. Óvarinn jarðvegur endurspeglar einnig rof ef það er til staðar innan svæðis.

Ekki er ljóst hvar er hægt að draga mörk þar sem hlutfall óvarins jarðvegs fer að leiða til virks rofs, en íslenskar rannsóknir benda til þess að þegar að hlutfall óvarins jarðvegs er orðið meira en 35% þá fari, eða séu farin í gang, sjálfviðhaldandi ferli (e. *positive feedback loop*) hnignunar sem leiða til alvarlegs rofs (Jóhann Þórsson, 2008).

Óvarinn jarðvegur er einnig vísibreyta fyrir tap á getu lands (Davenport o.fl., 1998; Dormaar og Willms, 1998) enda er samband á milli óvarins jarðvegar og framleiðni vistkerfa ásamt því að líffræðileg fjölbreytni kann að skerðast (Pimentel og Kounang, 1998). Gerð og virkni jarðvegsrofs segir til um stöðugleika jarðvegs, því alvarlegra sem rofið er því minni er stöðuleiki jarðvegsins. Oftast hefur yfirborðsjarðvegurinn mest af lífrænum efnum og næringarefnum. Tap efsta hluta jarðvegsins hefur því hlutfallslega mikil áhrif á virkni kerfisins (Ólafur Arnalds og Ása L. Aradóttir, 2015; Zuazo og Pleguezuelo, 2008). Jarðvegur er jafnframt mikilvægur kolefnisgeymir og við jarðvegsrof losnar það meðal annars sem koltvísýringur. Jarðvegseyðing er því ein orsaka loftslagsbreytinga (Pimentel og Kounang, 1998).

*Svæði þar sem þekja óvarins jarðvegs er meiri en 20% eru mjög viðkvæm og stöðuleiki er lítill og þau þola því ekki beit.*

Halli hefur áhrif á þanþol (e. *resilience*) vsteiningar gagnvart raski eins og fyrir beit og traðki (UNEP 2016) og er einn af meginþáttum sem stýrir því hversu viðkvæm svæði eru fyrir rofi ásamt jarðvegsgerð og lögun og lengd hlíða (Renard o.fl., 1991). Yfirborðsrennsli vatns er oftast meira í bröttum hlíðum sem leiðir til minna ísigs í jarðveg en á sléttum svæðum. Lægra ísig þýðir að minna vatn er aðgengilegt plöntum sem leiðir til minni uppsöfnunar lífræns efnis í jarðvegi.

Halli og hallaátt hefur líka áhrif á þanþol og snjósöfnun (UNEP, 2016). Víða hefur verið gefin út kvarði fyrir það hversu vel land þolir landnýtingu eftir halla (Quandt o.fl., 2020; State of New South Wales and Office of Environment and Heritage, 2012) og/eða hversu líkleg svæði eru til rofs byggt m.a. á halla ásamt jarðvegsgerð og lögun og lengd hlíða (Renard o.fl., 1991).

Í aðferðafræði LandPKS er miðað við að land í yfir 31° halla (60%) þoli enga beitarnýtingu og land í 17°-31° (30-60%) halla þoli mjög takmarkaða nýtingu (Quandt o.fl., 2020). Í Ástralíu er talið að land í 18°-26° (33 – 50%) halla eigi ekki að nota til beitar nema við bestu mögulegu aðstæður og land í yfir 26° (50%) halla henti ekki til beitarnýtingar (State of New South Wales and Office of Environment and Heritage, 2012).

Á Íslandi er jarðvegur mjög rofgjarn (Ólafur Arnalds, 2020; Ólafur Arnalds og Ása L. Aradóttir, 2015) og lítið um trjágróður og því má áætla að hliðstæð mörk séu jafnvel lægri hérna sökum þess hvað samloðun hans er lítil, eins og skriðuföll undanfarinna missera gætu bent til. Þetta hefur þó lítið verið rannsakað fram til þessa, en með því að bera saman hallalíkan af landinu og rofkortlagningu er þó hægt að nálgast þessi mörk. Þær athuganir sýna að rof eykst almennt mjög þegar halli er orðinn í kringum 20° (sjá viðauka 1).

*Ef halli lands er yfir 30° er svæðið mjög viðkvæmt og þolir því ekki viðvarandi traðk beitardýra. Svæði í 20-30° halla geta mögulega hentað til beitar hafi þau þetta æðplöntuþekju.*

Æðplöntur hafa áhrif á vatnsflæði og vatnsbúskap vistkerfa með upptöku vatns úr jarðvegi og útgufun. Þær draga úr yfirborðsrennsli og hafa einnig áhrif á jarðvegssuppyggingu sem stýrir því hversu lengi vatnið er að síga niður í grunnvatnið (Gaberščik og Murlis, 2011; Ludwig, 1997). Magn æðplantna í vistkerfi hefur auk þess jákvæð áhrif á frumframleiðni (Campioli o.fl., 2008), uppsöfnun sinu og almennt á umsetningu næringarefna, stöðuleika vistkerfa (Ólafur Arnalds o.fl., 2010) og þol þeirra gegn raski (Olga Kolbrún Vilmundardóttir o.fl., 2009; Ólafur Arnalds o.fl., 2010).

Æðplöntur auka því viðnám vistkerfa umfram það sem aðrar plöntur gera. Svæði með litla æðplöntuþekju er einnig með litla þekju beitarplantna, sem hefur áhrif á þol þeirra gagnvart beit. Rannsóknir hérlendis sýna að á svæðum með litla þekju megi oft auka hana með friðun (Sigurður H. Magnússon og Kristín Svavarsdóttir, 2007).

*Til að land henti til beitar þarf að vera næg uppskera beitargróðurs og svæðin þurfa að þola ágang beitardýra. Svæði þar sem æðplöntuþekja er minni en 20% henta því ekki til beitar.*

Hnignað land hefur mun minna þanþol en land í góðu ástandi og er því viðkvæmara fyrir hverskyns áföllum t.d. eldgosum og þurrkum og fyrir því raski sem fylgir beitardýrum. Eitt af einkennum hnignunar, eða tap á getu lands, er jarðvegsrof lands (Davenport o.fl., 1998; Dormaar og Willms, 1998). Jarðvegsrof dregur almennt úr framleiðni og skerðir líffræðilegan fjölbreytileika (Pimentel og Kounang, 1998).

Íslenskur jarðvegur, eða eldfjallajörð (e. *Andoso*), hefur litla samloðun og er þar af leiðandi einkar rofgjörn/viðkvæm fyrir rofi (Ólafur Arnalds og Ása L. Aradóttir, 2015). Rof, jafnvel þó að það sé lítið er merki um hnignað ástand. Gerð og virkni jarðvegsrofs segir til um stöðugleika jarðvegs, en því meira sem rofið er því minni er stöðuleiki jarðvegsins. Oftast er hæst magn lífrænna efna og næringarefna í efstu lögum jarðvegs. Magn þeirra hefur bein áhrif á vatnsleiðni jarðvegsins og er nauðsynlegt fyrir lifun plantna, sérstaklega kímplantna. Því meira sem rofið er, því meira er tap á lífrænum efnum, og þeim mun minni virkni í jarðveginum (Ólafur Arnalds og Ása L. Aradóttir, 2015; Zuazo og Pleguezuelo, 2008). Jarðvegur er mikilvægur kolefnisgeymir og við jarðvegsrof losnar koltvísýringur úr læðingi.

Jarðvegseyðing er því ein af orsökum loftslagsbreytinga (Pimentel og Kounang, 1998) á meðan það eru vísbendingar um að beit á vel grónu landi geti leitt til kolefnisbindingar (Anna Guðrún Þórhallsdóttir, 2021). Á hnignuðu lítt grónu landi getur beit haft töluverð áhrif og sýna innlendar rannsóknir að beit dregur úr hraða framvindunnar og stýrir henni í aðra átt, oft að land verður tegundafátækara en ella (Sigurður H. Magnússon og Kristín Svavarsdóttir, 2007). Jafnvel mjög lítið beitarálag getur haft mikil áhrif (Hreinn Óskarsson og Björn Traustason, 2018). Áhrif beitar virðast hins vegar vera mismunandi m.a. eftir loftslagi og við erfiðari skilyrði eru áhrifin meiri en á láglandi við góð loftlagsskilyrði (Sigurður H. Magnússon, 2020; Sigurður H. Magnússon og Kristín Svavarsdóttir, 2007)

*Ef land er í hnignuðu ástandi m.v. vistgetu þess getur landnýting ekki talist sjálfbær fyrr en landið hefur náð vistgetu sinni. Landið getur hins vegar verið á leið í sjálfbærni ef nýting hamlar ekki eðlilegum framförum.*

Við mat á visteiningum verður stuðst við bestu fánleg gögn á hverjum tíma (sjá t.d. töflu 2). Hægt er að vinna grunnvinnuna út frá fyrirliggjandi gögnum en þar sem þau eru mörg hver háð töluverði óvissu er í upphafi nauðsynlegt að vinna lokamatið í samstarfi við heimafólk.

**Tafla 2.** Þættir sem hægt er að nota til að meta ástand visteininga.

Þáttur	Hvernig metið	Gagnaþekja	Óvissa
Hæð yfir sjó	ArcticDEM	Lgr.	Lítill
Halli	ArcticDEM	Lgr.	Lítill
Óvarin jarðvegur	Vistgerðir meðaltöl	Vistgerðakort NÍ	Til staðar
Æðplöntuþekja	Vistgerðir meðaltöl	Vistgerðakort NÍ	Til staðar
Hnignun	Vistgetukort	Lgr. býr til	Til staðar

Ef visteining er ekki í sjálfbærri nýtingu þarf að skoða það frekar til að sjá hvort hún falli í flokk II og III eða IV hér að neðan. Ef visteiningin fellur í flokk IV þarf ekki að gera landbótaáætlun enda telst landið ekki henta til beitar, óháð ástandi þess og beitarnýting á því getur ekki talist sjálfbær. Ef visteining lendir í flokki II eða III þarf að gera landbótaáætlun. Hnignuð visteining sem nær að uppfylla viðmið um sjálfbærni á 20 árum skv. landbótaráætlun fellur í flokk II en ef að það mun taka lengri tíma að ná viðmiðum um sjálfbærni fellur landið í flokk III. Þannig gæti sama visteiningin fallið í flokk II og III, allt eftir umsvifum landbóta.

Við ákvörðun um nýtingu í landbótaáætlunum skal horfa á þann hluta beitarlandsins sem mögulegt er að nýta á sjálfbæran hátt skv. reglugerð um sjálfbæra landnýtingu þessari og til þess hversu vel það land hentar til beitar. Hafa ber varúðarregluna að leiðarljósi við gerð landbótaáætlana og þegar teknar eru ákvarðanir um landnýtingu.

## **II. Beitarland á leið í sjálfbæra nýtingu (landbótaáætlunar krafist)**

Í þennan flokk falla visteiningar í hnignuðu ástandi sem skv. landbótaáætlun ná að uppfylla viðmið um sjálfbærni, sbr. I, innan 20 ára. Visteiningar sem falla í þennan flokk er hægt að beita svo framarlega sem að þær séu ekki meira en 30% af heildarflatarmáli nýtingarsvæðisins. Beitarnýtingin í þessum flokki telst ekki sjálfbær en flokkast „á leið til sjálfbærni“.

## **III. Beitarland í ósjálfbærri nýtingu (landbótaáætlunar krafist)**

Í þennan flokk falla visteiningar í hnignuðu ástandi sem skv. landbótaáætlun ná ekki að uppfylla viðmið um sjálfbærni, sbr. I, innan 20 ára. Visteiningar sem falla í þennan flokk henta ekki til beitar í núverandi ástandi og beit á þeim telst ósjálfbær.

## **IV. Land í ósjálfbærri nýtingu (land sem hentar ekki til beitar)**

Sumar visteiningar, m.a. vegna legu þeirra í landi, geta aldrei talist til beitarlanda og telst nýting þeirra því aldrei sjálfbær. Þær á því ekki að nýta til beitar. Þetta er:

1. Land í yfir 700 m.h.y.s. og land í 600 - 700 m.h.y.s. þar sem að gróðurþekja æðplantna er undir 50%
2. Land í hnignuðu ástandi sem er í yfir 30° halla og land í 20° - 30° halla með undir 50% þekju æðplantna



3. Land þar sem nýting hefur fyrirsjáanleg neikvæð áhrif á náttúrufar, m.a. sérstakt gróður- eða dýralíf eða neikvæð áhrif á mikilvægar vistkerfabjónustur sbr. vatnsmiðlun og kolefnisbúskap

#### D. Útreikningar á sjálfbærri nýtingu beitarlands

Fyrir hvert beitarland skal reikna út sjálfbærnistuðul sem miðast við visteiningar þess og reiknast með eftirfarandi hætti:

$$\text{Sjálfbærnistuðull} = [(\text{flatarmál lands með sjálfbæra nýtingu}) / (\text{flatarmál nýtingarlands})]$$

Flatarmál lands með sjálfbæra nýtingu er það land sem fellur í flokk I í C-lið hér að ofan. Flatarmál nýtingarlands er reiknað í A lið hér að ofan.

#### E. Vöktun á ástandi beitarlands

Ástand og breytingar á ástandi visteininga sbr. B hluta, skulu metnar á að minnsta kosti 5 ára fresti. Við vöktunina er ýmist hægt að nýta fyrirliggjandi gögn eða safna gögnum sérstaklega í þessum tilgangi. Þegar niðurstöður vöktunar liggja fyrir geta visteiningar færst á milli flokka eftir því hvernig ástand þeirra hefur breyst.

Ef vöktun leiðir í ljós að land hefur færst á milli flokka skv. A og C-lið skal uppfæra mat á beitarlandinu og endurreikna sjálfbærnistuðulinn.

## Heimildir

Andrés Arnalds 1994. Beitarálag og ástand lands. Freyr 90: 421-424.

Anna Guðrún Þórhallsdóttir 1993. Mat á ástandi beitolands. Freyr 89: 776-778.

Anna Guðrún Þórhallsdóttir 2021. Graslendi, kolefni og loftslag - eru tengsl þar á milli? Bændablaðið, 8, bls. 58.

Benkobi, L., Trlica, M. J. og Smith, J. L. 1993. Soil Loss as Affected by Different Combinations of Surface Litter and Rock. *Journal of Environmental Quality* 22: 657-661.

Bestelmeyer, B. T. og Brown, J. R. 2010. An introduction to the special issue on ecological sites. *Rangelands* 32: 3-4.

Björn Traustason, Sigmar Metúsalemsson, Einar Grétarsson, Fanney Ósk Gísladóttir og Ólafur Arnalds 2006. Gróðurmörk á Íslandi utan eldvirka beltisins. Fræðaging landbúnaðarins 3, bls. 295-298.

Borgþór Magnússon, Ásrún Elmarsdóttir og Björn H. Barkarsson 1997. Hrossahagar. Aðferðir til að meta ástand lands. Rannsóknastofnun Landbúnaðarins og Landgræðsla ríkisins.

Brinkmann, W. 1979. Growing season length as an indicator of climatic variations? *Climatic Change* 2: 127-138.

Bryndís Marteinsdóttir, Elín Fjóla Þórarinsdóttir, Jóhann Þórsson, Kristín Svavarsdóttir, Jóhann Helgi Stefánsson, Sigbrúður Jónsdóttir, Guðmundur Halldórsson og Magnús Þór Einarsson 2020. Stöðumat GróLindar á ástandi gróður- og jarðvegsauðlinda Íslands. Aðferðafræði og faglegur bakgrunnur. Rit Landgræðslunnar 3, Landgræðslan.

Campioli, M., Samson, R., Michelsen, A., Jonasson, S., Baxter, R. og Lemeur, R. 2008. Nonvascular contribution to ecosystem NPP in a subarctic heath during early and late growing season. *Plant Ecology* 202: 41-53.

Carter, T. R. 1998. Changes in the thermal growing season in Nordic countries during the past century and prospects for the future. *Agricultural and Food Science* 7: 161-179.

Cerdà, A. 1999. Parent Material and Vegetation Affect Soil Erosion in Eastern Spain. *Soil Science Society of America Journal* 63: 362-368.

Christoph Wöll 2008. *Treeline of mountain birch (Betula pubescens Ehrh.) in Iceland and its relationship to temperature*. Technical University Dresden, Department of Forestry.

Clements, F. E. 1916. *Plant succession: an analysis of the development of vegetation*. Carnegie Institution of Washington.

Committee on Rangeland Classification 1994. *Rangeland Health: New Methods to Classify, Inventory and Monitor Rangelands*. Board of Agriculture, National Research Council, Washington, D.C.

Davenport, T. H., Long, D. W. D. og Beers, M. C. 1998. Successful Knowledge Management Projects. *Sloan management review* 2: 43-57.

Dormaar, J. F. og Willms, W. D. 1998. Effect of Forty-Four Years of Grazing on Fescue Grassland Soils. *Journal of Range Management* 51: 122-126.

Dyksterhuis, E. J. 1949. Condition and management of range land based on quantitative ecology. *Journal of Range Management* 2: 104-115.

Fanney Ósk Gísladóttir, Sigmundur Helgi Brink og Ólafur Arnalds 2014. Nytjaland. Rit LbhÍ nr. 49, Landbúnaðarháskóli Íslands.

FAO 1976. A framework for land evaluation. Soils Bulletin. Rome.

FAO 1988. Guidelines: land evaluation for extensive grazing. Soil Resources, Management and Conservation Service: FAO, Rome, Rome.

Fischer, G., Van Velthuisen, H., Shah, M. og Nachtergaele, F. O. 2002. Global agro-ecological assessment for agriculture in the 21st century: methodology and results.

Gaberščik, A. og Murlis, J. 2011. The role of vegetation in the water cycle. *Ecohydrology & Hydrobiology* 11: 175-181.

Gleason, H. A. 1926. The individualistic concept of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 53: 7-26.

Guðni Þ. Þorvaldsson, Guðrún Lára Sveinsdóttir og Salvör Jónsdóttir 2021. Leiðbeiningar um flokkun landbúnaðarlands með tilliti til hæfni til ræktunar Atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið.

Guðni Þorvaldsson og Hólmgeir Björnsson 1990. The effects of weather on growth, crude protein and digestibility of some grass species in Iceland. *Búvísindi*: 19-36.

Gutierrez, J. og Hernandez, I. I. 1996. Runoff and interrill erosion as affected by grass cover in a semi-arid rangeland of northern Mexico. *Journal of Arid Environments* 34: 287-295.

Herrick, J. E., Beh, A., Barrios, E., Bouvier, I., Coetzee, M., Dent, D., Elias, E., Hengl, T., Karl, J. W. og Liniger, H. 2016. The Land-Potential Knowledge System (LandPKS): mobile apps and collaboration for optimizing climate change investments. *Ecosystem Health and Sustainability* 2: e01209.

Hreinn Óskarsson og Björn Traustason 2018. 100 ára friðun birkiskóga á Þórsmerkursvæðinu, *Hrafnæping 31. október*: Náttúrufræðistofnun Íslands.

Hörður V. Haraldsson og Rannveig Ólafsdóttir 2003. Simulating vegetation cover dynamics with regards to long-term climatic variations in sub-arctic landscapes. *Global and Planetary Change* 38: 313-325.

Ingvi Þorsteinsson 1972. Gróðurvernd. Rit Landverndar 2, Landvernd. Reykjavík.

Ingvi Þorsteinsson 1980a. Beitargildi gróðurlenda. *Journal of Agricultural Research in Iceland (Íslenskar landbúnaðarrannsóknir)* 12: 123-125.

Ingvi Þorsteinsson 1980b. Gróðurskilyrði, gróðurfur, uppskera gróðurlenda og plöntuval búfjár. *Íslenskar landbúnaðarrannsóknir* 12: 85-99.

Jornada Experimental Range - Range Management Research Unit. (2021). What is land potential? Sótt af <https://landpotential.org/knowledge/what-is-land-potential/>.

Jóhann Þórsson 2008. *Desertification of high latitude ecosystems: Conceptual models, time-series analyses and experiments*. Texas A&M University.

Karl, J. W. og Herrick, J. E. 2010. Monitoring and Assessment Based on Ecological Sites. *Rangelands* 32: 60-64.

Ludwig, J., D. Tongway, D. Freudenberger, J. Noble, and K. Hodgkinson. 1997. Landscape ecology, function and management: principles from Australia's rangelands. CSIRO, Canberra.

Morgan, R. P. C., McIntyre, K., Vickers, A. W., Quinton, J. N. og Rickson, R. J. 1997. A rainfall simulation study of soil erosion on rangeland in Swaziland. *Soil Technology* 11: 291-299.

Mysterud, A., Rekdal, Y., Loe, L. E., Angeloff, M., Mobæk, R., Holand, Ø. og Strand, G.-H. 2014. Evaluation of landscape-level grazing capacity for domestic sheep in alpine rangelands. *Rangeland Ecology & Management* 67: 132-144.

Olga Kolbrún Vilmundardóttir, Borgþór Magnússon, Gísladóttir, G. og Sigurður H. Magnússon 2009. Áhrif sandfoks á mólendisgróður við Blöndulón. *Náttúrufræðingurinn* 78: 125–137.

Ólafur Arnalds 2020. Ástand lands og hrun íslenskra vistkerfa. Rit LbhÍ nr. 130, Landbúnaðarháskóli Íslands.

Ólafur Arnalds og Ása L. Aradóttir 2015. Að lesa og lækna landið. Landvernd; Landgræðsla ríkisins; Landbúnaðarháskóli Íslands.

Ólafur Arnalds, Ása L. Aradóttir og Kristín Svavarsdóttir 2010. Gróðurannsóknir vegna hættu á áfoki frá Hálsióni. Rit LbhÍ nr. 27, Landbúnaðarháskóli Íslands.

Ólafur Arnalds, Elín Fjóla Þórarinsdóttir, Sigmar Metúsalemsson, Ásgeir Jónsson, Einar Grétarsson og Arnór Árnason 1997. Jarðvegsrof á Íslandi. Landgræðsla ríkisins og Rannsóknastofnun Landbúnaðarins.

Ólafur Arnalds, Jóhann Þórsson og Elín Fjóla Þórarinsdóttir 2003. Landnýting og vistvæn framleiðsla sauðfjárafurða, Rannsóknastofnun landbúnaðarins, 211. Reykjavík.

Ólafur Arnalds og Steven Archer 2000. *Rangeland Desertification*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Páll Bergþórsson 1966. Hitafar og búsaeld á Íslandi. *Veðrið* 1: 15-20.

Páll Bergþórsson 1996. Hitafar og gróður. *Icelandic Agricultural Sciences* 10: 141-164.

Pellant, M., Shaver, P., Pyke, D. og Herrick, J. 2005. Interpreting indicators of rangeland health, version 4. Tech Ref 1734-6., U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management, National Operations Center, Denver, CO.

Pimentel, D. og Kounang, N. 1998. Ecology of Soil Erosion in Ecosystems. *Ecosystems* 1: 416-426.

Quandt, A., Herrick, J., Peacock, G., Salley, S., Buni, A., Mkalawa, C. og Neff, J. 2020. A standardized land capability classification system for land evaluation using mobile phone technology. *Journal of Soil and Water Conservation* 75: 579-589.

Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A. og Porter, J. P. 1991. RUSLE: Revised universal soil loss equation. *Journal of soil and Water Conservation* 46: 30-33.

Sigurður H. Magnússon 2020. Sauðfjárbreit og gróðurbreytingar á afrétti Hrunamanna. *Bændablaðið*, 9, bls. 38-40.

Sigurður H. Magnússon og Kristín Svavarsdóttir 2007. Áhrif beitarfriðunar á framvindu gróðurs og jarðvegs á lítt grónu landi. *Fjölrit Náttúrufræðistofnunar* 49, Náttúrufræðistofnun Íslands.

Sigþróður Jónsdóttir 2010. Sauðfjárhagar: Landgræðsla ríkisins.

Skaugen, T. E. og Tveito, O. E. 2004. Growing-season and degree-day scenario in Norway for 2021-2050. *Climate research* 26: 221-232.

State of New South Wales and Office of Environment and Heritage 2012. The land and soil capability assessment scheme, second approximation. A general rural land evaluation system for New South Wales

Streeter, R. og Cutler, N. 2020. Assessing spatial patterns of soil erosion in a high-latitude rangeland. *Land Degradation & Development*: 2003-2018.

Sturla Friðriksson og Flosi Hrafn Sigurðsson 1983. Áhrif lofthita á grassprettu. Íslenskar landbúnaðarannsóknir 15: 41-54.

Sustainable Development Indicator Group. (1996). 1.2.1 Ecological Capacity Sótt af [https://www.hq.nasa.gov/iwgsdi/Ecological\\_Capacity.html](https://www.hq.nasa.gov/iwgsdi/Ecological_Capacity.html)

UNEP 2016. Unlocking the Sustainable Potential of Land Resources: Evaluation Systems, Strategies and Tools. A Report of the Working Group on Land and Soils of the International Resource Panel, United Nations Publications.

United Nations Conference on Environment and Development 1992. The Earth Summit London.

USDA, S. 1973. Land capability classification. Agriculture Handbook No. 210.

Weltz, M. A., Kidwell, M. R. og Fox, H. D. 1998. Influence of abiotic and biotic factors in measuring and modeling soil erosion on rangelands: State of knowledge. Journal of Range Management 51: 482-495.

Westoby, M. 1979. Elements of a theory of vegetation dynamics in arid rangelands. Israel Journal of Plant Sciences 28: 169-194.

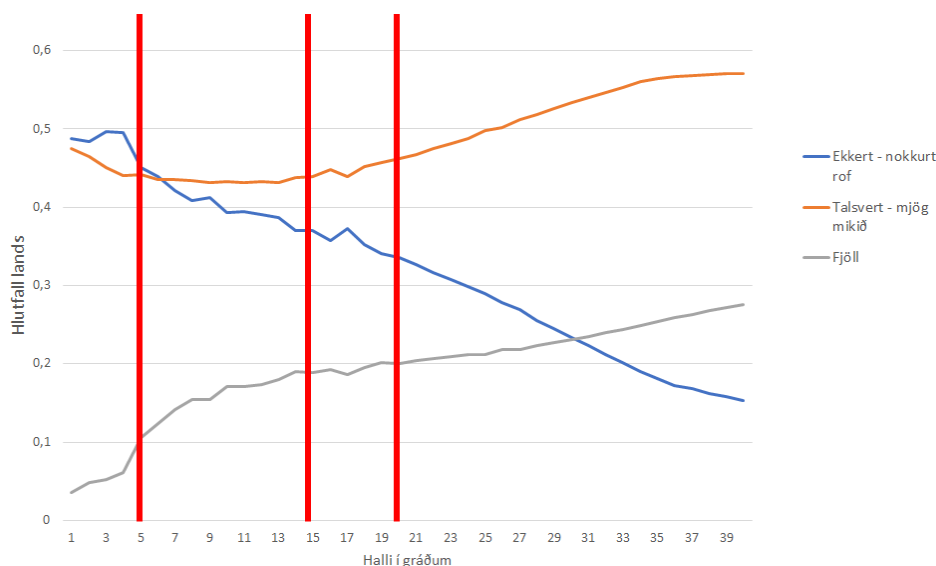
Westoby, M., Walker, B. og Noy-Meir, I. 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. Journal of Range Management 42: 266-274.

Zuazo, V. H. D. og Pleguezuelo, C. R. R. 2008. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review. Agronomy for Sustainable Development 28: 65-86.

Þorsteinn Guðmundsson 1990. Flokkun lands eftir framleiðslugetu. Icelandic Agricultural Sciences: 13-20.

## Viðauki 1

Samband á milli rofs í landi m.v. rofkortlagningu RALA og Lgr. (Ólafur Arnalds o.fl., 1997) og hallalíkani af Íslandi (unnið af Lgr.) var notað til að meta áhrif landhalla á jarðvegsrofs. Þar var skoðað hversu stórt hlutfall svæða á hverju hallabili væri með talsvert til mjög mikið rof.



**Mynd 1.1.** Hlutfall lands á ákveðnu hallabili með talsvert til mjög mikið rof (Appelsínugula lína), ekkert til nokkuð rof (bláa línan) og flokkað sem fjöll (gráa línan). Rauðu línurnar sína 5, 15 og 20° mörkin.

Niðurstöðurnar benda til þess að hlutfall lands með ekkert til nokkuð rof (bláa línan) haldist stöðugt að u.þ.b. 5 ° en minnkar svo línulega eftir því sem hallinn eykst. Fram að 15° halla er rofið frekar stöðugt en fer svo að aukast, rétt undir 20° halla eykst rofið svo til muna (meiri halli) (mynd 1.1.).

## Viðauki 2

Tafla 2.1 Flokkun vistgerða eftir þekju æðplantna og þekju óvarins jarðvegs.

Nr. vistgerðar	Vistgerð	Þekja æðplantna	Óvarið
L9.4	Snarrótavist	85,9	0,1
L7.6	Gulstararfitjavist	82,9	2,9
L7.5	Sjávarfitjungsvist	82,5	4
L7.7	Sjávarkletta- og eyjavist	78,7	0,6
L11.3	Blómskógavist	77,2	0,4
L10.10	Víðikjarrvist	76,3	2,5
L10.6	Fjalldrapamóavist	74,9	3,7
L11.2	Lyngskógavist	74,8	0,2
L9.5	Grasengjavist	74,5	2,3
L9.6	Língresis- og vingulsvist	74,4	1,8
L8.12	Starungsflóavist	73,3	2,2
L10.4	Grasmóavist	72,3	4,9
L8.11	Brokflóavist	72,2	3,9
L8.9	Starungsmýravist	71,9	1,2
L9.2	Finnungsvist	71,9	0,6
L8.14	Gulstararflóavist	70,7	7,1
L9.3	Bugðupuntsvist	69,6	0
L8.13	Tjarnastararflóavist	69,5	4,2
L8.6	Runnamýravist	68,6	2
L9.7	Blómgresisvist	68,1	1,2
L10.2	Flagmóavist	65,8	20,1
L10.8	Lyngmóavist	64,0	3,3

Nr. vistgerðar	Vistgerð	Þekja æðplantna	Óvarið
L8.5	Runnamýravist	63,8	1,8
L9.1	Stinnastaravist	63,8	0
L11.1	Kjarrskógavist	63,6	8,3
L8.4	Hrossanálarvist	62,2	5,8
L8.7	Rimamýravist	53,4	6,4
L7.4	Grashólavist	50,2	17,3
L10.9	Víðimóavist	50,0	11,5
L10.3	Starmóavist	42,7	6,1
L10.7	Lyngmóavist á hálendi	41,7	13
L8.8	Rústamýravist	40,0	4,7
L6.4	Lynghraunavist	39,9	7,1
L8.10	Hengistararflóavist	37,3	2,4
L8.2	Rekjuvist	35,7	6,3
L10.5	Fléttumóavist	33,4	4,5
L10.1	Mosamóavist	26,4	2,1
L5.3	Hraungambravist	25,9	5,1
L2.1	Moldavist	31,5	62,8
L8.3	Sandmýravist	24,8	31,4
L7.1	Sandstrandarvist	24,7	73,5
L4.2	Auravist	19,8	28,7
L1.6	Landmelhólavist	19,4	72,2
L5.1	Hélu mosavist	15,4	29,3
L8.1	Dýjavist	14,3	1,2
L5.2	Melagambravist	12,8	18,7
L7.3	Strandmelhólavist	12,2	86,7



<b>Nr. vistgerðar</b>	Vistgerð	Þekja æðplantna	Óvarið
L1.3	Mosamelavist	11,2	28
L7.2	Malarstrandarvist	10,8	19,9
L6.2	Fléttuhraunavist	10,2	1,7
L1.4	Víðimelavist	8,9	58,7
L3.2	Grasvíðiskriðuvist	8,9	45,4
L1.2	Grasmelavist	6,6	84,5
L6.3	Mosahraunavist	6,0	2,1
L6.1	Eyðihraunavist	5,0	48,2
L3.3	Ljónslappaskriðuvist	3,8	47,6
L1.1	Eyðimelavist	2,9	80,9
L4.1	Eyravist	1,5	93,1
L1.5	Sanda- og vikravist	1,3	80
L3.1	Urðarskriðuvist	0,0	21,7