

Áhrif áfoks og gjósku á kolefnisferla í röskuðum mýrum

Lokaskýrsla

Susanne Claudia Möckel^{1,2}, Egill Erlendsson², Róbert Ívar Arnarsson²

¹Deild Náttúru og Skógar, Landbúnaðarháskóla Íslands

²Líf- og Umhverfisstofa Háskóla Íslands

31. Mars 2025

Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirra stofnana eða fyrirtækja sem höfundar starfa hjá.

Staða verkefnis

Árið 2022 hlaut þessi rannsóknin sem fékk styrk frá Vegagerðinni 2024 verkefnisstyrk frá Rannsóknasjóði Rannís til þriggja ára, en vinna við verkefnið hófst með jarðvegssýnatöku sumarið 2022. Rannsóknin var því þegar vel farin af stað 2024. Sótt var um fjármagn til að bæta við mikilvægum greiningum sem ekki var gert ráð fyrir í upprunalegri verkefnislýsingu, og til að geta boðið upp á áframhaldandi þátttöku og þjálfun nemenda í verkefninu.

Verkefnið skiptist í tvo vinnupakka, en eftirfarandi verður gerð grein fyrir öllum verkþáttum hvers vinnupakka. Sótt var um fjármagn vegna

(i) hluta verkþátta 4 í vinnupakka 1

(ii) hluta verkþátta 2 í vinnupakka 2

(iii) ferðakostnaðs og ráðstefnukostnaðs til að gera Róberti Í. Arnarssyni meistarana kleift að sækja alþjóðlega vísindaráðstefnu á vegum European Society for Ecological Restoration (SERE24) í Tartu í Eistlandi.

Gert verður sérstaklega grein fyrir stöðu á þeim verkþáttum sem voru styrkt af Vegagerðinni, en þeir eru sérmerktir og textinn skáletraður.

Vinnupakki 1: Jarðvegssýnum úr sex mýrum var safnað sumarið 2022 en mýrarnar eru ólíkar hvor öðrum hvað varðar loftslag og áhrif áfoks. Sýnin ná yfir að minnsta kosti s.l. 5000 ár. Á þeim sýnum voru framkvæmdar ýmsar mælingar til að draga upp mynd af kolefnisuppsöfnun og varðveislu kolefnis í mýrum og áhrifaþáttum þar á. Þar má t.d. nefna mælingar á heildarmagni lífræns kolefnis (C) og köfnunarefnis (N) (Soil Survey Staff, 2014); sem skýringaþættir kolefnisuppsöfnunar voru niðurbrotsbreytur C/N hlutfall, og stöðugar samsætur $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ greindar (Alewell o.fl., 2011; Drollinger o.fl., 2019; Krüger o.fl., 2014), sem og breytingar á jarðefnafræði sniðanna með Itrax XRF skönnun (Löwemark o.fl., 2019; SU, 2018). Einnig var efnasamsetning kolefnis ákvörðuð sem hefur mikil áhrif á viðkvæmni þess gegn niðurbroti (Leifeld o.fl., 2012; Möckel o.fl., 2021). Þá eru breytingar á hlutfalli lífræns efnis/lífræns kolefnis í jarðvegi reiknaðar, sem gefur vísbendingu um gróðurfarsbreytingar (Klingenuß o.fl., 2014). Breytingar á rúmþyngd jarðvegs í tíma sem einkenni niðurbrots og rasks í formi ólífræna áfoksefna voru einnig ákvörðuðar (Liu o.fl., 2019). Að lokum voru svokölluð eldfjallaeinkenni jarðvegs greind, en steindir í jarðvegi á eldvirkum svæðum geta stuðlað að stöðugleika kolefnis (Möckel, 2022; Takahashi & Dahlgren, 2016). Þessar mælingar eru svo felldar inn í aldurs-dýptar líkön sem eru byggð upp á grundvelli varðveittra gjóskulaga í jarðlögum (t.d. Lowe, 2011) og á ^{14}C aldursgreiningum. Þannig má draga upp feril af hraða kolefnisuppsöfnunar og undir breytilegum áhrifum ytri umhverfisþátta.

Verkþættir vinnupakka 1 og staðan á þeim eru eftirfarandi

Verkþáttur 1: Söfnun jarðvegskjarna í júní, ágúst og september 2022. Teknir voru jarðvegskjarnar og magnsýni úr sex mýrum meðfram sniði frá Skaga í Austur Húnavatnssýlu, um Svínadal og Auðkúluheiði, að Arnarvatnsheiði.

Verkþáttur 2: Efnafraðileg greining á gjóskulögum í kjörnunum til að byggja aldurs-dýptar líkön fyrir kjarnana í örgreini Jarðvísindastofnunar í mars 2023. Að auki fór fóru 2024 fram ^{14}C aldursgreiningar til þess að bæta nákvæmni aldurs-dýptar líkana. Niðurstöðurnar liggja fyrir, en uppsetning á aldurs-dýptar líkönum stendur yfir.

Verkþáttur 3: Greining á jarðefnafræði sniðanna með XRF skönnun var framkvæmd í samstarfi við Sænska landbúnaðarháskólann haustið 2022. Greiningarnar voru framkvæmdar með Itrax XRF skanna við Háskólann í Stokkhólmi.

- **Verkþáttur 4:** Greining á dýptarþróun rúmpýngdar, heildarmagns lífræns innihalds, innihaldi C og N og stöðugra samsætna $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$ í öllum kjörnum í 1 cm upplausn.

Sótt var um fjármagn til Vegagerðarinnar til greiningar á innihaldi C og N og stöðugra samsætna $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$ fyrir hálendismýrar, samtals á 500 sýnum. Greiningarnar fóru fram við Cornell Isotope Laboratory í BNA, og niðurstöðurnar liggja fyrir. Gagnaúrvinnsla stendur yfir. Einnig liggja niðurstöður á innihaldi C og N og stöðugra samsætna $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$ allra láglendismýra fyrir.

Verkþáttur 5: Greining á dýptarþróun efnasamsetningar kolefnis með ^{13}C NMR litrófsgreiningu við háskólann í Umeå í Svíþjóð. Allar niðurstöður á efnasamsetingu kolefnis í jarðvegi liggja fyrir.

Verkþáttur 6: Greining á eldfjallaeinkennum jarðvegs og dýptarþróun þeirra. Niðurstöður fyrir láglendismýrarnar lágu fyrir við þessa styrksúmsókn. Eldfjallaeinkenni jarðvegs í hálendismýrum voru greind 2024.

Verkþáttur 7: Greinaskrif. Áætlað er að birta tvær ritrýndar greinar í alþjóðlegum vísindaritum byggt á gögnum úr vinnupakka 1. Einnig verða gögn úr vinnupakka 1 ásamt gögnum úr vinnupakka 2 undirstaða samantektargreinar í innlendu vísindatímariti. Greinaskrif standa yfir.

Vinnupakki 2: Sumarið 2023 fóru fram greiningar á gróðurfari mýranna og mælingar á CO_2 losun jarðvegs á vettvangi. CO_2 losunarmælingar fóru fram þrisvar yfir sumarið í hverri mýri (júní, júlí og ágúst), en samhliða því var jarðvegshitastig mælt. Í júní og ágúst voru vatnssýni úr mýrunum söfnuð, en tekin voru (i) jarðvegsvatnssýni (ii) vatnssýni úr framræsluskurðum og (iii) vatnssýni úr lækjum og tjörnum í mýrunum. Sýrustig (pH) og oxunar/afoxunarspenna (Eh) var mæld á vettvangi, en sýni til greiningar á uppleystu kolefni og heildarkolefni í vatni, sem og uppleystu köfnunarefni og heildarköfnunarefni í vatni voru fryst fyrir greiningar með IPC-MS hjá Hafrannsóknastofnun. Sýni til greiningar á járntegundum Fe^{2+} og Fe^{3+} voru einnig söfnuð og fryst, en það er þekkt að víxlverkanir milli járns- og kolefnishringrásar eru mikilvægar fyrir stöðugleika kolefnis (Knorr, 2013; Vaughan o.fl., 2009). Að lokum voru jarðvegssýni söfnuð úr rótarsvæði mýranna (efstu 30 cm jarðvegs; Iversen o.fl., 2015) til ákvörðunar á lífænu innihaldi og rúmpýngd í virka yfirborðslagi jarðvegs. Tekin voru sýni úr 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm og 20-30 cm jarðvegs á þrem stöðum í hverri mýri. Upplýsingum á CO_2 losun jarðvegs, innihaldi kolefnis og köfnunarefnis í jarðvegsvatni, samhliða greiningum á járntegundum Fe^{2+} og Fe^{3+} , pH og Eh í vatni mýranna, er ætlað að gefa góða mynd af stöðugleika kolefnis í mismunandi mýrum og áhrifabáttum þar á.

Verkþættir vinnupakka 2 eru eftirfarandi:

Verkþáttur 1: Greiningar á gróðurfari mýranna og mælingar á CO_2 losun jarðvegs á vettvangi sumarið 2023. Söfnun vatnssýna og greiningar á pH og Eh á vettvangi.

- **Verkpáttur 2:** Greiningar á uppleystu og heildarkolefni í vatni, sem og uppleystu og heildarköfnunarefni í vatni með IPC-MS hjá Hafrannsóknastofnun. Niðurstöður fyrir vatnssýni tekin í júní lágu fyrir við styrksúmsókn 2024. Sótt var um fjármagn til Vegagerðarinnar til greiningar á uppleystu og heildarkolefni, sem og uppleystu og heildarköfnunarefni í vatnssýnum frá ágúst 2023, samtals 112 sýni. Greiningarnar fóru fram 2024 og niðurstöðurnar liggja fyrir. Gagnaúrvinnsla stendur yfir.

Verkpáttur 3: Greiningar á járntegundum Fe^{2+} og Fe^{3+} í vatni með lifrófsljósmæli (Viollier o.fl., 2000) á efnarannsóknarstofu landfræðinnar við HÍ.

Verkpáttur 4: Greinaskrif. Áætlað er að birta eina ritrýnda grein í alþjóðlegu vísindatímariti. Einnig verða gögn úr vinnupakka 2 undirstaða samantekargreinar í innlendu vísindatímariti, ásamt gögnum úr vinnupakka 1. Greinaskrif standa yfir.

Sundurliðuð tímaáætlun eins og hún var sett fram í styrksúmsókn 2024 fylgir í töflu 1, en Gantt rit í töflu 2 sýnir uppfærða tímaáætlun.

Tafla 1: Gantt rit sem sýnir tímaætlun verkefnisins 2021.

	2022				2023				2024				2025				2026
	Jan-Mar	Apr-Jún	Júl-Sept	Okt-Des	Jan-Mar	Apr-Jún	Júl-Sept	Okt-Des	Jan-Mar	Apr-Jún	Júl-Sept	Okt-Des	Jan-Mar	Apr-Jún	Júl-Sept	Okt-Des	Jan-Mar
Vettvangsvinna og vinna á rannsóknarstofu																	
Niðurstöður																	
Þáttaskil																	
Vinnupakki 1																	
Verkpáttur 1: Söfnun jarðvegssýna á vettvangi																	
Verkpáttur 2: Greining gjóskulaga, ^{14}C aldusgreiningar, hönnun aldurs-dýptar líkana																	
Verkpáttur 3: Greining á jarðefnafræði sniðanna með XRF skönnun																	
*Verkpáttur 4: Greining á rúmþyngd, lífrænu innihali, C, N, $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$																	
Verkpáttur 5: Greining á efnasamsetningu kolefnis með ^{13}C NMR																	
Verkpáttur 6: Greining á eldfjallaeinkennum jarðvegs																	
Verkpáttur 7: Úrvinnsla gagna og greinaskrif																	
Grein send til birtingar																	
Vinnupakki 2																	
Verkpáttur 1: Gróðurgreiningar, CO_2 mælingar, söfnun vatns- og jarðvegssýna																	
**Verkpáttur 2: Uppleyst og heildarkolefni, uppleyst og heildarköfnunarefni í vatni																	
Verkpáttur 3: Greiningar á járntegundum Fe^{2+} og Fe^{3+} í vatni																	
Verkpáttur 7: Úrvinnsla gagna og greinaskrif																	
Grein send til birtingar																	
Samantektargrein send til birtingar																	
Útskrift BS nema																	
Útskrift MS nema																	
***Ráðstefnur																	

Eftirfarandi verður gerð grein fyrir breytingum á tímaætlun og ástæðum fyrir þeim:

Vinnupakki 1:

Verkpáttur 2: Við fengum niðurstöðurnar fyrir ^{14}C aldusgreiningum sem gerðar voru við ETH í Swiss aðeins seinna á gert var ráð fyrir. Því stendur uppsetning á aldurs-dýptarlíkönunum enn yfir.

Verkpáttur 4: Þessi verkpáttur fékk styrk frá Vegagerðinni. Við fengum niðurstöðurnar á C, N, $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$ í byrjun árs 2025 í stað fyrir sumar 2024 eins og gert var ráð fyrir.

Verkpáttur 7: Vegna þess að sumar niðurstöður bárust okkur seinna en áætlað var töfðust greinaskrif. Einnig hóf Susanne C. Möckel störf sem Lektor við Landbúnaðarháskóla haustið 2024 og hefur því minni tíma til að sinna verkefninu. Þó var ráðin Theresa Bonatutzky sem nýdoktor í verkefnið í stað Susanne og erum við því vongóð að verkefninu muni vinda vel fram á næstu mánuðum.

Vinnupakki 2:

Verkpáttur 7: Greinaskrif gátu ekki farið fram sem áætlað var vegna þess að Susanne C. Möckel hóf störf sem Lektor við Landbúnaðarháskóla haustið 2024 og hefur því minni tíma til að sinna verkefninu. Þó var ráðin Theresa Bonatutzky sem nýdoktor í verkefnið í stað Susanne og erum við því vongóð að verkefninu muni vinda vel fram á næstu mánuðum.

Tafla 2: Gantt rit sem sýnir breytta tímaætlun verkefnisins. Susanne C. Möckel og Róbert Ívar Arnarsson tóku þátt í eftirfarandi ráðstefnu þar sem rannsóknin var kynnt: SERE24 ráðstefnu í Tartu, Eistlandi, 26.-30. ágúst 2024.

	2022					2023					2024					2025					2026				
	Jan-Mar	Apr-Jún	Júl-Sept	Okt-Dec		Jan-Mar	Apr-Jún	Júl-Sept	Okt-Dec		Jan-Mar	Apr-Jún	Júl-Sept	Okt-Dec		Jan-Mar	Apr-Jún	Júl-Sept	Okt-Dec		Jan-Mar	Apr-Jún	Júl-Sept	Okt-Dec	
Vettvangsvinna og vinna á rannsóknarstofu																									
Niðurstöður																									
Þáttaskil																									
Vinnupakki 1																									
Verkpáttur 1: Söfnun jarðvegssýna á vettvangi																									
Verkpáttur 2: Greining gjóskulaga, ¹⁴ C aldusgreiningar, hönnun aldurs-dýptar líkana																									
Verkpáttur 3: Greining á á jarðefnafræði sniðanna með XRF skönnun																									
*Verkpáttur 4: Greining á rúmþyngd, lífrænu innihali, C, N, δ ¹³ C og δ ¹⁵ N																									
Verkpáttur 5: Greining á efнасamsetningu kolefnis með ¹³ C NMR																									
Verkpáttur 6: Greining á eldfjallaekennum jarðvegs																									
Verkpáttur 7: Úrvinnsla gagna og greinaskrif																									
Grein send til birtingar																									
Vinnupakki 2																									
Verkpáttur 1: Gróðurgreiningar, CO ₂ mælingar, söfnun vatns- og jarðvegssýna																									
**Verkpáttur 2: Uppleyst og heildarkolefni, uppleyst og heildarköfnunarefni í vatni																									
Verkpáttur 3: Greiningar á járntegundum Fe ²⁺ og Fe ³⁺ í vatni																									
Verkpáttur 7: Úrvinnsla gagna og greinaskrif																									
Grein send til birtingar																									
Samantektargrein send til birtingar																									
Útskrift BS nema																									
Útskrift MS nema																									
***Ráðstefnur																									

Birtingar og kynningar á árinu

Eftirfarandi grein úr verkenfninu birtist árið 2024:

Möckel, S. C., Erlendsson, E., & Gísladóttir, G. (2024). Depth trends of δ¹³C and δ¹⁵N values in peatlands in aeolian environments of Iceland. *Wetlands*, 44(4), 42. <https://doi.org/10.1007/s13157-024-01796-6>

Verkefnið var kynnt á eftirfarandi málstofum og fundum árið 2024:

Susanne Claudia Möckel, Hlynur Óskarsson, Kayla Brianne Streeper, Friederike Dima Danneil (2024) Linking ReWet carbon chemistry data to other ongoing projects (WP6). Erindi á árlegri málstofu ReWet verkefni 25.-26. nóvember 2024 (sjá <https://rewet.is/>).

Susanne Claudia Möckel, Egill Erlendsson, Guðrún Gísladóttir (2024). Suitability of δ¹³C and δ¹⁵N values to reconstruct the environmental history of peatlands in aeolian environments. Erindi á SERE2024 ráðstefna, Tartu, Eistlandi, 26.-30.ágúst 2024.

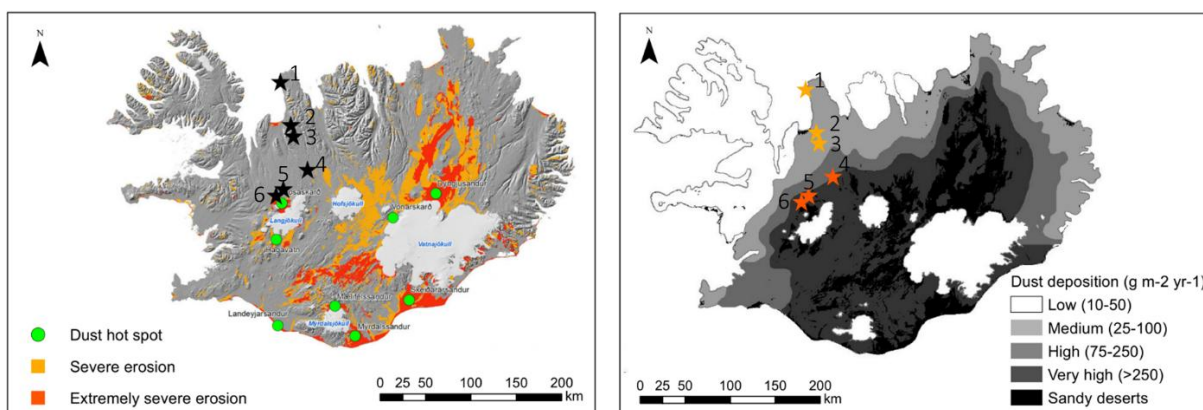
Róbert Ívar Arnarsson, Susanne Claudia Möckel, Snædís Huld Björnsdóttir, Elva Björk Benediksdóttir, Egill Erlendsson (2024). The functional diversity of microbial communities in Icelandic agricultural land and its relevance for carbon dynamics. Erindi á SERE ráðstefnu, Tartu, Estonia 26.-30.ágúst 2024.

Susanne Claudia Möckel (2024). From the coast to the highlands – a story of peatlands and soil. Erindi á Vísindadegi Lbhí, 15.maí 2024.

Samantekt á niðurstöðum úr verkþáttum sem fengu styrk frá Vegagerðinni 2024

Sýnatökustaðir

Staðsetning sex sýnatökustaða okkar er sýnd á kortum í mynd 1. Þar má einnig sjá áhrif vindborinna efna í mýrunum. Sýnatökustaðir 1-3 eru framræstar mýrar í byggð – 1 er mýrin Sviðningar nyrst á Skaga og innan við 1 km frá sjó, 2 er Hafratjarnarmýri á láglandi í Svínadal, 3 er mýri við Snæringssstaði í Svínadal nær hálendisbrún. Staðir 4-6 eru óframræstar mýrar á hálendi. Númer 4 er mýri við Áfangafell á Auðkúluheiði, 5 er mýri við Réttarvatn á Arnarvatnsheiði, 6 er mýri í Álftakróki á Arnarvatnsheiði. Sjá má að sýnatökustaðirnir mynda snið hvað varðar áfok, loftslag og hæð yfir sjávarmáli. Hæð yfir sjávarmáli og áfok eykst til suðurs með aukinni nálægð við hálendið og virku gosbeltin, en loftslagið er almennt mildara á láglandi og nær sjó en á hálendisstöðunum.



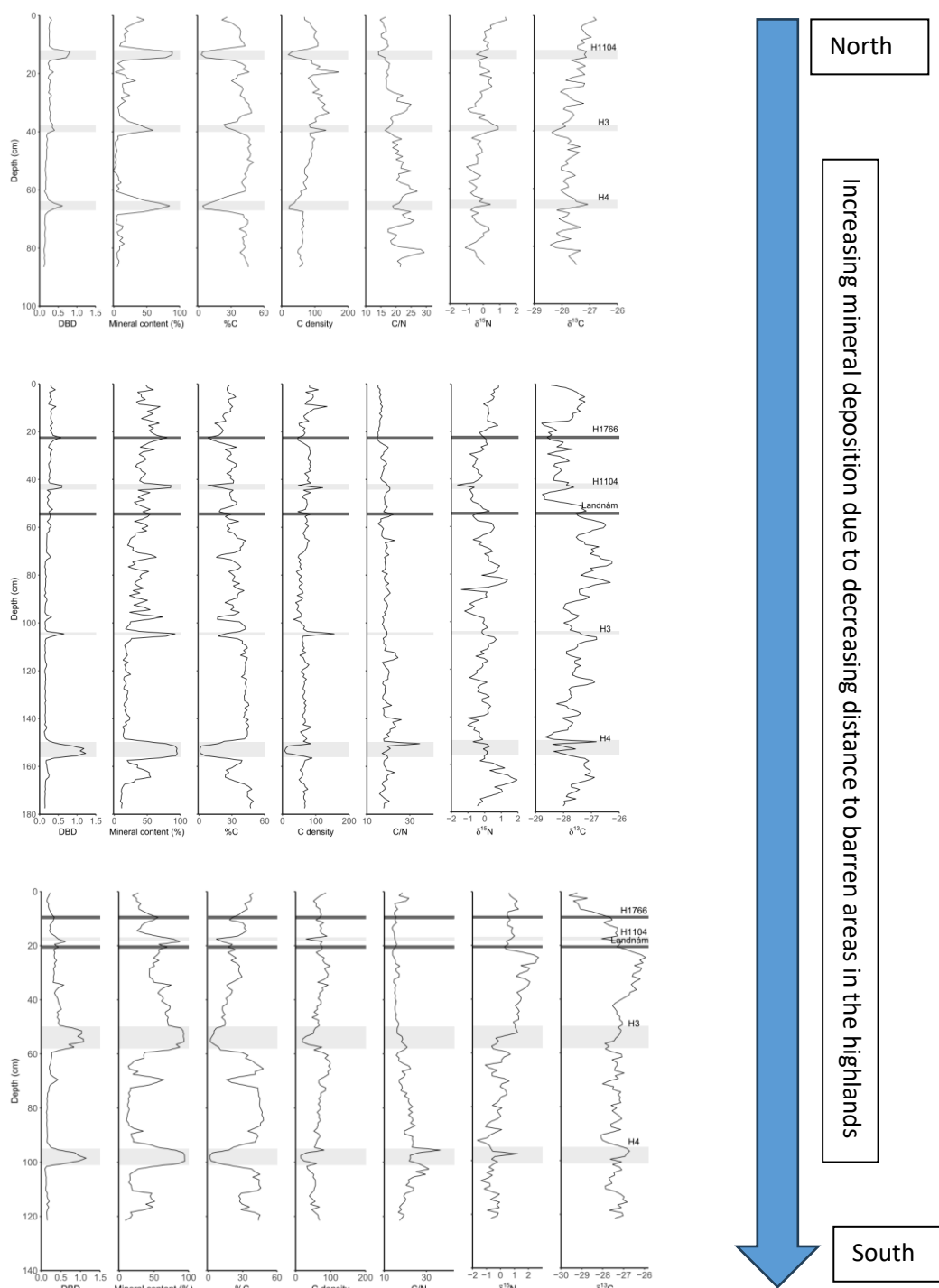
Mynd 1: Kortin sýna staðsetningu sýnatökustaða okkar. 1= Sviðningar, 2 = Hafratjarnarmýri, 3 = mýri við Snæringssstaði, 4 = mýri við Áfangafell á Auðkúluheiði, 5 = mýri við Réttarvatn á Arnarvatnsheiði, 6 = mýri við Álftakrók á Arnarvatnsheiði. Áhrif vindborinna efna á sýnatökustöðunum eru einnig sýnd, en kortin eru fengin úr Arnalds o.fl. (2016).

Dýptarþróun rúmþyngdar, ólífrænna efna, C og N og $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$

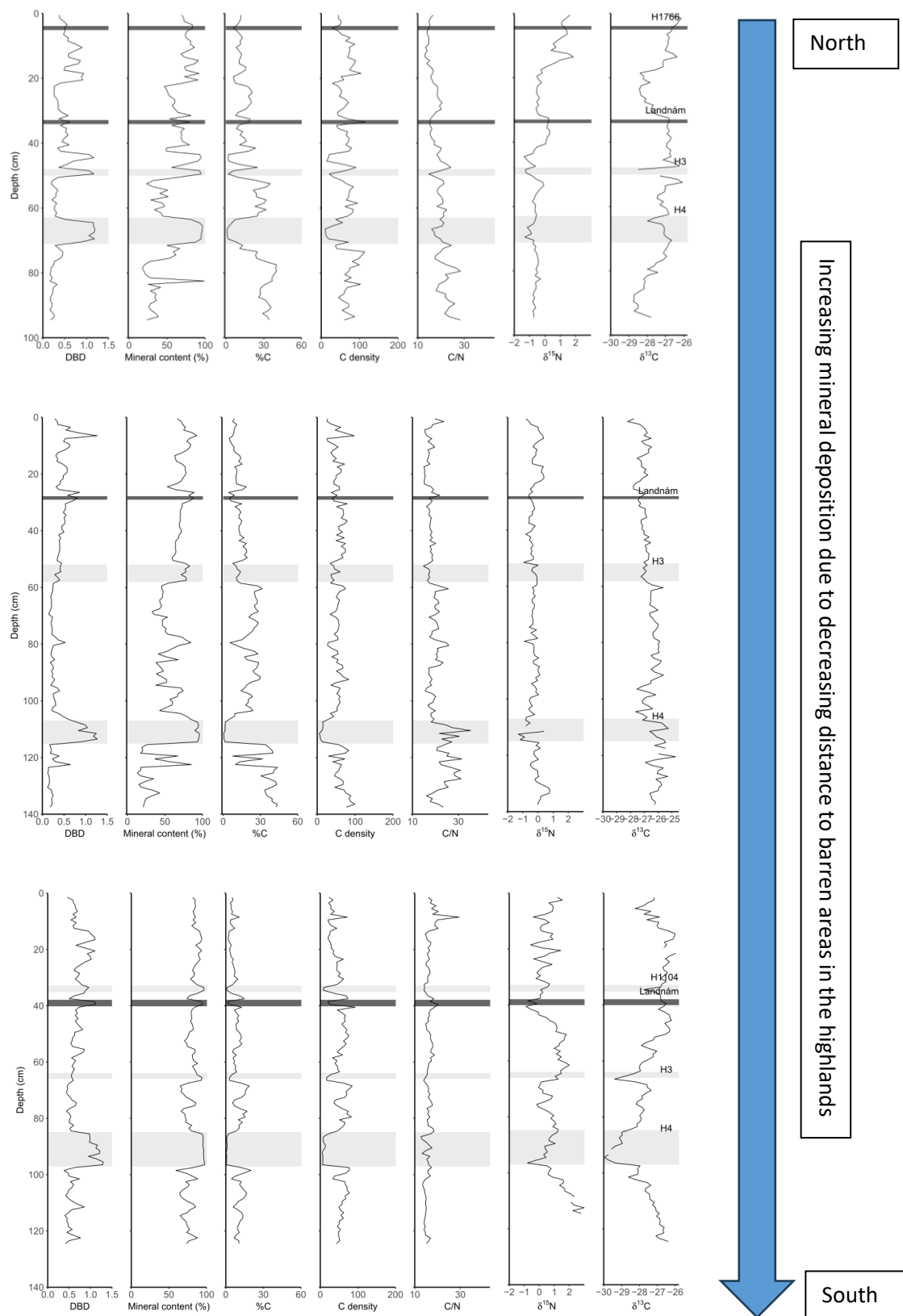
Athugið að úrvinnsla og túlkun gagna stendur enn yfir, og því eru hér einungis settar fram niðurstöður og túlkun með fyrirvara á breytingum og dýpkun umræðunnar. Uppsetning á aldurs-dýptar líkönum sem byggjast á gjóskulögum og ^{14}C geislakolsgreiningum er t.d. enn í vinnslu. Þegar aldurs-dýptar líkönin liggja fyrir verður hægt að fella hinar breytur í þær og reikna jafnfram kolefnisuppsöfnun og breytingar á kolefnisuppsöfnun í gegnum tíma og í kringum gjóskulög. Einnig verður þá hægt að varpa frekari ljósi á áhrif gjóskulaga á jarðvegsþróun í mýrum.

Mynd 2 sýnir dýptarþróun á rúmþyngd (DBD, g cm^{-3}), steinefnum (mineral content), C (%), N (%), kolefnispéttleika (C density (kg m^{-3})) og $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$ í framræstum láglandismýrum. Efst er mýrin Sviðningar (SVID) nyrst á Skaga, í miðju Hafratjarnarmýri (HAFM) í Svínadal sunnan við Blönduós og neðst Snæringssstaðir (SNAE) í Svínadal nær hálendisbrún. Mynd 3 sýnir dýptarþróun á sömu breytum í óframræstum hálendismýrum. Efst er mýri við Áfangafell (AF) á Auðkúluheiði, í miðju mýri við Réttarvatn (RETT) á Arnarvatnsheiði, neðst mýri í Álftakróki (AK) á Arnarvatnsheiði. Gjóskulög sem notuð eru fyrir aldurs-dýptar líkөн jarðvegssniða eru einnig sýnd: H1766 = Hekla gjóska úr gosi 1766 e.Kr., H1104 = Hekla gjóska úr gosi 1104 e. Kr., Landnám = Vatnaöldur gjóska úr gosi 877 e.kr., H3 = Hekla gjóska úr gosi um 3,06 ka BP (= 3,06 þúsund ár fyrir 1950 e.kr.), H4 = Hekla gjóska úr gosi um 4,25 ka BP. Myndir 2 og 3 sýna vel að mýrarnar fjær hálendinu eru að jafnaði með hærra innihald kolefnis. Þó minnkar innihald kolefnis í efri lögum jarðvegs að meðaltali í öllum mýrum á sama tíma og innihald steinefna eykst. Það gefur vísbendingu um aukinn óstöðugleika yfirborðs lands eða stærri

útbreiðslu lítt gróinna svæða. Áberandi er að hálendismýrarnar eru þó nokkuð lífrænar í neðstu lögum jarðvegs og þá sérstaklega fyrir neðan gjóskulagið H4, en innihald kolefnis minnkar í þrepum eftir stór eldgos á borð við H4 og H3. Láglandismýrarnar sýna að jafnaði meira þol gagnvart umhverfisáhrifum á borð við eldgos, þó að kolefnisinnihald minnkar í jarðvegslögum fyrir ofan H3 á stöðum nær hálendisbrún.



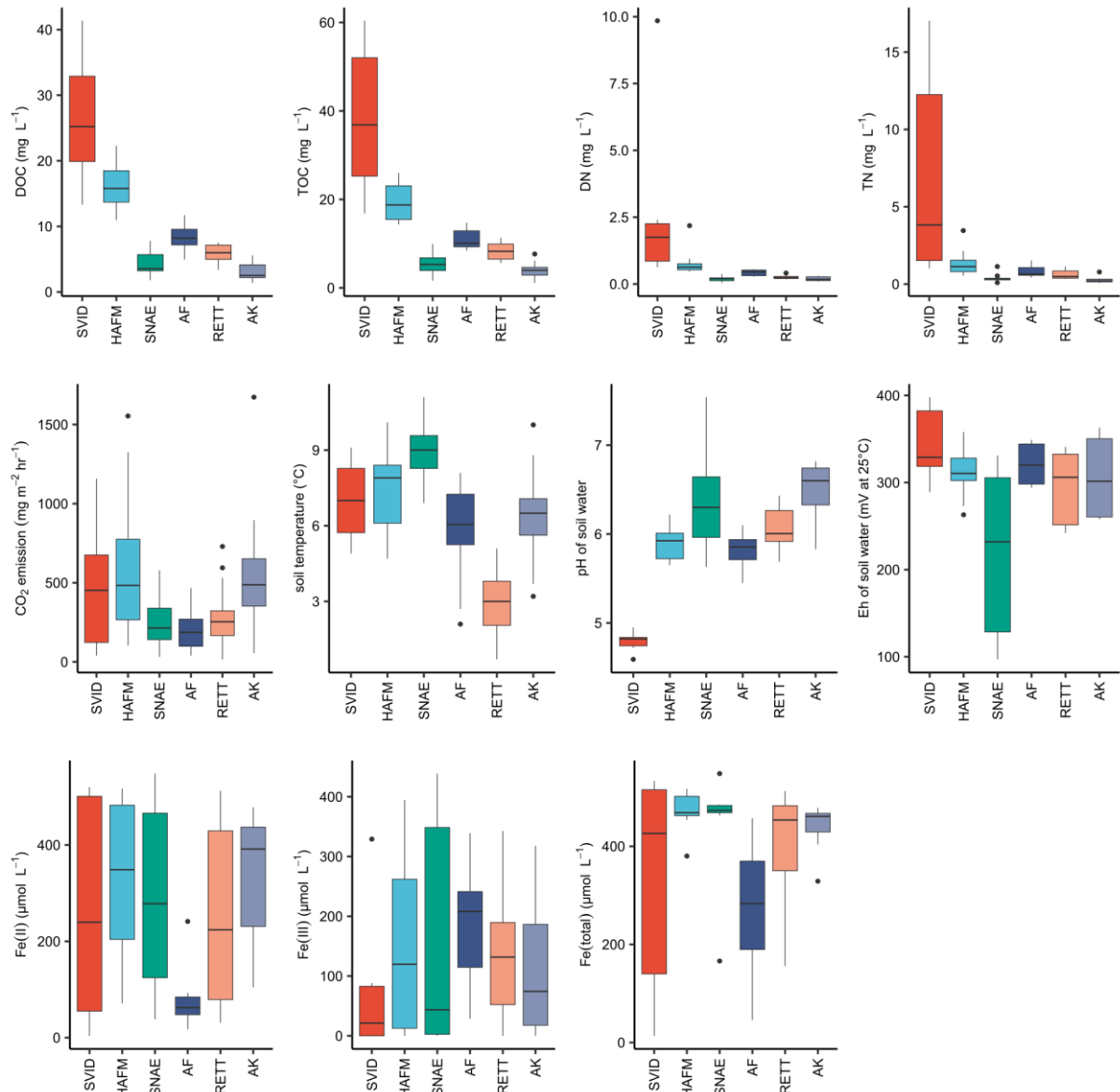
Mynd 2: Dýptarþróun á rúmþyngd (DBD, g cm^{-3}), ólífænum efnum (mineral content), C (%), N (%), kolefnispétteleika (C density (kg m^{-3})) og $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$ í framræstum láglandismýrum. Efst: Sviðvningar nyrst á Skaga, í miðju Hafratjarnarmýri í Svínadal sunnan við Blönduós og neðst Snæringsstaðir í Svínadal nær hálendisbrún.



Mynd 3: Dýptarþróun á rúmpýngd (DBD, g cm⁻³), ólífænum efnum (mineral content), C (%), N (%), kolefnispéttleika (C density (kg m⁻³)) og δ¹³C og δ¹⁵N í óframræstum hálendismýrum. Efst: Mýri við Áfangafell á Auðkúluheiði, í miðju mýri við Réttarvatn á Arnarvatnsheiði, neðst mýri í Álftrákroki á Arnarvatnsheiði.

Uppleyst og heildarkolefni, og uppleyst og heildarköfnunarefni í vatnssýnum

Mynd 4 sýnir kassarit sem lýsa dreifingu á uppleystu (DOC) og heildarkolefni (TOC), og uppleystu (DN) og heildarköfnunarefni (TN) í vatnssýnum úr mýrunum í verkefninu. Vatnssýnin voru tekin í Júní og Ágúst 2023. Einnig eru þar sýnd kassarit sem sýna kolefnislosun í formi CO_2 (CO_2 emission), jarðvegshitastig (soil temperature), sýrustig (pH), rafleiðni (Eh) og innihald á tvígildu járni (Fe(II)), þrígildu járni (Fe(III)) og heildar járni (Fe(total)), en þessar breytur eru oft nátengdar kolefnishringrás og hafa því áhrif á losun og bindingu lífrænna efna í mýrum (Knorr, 2013; Vaughan o.fl., 2009).



Increasing mineral aeolian deposition with decreasing distance to barren areas in the highlands

Mynd 4: Kassarit sem sýna dreifingu af uppleystu (DOC) og heildarkolefni (TOC), og uppleystu (DN) og heildarköfnunarefni (TN) í vatnssýnum úr mýrunum í verkefninu. Einnig eru sýnd kassarit sem sýna kolefnislosun í formi CO_2 (CO_2 emission), jarðvegshitastig (soil temperature), sýrustig pH, rafleiðni (Eh) og innihald á tvígildu járni (Fe(II)), þrígildu járni (Fe(III)) og heildar járni (Fe(total)).

Myndin sýnir vel að losun á kolefni og köfnunarefni úr mýrunum með vatni er meira í framræstum mýrum nýrst á skaga (SVID) og á láglandi í Svínadal (HAFM) en í óframræstum mýrum á hálendi. Þetta

mynstur helst að sama skapi í hendur við tiltölulega mikla CO₂ losun og hátt jarðvegshitastig. Á sama tíma er áberandi að aðrar mýrar með álíka hátt eða hærra jarðvegshitastig (t.d. SNAE í Svínadal nálægt hálendisbrún) sýna minni losun á kolefni með vatni og sem CO₂.

Fylgni milli kolefnislosunar og jarðvegshita er því einungis veik. Rýna þarf betur í gögnum til þess að greina frá mögulegum tengslum kolefnislosunar með vatni og sem CO₂ og annarra breytna, t.d. sýrustigs, rafleiðni og járninnihalds. Sú greining er í vinnslu sem stendur og verður undirstaða tímaritsgreinar.

Heimildir

- Alewell, C., Giesler, R., Klaminder, J., Leifeld, J., & Rollog, M. (2011). Stable carbon isotopes as indicators for environmental change in palsa peats. *Biogeosciences*, 8(7), 1769-1778. <https://doi.org/10.5194/bg-8-1769-2011>
- Arnalds, O., Dagsson-Waldhauserova, P., & Olafsson, H. (2016). The Icelandic volcanic aeolian environment: Processes and impacts — A review. *Aeolian Research*, 20, 176-195. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2016.01.004>
- Drollinger, S., Kuzyakov, Y., & Glatzel, S. (2019). Effects of peat decomposition on δ¹³C and δ¹⁵N depth profiles of Alpine bogs. *CATENA*, 178, 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.02.027>
- Iversen, C. M., Sloan, V. L., Sullivan, P. F., Euskirchen, E. S., McGuire, A. D., Norby, R. J., Walker, A. P., Warren, J. M., & Wulschleger, S. D. (2015). The unseen iceberg: plant roots in arctic tundra. *New Phytologist*, 205(1), 34-58. <https://doi.org/doi:10.1111/nph.13003>
- Klingenuß, C., Roßkopf, N., Walter, J., Heller, C., & Zeitz, J. (2014). Soil organic matter to soil organic carbon ratios of peatland soil substrates. *Geoderma*, 235-236, 410-417. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.07.010>
- Knorr, K. H. (2013). DOC-dynamics in a small headwater catchment as driven by redox fluctuations and hydrological flow paths – are DOC exports mediated by iron reduction/oxidation cycles? *Biogeosciences*, 10(2), 891-904. <https://doi.org/10.5194/bg-10-891-2013>
- Krüger, J. P., Leifeld, J., & Alewell, C. (2014). Degradation changes stable carbon isotope depth profiles in palsa peatlands. *Biogeosciences*, 11(12), 3369-3380. <https://doi.org/10.5194/bg-11-3369-2014>
- Leifeld, J., Steffens, M., & Galego-Sala, A. (2012). Sensitivity of peatland carbon loss to organic matter quality. *Geophysical Research Letters*, 39(14), 1-6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2012GL051856>
- Liu, H., Zak, D., Rezanezhad, F., & Lennartz, B. (2019). Soil degradation determines release of nitrous oxide and dissolved organic carbon from peatlands. *Environmental Research Letters*, 14(9), 094009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab3947>
- Lowe, D. J. (2011). Tephrochronology and its application: A review. *Quaternary Geochronology*, 6(2), 107-153. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.quageo.2010.08.003>
- Löwemark, L., Bloemsma, M., Croudace, I., Daly, J. S., Edwards, R. J., Francus, P., Galloway, J. M., Gregory, B. R. B., Steven Huang, J.-J., Jones, A. F., Kylander, M., Löwemark, L., Luo, Y., MacLachlan, S., Ohlendorf, C., Patterson, R. T., Pearce, C., Profe, J., Reinhardt, E. G., . . . Turner, J. N. (2019). Practical guidelines and recent advances in the Itrax XRF core-scanning procedure. *Quaternary International*, 514, 16-29. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.10.044>
- Möckel, S. C. (2022). *Carbon Storage in Peatlands within an Ever-changing Environment - Soil Organic Matter Dynamics in the Context of Active Volcanism*. [Doctoral thesis, University of Iceland]. Reykjavík.

- Möckel, S. C., Erlendsson, E., Prater, I., & Gísladóttir, G. (2021). Tephra deposits and carbon dynamics in peatlands of a volcanic region: Lessons from the Hekla 4 eruption. *Land Degradation & Development*, 32(2), 654-669. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ldr.3733>
- Soil Survey Staff. (2014). *Kellogg Soil Survey laboratory Methods manual: soil Survey investigations Report no. 42, version 5.0* (USDA & Natural Resources Conservation Service, Eds.). U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Kellogg Soil Survey Laboratory. https://data.neonscience.org/documents/10179/2357445/KelloggSSL_MethodsManual_Report42Version5_2014/da9589dd-3278-402b-a5d4-02dc0c9c762c
- SU. (2018). *Department of Geological Sciences - Itrax XRF Core Scanner*. <https://www.su.se/geo/english/resources/list-of-all-equipment/list-of-analytical-equipment/itrax-xrf-core-scanner-1.380793>
- Takahashi, T., & Dahlgren, R. A. (2016). Nature, properties and function of aluminum–humus complexes in volcanic soils. *Geoderma*, 263, 110-121. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.032>
- Vaughan, K. L., Rabenhorst, M. C., & Needelman, B. A. (2009). Saturation and Temperature Effects on the Development of Reducing Conditions in Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 73(2), 663-667. <https://doi.org/https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0346>
- Viollier, E., Inglett, P. W., Hunter, K., Roychoudhury, A. N., & Van Cappellen, P. (2000). The ferrozine method revisited: Fe(II)/Fe(III) determination in natural waters. *Applied Geochemistry*, 15(6), 785-790. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(99\)00097-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0883-2927(99)00097-9)

Áhrif áfoks og gjósku á kolefnisferla í röskuðum mýrum

Stutt samantekt af helstu niðurstöðum

Susanne Claudia Möckel^{1,2}, Egill Erlendsson², Róbert Ívar Arnarsson²

¹Deild Náttúru og Skógar, Landbúnaðarháskóla Íslands

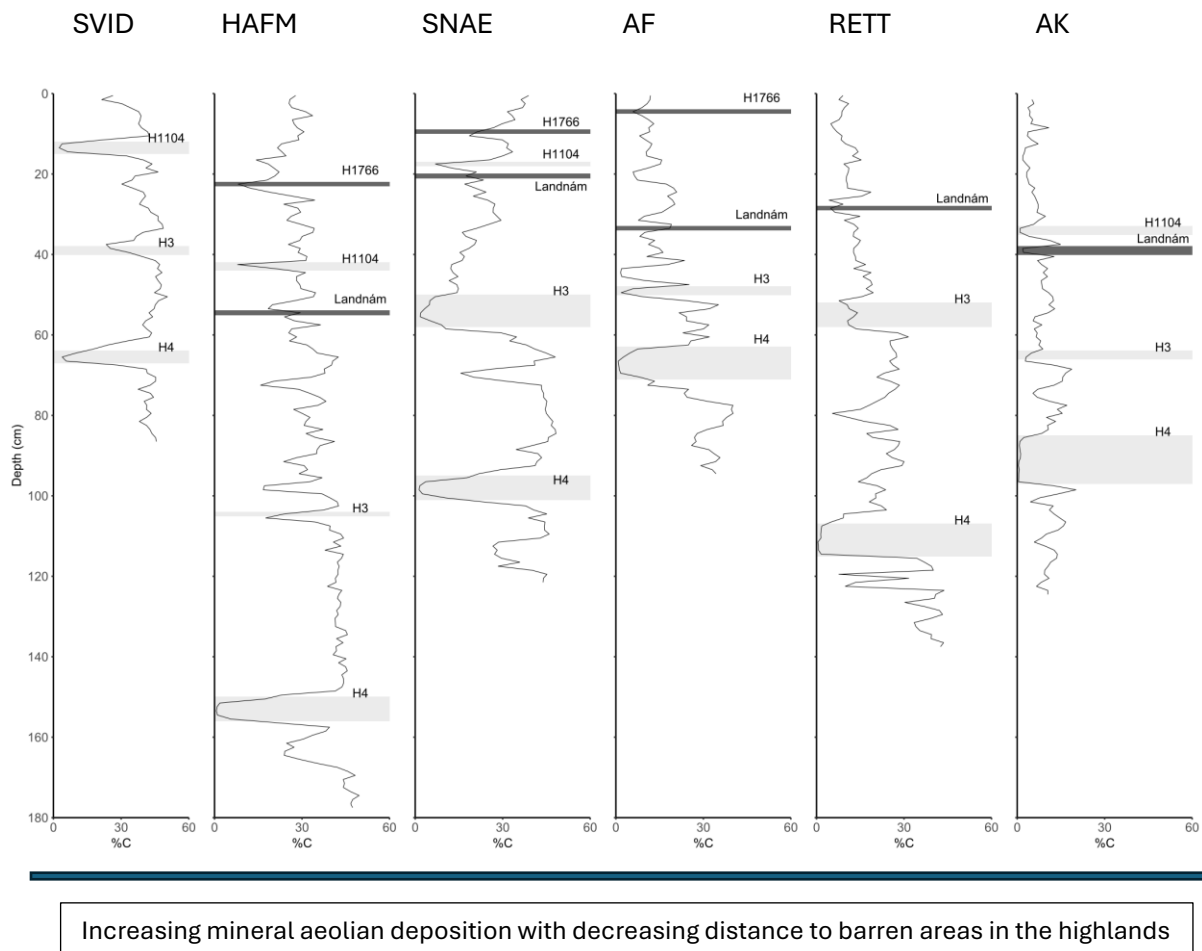
²Líf- og Umhverfisvísindadeild Háskóla Íslands

31. Mars 2025

Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirra stofnana eða fyrirtækja sem höfundar starfa hjá.

Dýptarpróun á hlutfalli kolefnis (%C)

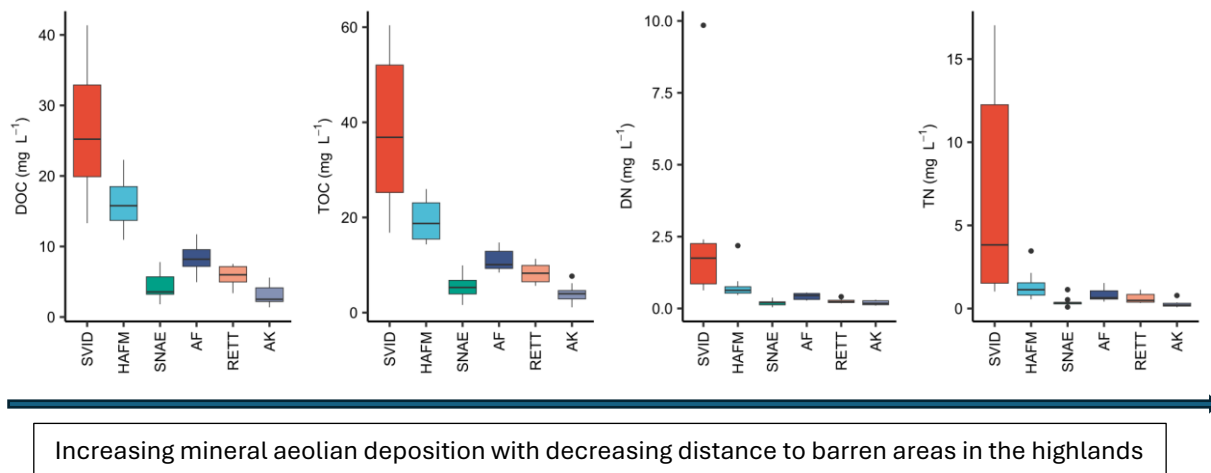
Mynd 2 sýnir dýptarpróun á kolefnishlutfalli (%) í öllum mýrum verkefnisins. Mýrarnar fjær hálendinu eru að jafnaði með hærri innihald kolefnis. Þó minnkar innihald kolefnis í efri lögum jarðvegs að meðaltali í öllum mýrum. Það gefur vísbendingu um aukinn óstöðugleika yfirborðs lands eða stærri útbreiðslu lítt gróinna svæða. Áberandi er að hálendismýrarnar eru þó nokkuð lífrænar í neðstu lögum jarðvegs og þá sérstaklega fyrir neðan gjóskulagið H4, en innihald kolefnis minnkar í þrepum eftir stór eldgos á borð við H4 og H3. Láglandismýrarnar sýna að jafnaði meira þol gagnvart umhverfisáhrifum á borð við eldgos, þó að kolefnisinnihald minnkar í jarðvegslögum fyrir ofan H3 á stöðum nær hálendisbrún.



Mynd 1: Dýptarpróun á kolefnishlutfalli (%) í öllum mýrum verkefnisins. Mýrin SVID er nyrst á Skaga og innan við 1 km frá sjó, HAFM er á láglandi í Svínadal, SNAE er við Snæringssstaði í Svínadal nær hálendisbrún, AF er við Áfangafell á Auðkúluheiði, RETT er við Réttarvatn á Arnarvatnsheiði, AK er í Álftrákroki á Arnarvatnsheiði.

Uppleyst og heildarkolefni, og uppleyst og heildarköfnunarefni í vatnssýnum

Mynd 2 sýnir kassarit sem lýsa dreifingu á uppleystu (DOC) og heildarkolefni (TOC), og uppleystu (DN) og heildarköfnunarefni (TN) í vatnssýnum úr mýrunum í verkefninu. Myndin sýnir vel að losun á kolefni og köfnunarefni úr mýrunum með vatni er meira í framræstum mýrum nýrst á skaga (SVID) og á láglendi í Svínadal (HAFM) en í óframræstum mýrum á hálendi. Mælingar á vettvangi sýna að þetta mynstur helst í hendur við tiltölulega mikla CO₂ losun og hátt jarðvegshitastig. Á sama tíma er áberandi að aðrar mýrar með álíka hátt eða hærra jarðvegshitastig (t.d. SNAE í Svínadal nálægt hálendisbrún) sýna minni losun á kolefni með vatni og sem CO₂. Fylgni milli kolefnislosunar og jarðvegshita er því einungis veik. Rýna þarf betur í gögnum til þess að greina frá mögulegum tengslum kolefnislosunar með vatni og sem CO₂ og annarra breytna, t.d. sýrustigs, rafleiðni og járninnihalds.



Mynd 2: Kassarit sem sýna dreifingu af uppleystu (DOC) og heildarkolefni (TOC), og uppleystu (DN) og heildarköfnunarefni (TN) í vatnssýnum úr mýrunum í verkefninu. Einnig eru sýnd kassarit sem sýna kolefnislosun í formi CO₂ (CO₂ emission), jarðvegshitastig (soil temperature), sýrustig pH, rafleiðni (Eh) og innihald á tvígildu járn (Fe(II)), þrígildu járn (Fe(III)) og heildar járn (Fe(total)).