

Lokaskýrsla 2018 til Kvískerjasjóðs

Hámarksútbreiðsla Kvískerjajökla í lok litlu ísaldar



Snævarr Guðmundsson
og
Kristín Hermannsdóttir



NÁTTÚRUSTOFA
SUÐAUSTURLANDS

Litlubró 2,
780 Höfn í Hornafirði

15. ágúst 2018

EFNISYFIRLIT

Efnisyfirlit.....	2
Lokaskýrsla um ráðstöfun styrkfjár frá Kvískerjasjóði	3
Um framvindu verkefnisins	3
Helstu niðurstöður	4
Ráðstöfun styrks Frá Kvískerjasjóði	7
Kostnaður	7
Tekjur.....	7

LOKASKÝRSLA UM RÁÐSTÖFUN STYRKFJÁR FRÁ KVÍSKERJASJÓÐI

Heiti verkefnis:	Hámarksútbreiðsla Kvískerjajökla í lok litlu ísaldar
Styrkumsækjandi:	Náttúrustofa Suðausturlands / Snævarr Guðmundsson
Kennitala umsækjenda:	440213-0490 / 281063-6269
Heimilisfang:	Litlubrú 2
Verkefnisstjóri:	Snævarr Guðmundsson
Sími:	4708061
Netfang:	snaevarr@nattsa.is
Upphæð styrks:	800.000 kr
Samstarfsaðilar við HÍ	Helgi Björnsson, jöklafræðingur

UM FRAMVINDU VERKEFNISINS

Verkefnið *Hámarksútbreiðsla Kvískerjajökla í lok litlu ísaldar* gekk út á að meta stærð jökla í Kvískerjafjöllum, í lok 19. aldar, bera saman við núverandi stærð til þess að meta flatarmáls- og rúmmálsbreytingar og hve langt fram í Múlagljúfur þeir náðu. Þessir jöklar eru á meðal skriðjökla í austanverðum Örfafajökli og hafa aldrei verið kannaðir fyrr. Mörgum er þegar kunnugt um að jöklar hér á landi voru stærri í lok 19. aldar en nokkru sinni frá því að land byggðist. Það var í lok langvinns kuldaskiðs sem nefnt er „litla ísöldin“. Í Austur-Skaftafellssýslu gengu jöklar fram á láglendið og tíðarfar og jökulvötn ollu sum staðar talsverðum búsifjum í kjölfarið. Eftir það hafa jöklar stytst og rýrnað mikið.

Á síðustu árum hafa flestir skriðjöklar á suðaustanverðu landinu, frá Morsárjökli allt austur á Lambatungnajökul, verið kortlagðir með það að markmiði að meta ákomu- og rúmmálsbreytingar frá lokum litlu ísaldar (~1890). Verkefnið er liður í því að fullgera heildarmynd af umfangi Vatnajökuls og annarra stórra jökla, í hámarksútbreiðslu á þeim tíma. Örfafir skriðjöklar eru enn ókortlagðir með þeim aðferðum sem hér um ræðir. Markmiðið í þetta sinn var kanna jöklabreytingar Kvískerjajökla á 19. og 20. öld og rúmmálsbreytingar þeirra og að draga upp kort og greinargerð um niðurstöðurnar. Þær munu nýtast í frekari spálíkön. Þær og kortið má nýta í fræðslu um breytingar í kjölfar hops jökla, í kennslu eða leiðsögn um svæðið.

Árið 2015 var sótt um styrk og veittu *Kvískerjasjóður* styrk það ár og *Vinir Vatnajökuls* styrktu verkefnið árið eftir. Fljótlega var hafist handa við að draga saman gögn og líklegar heimildir um þetta svæði. Meðal upplýsinga sem tókst að safna voru ábendingar og frásagnir frá síðustu eftirlifandi Kvískerjasystkinana, þeim Helga og Hálfadáni Björnssonum. Þessar upplýsingar voru ákaflega mikilvægar, sem og þau skrif bróðurs þeirra Flosa Björnssonar.

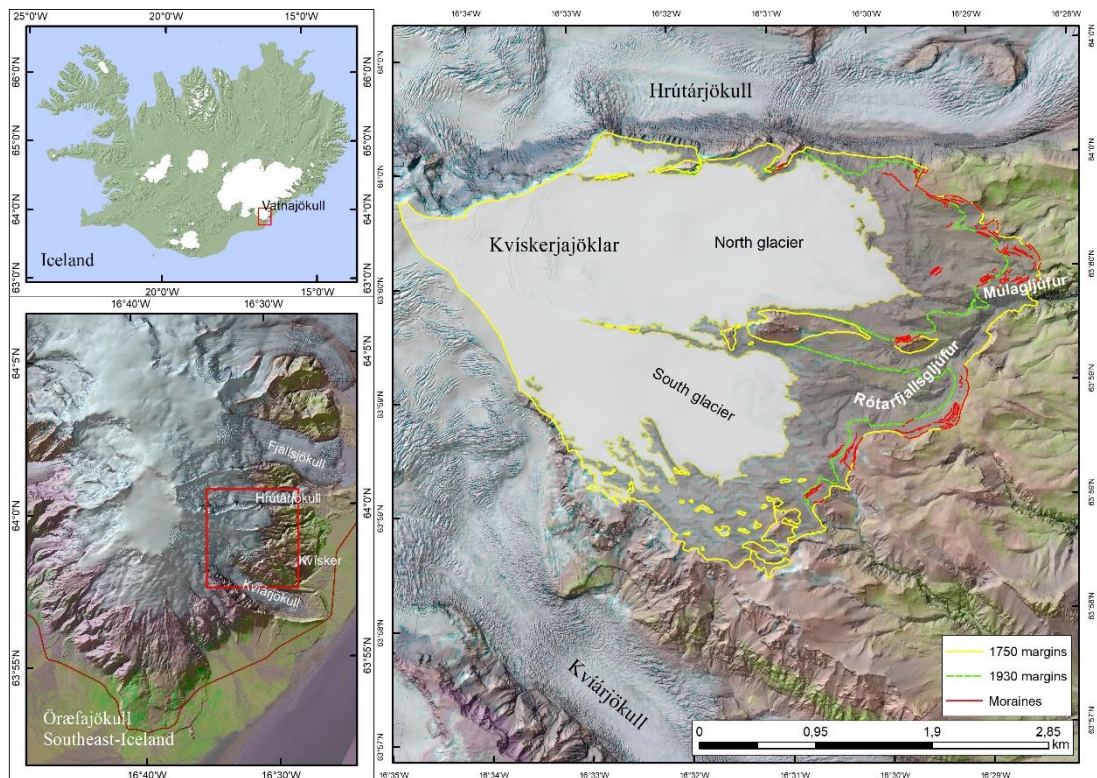
Haustið 2016 voru farnar rannsóknarferð upp í Kvískerjafjöll, þar sem m. a. voru gerðar athuganir á fornum jökulgörðum auk þess sem metin var fyrri hæð jöklanna. Veturinn 2016—2017 var, frá þessum upplýsingum og að auki gömlum kortum, ritheimildum, fjölmörgum loftmyndum, og

gervitunglamyndum var dreginn upp mynd af hámarksstærð og framvindu Kvískerjajökla á síðustu öldum. Líkön voru gerð af rúmstærð Kvískerjajökla með tveim aðferðum þaðan sem meta mátti flatarmáls- og rúmmálsbreytingar. Þar sem niðurstöður voru ekki fyllilega í samræmi við eðlisfræði jökulíssins var farin önnur rannsóknferð í Kvískerjafjöll til þess að bera raunveruleg ummerki saman við spálíkon.

Á næstu síðum verða helstu niðurstöður kynntar. Verkefnið var kynnt með veggspjaldi á ráðstefnu EGU (European Geophysical Union) árið 2017 í Vín í Austurríki. Með þessari greinargerð og því sem þar var kynnt má segja að það verkefni sem sótt var um styrk til sé að fullu lokið. Grein um þetta verkefni er í vinnslu og mun verða birt í virtu vísindatímariti. Mun eintak af greininn verða sent til Kvískerjasjóðs eftir birtingu.

HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Kvískerjajöklar eru í austanverðum Örfæfajökli á milli Kvíarjökuls og Hrutárjökuls (mynd 1). Þeir hafa hopað mikið frá hámarksútbreiðslu á litlu ísöld, úr ~10 km² í 6,4 km² árið 2010, þ. e. um 37% eða 0,03 km²/ári. Við áætlum rúmmálstapið út frá mismuni tveggja hæðarlíkana. Nákvæmt LiDAR hæðarlíkan af yfirborði jöklanna frá 2011 var dregið frá endurgerðu yfirborðsslíkani þegar þeir voru í hámarksstöðu á litlu ísöld. Endurgerða líkanið byggir á fjarkönnunargögnum, loftmyndum, gömlum kortum, ljósmyndum, jarðfræðilegum ummerkjum á vettvangi og leysimælingu (LiDAR). Neðri hluti líkansins var endurgerður með því að nota einfalt ísflæðilíkan í landupplýsingakerfis-forritinu ArcGIS, sett saman af Pellerito o. fl. (2016). Frá þessum gögnum áætlum við að rúmmálstap frá 1890 til 2010 um 0,47 km³ að vatnsgildi (v.g.), árleg rýrnun sé 0,004 km³ v.g. og massatapið 0,38 m/ár jafndreift yfir jökulflatarmálið.

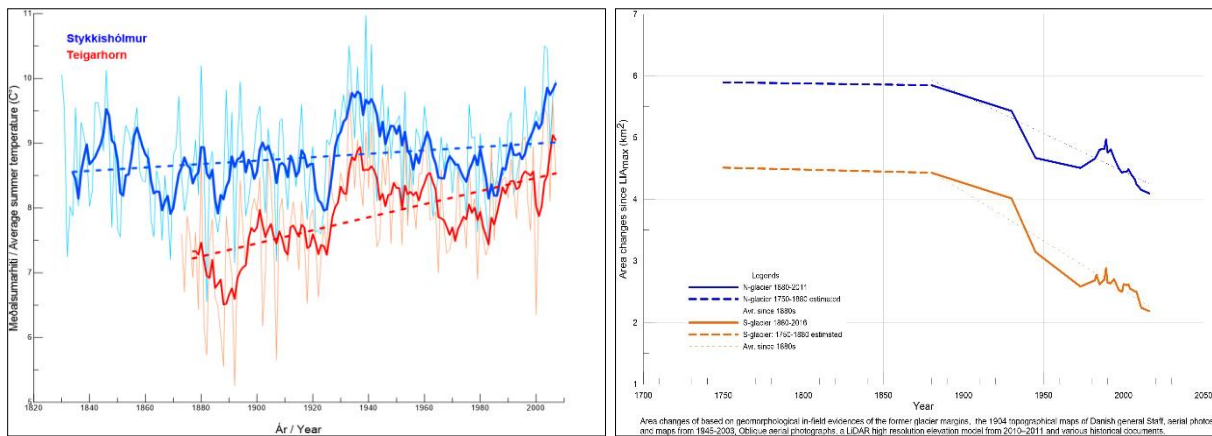


Mynd 1. Kort af svæðinu sem kynnt var á ráðstefnu EGU 2017. Fyrst Ísland, þá Örfæfajökull og að lokum Kvískerjafjöll. Á kortið eru merktir jaðrar jöklanna í hámarki litlu ísaldar, um 1930 og 2011. Auk þess jökulgarðar í fjallendinu. Kortagerð Snævarr Guðmundsson. Byggt á LiDARgögnum (Jóhannesson, o.fl., 2011), Loftmyndasafni LMÍ, myndagrunni Loftmynda ehf, fjölmörgum skámyndum og vettvangsvinnu.

Meðal annars sem kom í ljós er að jöklarnir voru sennilegast í hámarksstærð á miðri 18. öld eða meira en 120-140 árum fyrr en flestir aðrir jöklar á þessu svæði. Nyrðri jökullinn náði vel niður í Múlagljúfur á meðan jöklarnir voru sem stærstir og var reyndar enn ofan í gljúfrinu um 1930. Í mynni gljúfursins myndaðist lón.

Tafla 1. Flatarmáls og rúmmálsbreytingar Kvískerjajökla frá lokum litlu ísaldar til 2011. Tímabilin sem rakin voru eru frá um 1880—1930, 1930—2011 og svo heildartímabilið.

Ár Year	Stærð Area (km ²)	Tímaabil Period	Árabil Yrs	Minnkun Area loss (km ²)	Minnkun Area loss %	M.rýrnun AAR (km ² /yr)	Rúmmálstap Vol loss (w.e. km ³)	Árleg afkoma ASML (w.e. m/yr)
1880	10.4	1880—1930	50	1	9.6	0.02	0.15	-0.27
1930	9.4	1930—2011	81	3	31.9	0.037	0.32	-0.45
2011	6.4	1880—2011	131	4	38.4	0.03	0.47	-0.38



Mynd 2. Vinstri myndin sýnir 3 mánaða meðalsumarhitna frá um 1840, tveggja mælistöðva. Hægri myndin sýnir breytingar á hvorum jöklinum frá um hámarksstöðu, á 20. öld og til 2011.

Heimildir

Hrafnhildur Hannesdóttir, 2014, *Variations of southeast Vatnajökull- past, present and future*, PhD dissertation, Faculty of Earth Sciences, University of Iceland, 197 pp.

Jóhannesson, T., Björnsson, H., Pálsson, F., Sigurðsson, O. & Þorsteinsson, Þ.(2011). LiDAR mapping of the Snæfellsjökull ice cap, western Iceland. *Jökull* 61. 2011. Bls 19—32.

Pellitero, R., B. R. Rea, M. Spagnolo, J. Bakke, S. Ivy-Ochs, C. R. Frew, P. Hughes, A. Ribolini, S. Lukas & H. Renssen 2016. GlaRe, a GIS tool to reconstruct the 3D surface of palaeoglaciers. *Computers & Geosciences* 94 (2016)77–85. <http://www.sciencedirect.com>.

LiDAR data (Icelandic Meteorological Office, Institute of Earth Sciences University of Iceland 2010), Aerial photographs, AMS, DMS (Landmælingar Íslands), Landsat 7 & 8 (NASA). Remote sensing, field mapping & glacier termini and cartography: Snævarr Guðmundsson, South East Iceland Nature Research Center, 2011-2016.

Snævarr Guðmundsson, 2014, *Reconstruction of late 19th century geometry of Kotárjökull and Breiðamerkurjökull in SE-Iceland and comparison with the present*, M.Sc. thesis, Faculty of Earth Sciences, University of Iceland.



Reconstruction of maximum LIA extent and 20th century volume loss of maritime outlet glaciers, SE – Iceland

Snævarr Guðmundsson¹, Helgi Björnsson², Finnur Pálsson²

¹South East Iceland Nature Research Center, Litlubú 2, Höfn í Hornafirði, Iceland
²Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Sturlugata 7, 101 Reykjavík, Iceland
 Corresponding author: snævarr@nattsa.is

Abstract

This study demonstrates how modern high resolution LIDAR mapping can be applied for correction of early topographic maps, and the combined information be used to quantitatively estimate glacier recession since the late 19th century. Here we report dramatic changes in area and volume of Kvískerjajökull outlet glaciers covering the upper eastern flanks of Öræfajökull (2010 m) stratovolcano, Southeast Iceland. We estimated the volume loss by subtraction of glacier surface maps. Since the Little Ice Age maximum in 1880 the outlets area has shrunk from ~10.4 km², to 6.4 km² in 2011, i. e. ~37%, an annual average recession rate of 0.03 km²/yr. We estimate the volume loss as 0.47 km³ water equivalent (w.e.) This correspond to an annual average recession of 0.004 km³ w.e./yr or specific mass loss of 0.38 m/yr.

Methods

The Little Ice Age maximum extent (LIA_{max}) surface map was constructed from geomorphological in-field evidences of the former glacier margins, supported by 1904 topographical maps, aerial photos and maps of 1945, a LIDAR high resolution elevation model from 2010–2011 and various historical documents. The surface of the lower part of the LIA_{max} glacier was reconstructed with the aid of simple ice flow modeling (Glacier Reconstruction Tool (Glare) in ArcGIS, by Pellitero et al., 2016).



The 1750s LIA_{max} end moraine of the South glacier. Photo S. Guðmundsson, 2016.

Results

The North and South Kvískerjajökull outlets retreated 1.3 and 1.7 km, respectively, since its Little Ice Age maximum extent, which was most likely in the middle or late 18th century. No glacier changes, however, were noted until the 1880s, when locals reported that these glaciers had advanced nearly to the outermost LIA end moraines. Geomorphological evidences indicates several advances prior to the end of the 19th century.

In 1930 the glaciers terminus was close to the same position as in the beginning of the century. After that the retreat accelerated. In the late 1970s a new advance occurred lasting until 1995. The recession rate showed some variations along the snout through the 20 century.

In 2016 >4 km² of previously subglaciated land (inside the former 1880 boundaries) had been exposed. From 1880 to 1930 the glacial area loss was 1 km² or 0.02 km²/yr. From 1930 to 2016 another 3.1 km² of ice-free area was added, i. e. ~0.03 km²/yr. The recession rate was 33% faster in the second period.

Table 1. Area and volume changes of Kvískerjajökull outlets since LIA_{max}. First two columns represents area size at specific time. Column three represents two comparison period and numbers of years. Then area loss in percent and Annual Average Recession (AAR) in km²/yr. Eight column represents the volume changes since LIA_{max}, transformed into water equivalency (w. e.). Annual average specific mass balance in w. e. (ASML)

Year	Area (km ²)	Period	Yrs	Area loss (km ²)	Area loss (%)	AAR (km ² /yr)	Vol loss (w. e. km ³)	ASML (w. e. m/yr)
1880	10.4	1880–1930	50	1	9.6	0.02	0.15	0.27
1930	9.4	1930–2011	81	3	31.9	0.037	0.32	0.45
2011	6.4	1880–2011	131	4	38.4	0.03	0.47	0.38

The surface lowering of the outlet, since LIA_{max} to 2011, represents a volume loss of 0.47 km³ w.e. From LIA_{max} to the 1930s about 0.15 km³ and onward to 2011 another 0.32 km³. This correspond to an annual average recession of 0.004 km³ w.e./yr or specific mass loss of 0.5 m/yr. However the between 1880 to 1930 estimated average specific mass loss was 0.27 m/yr⁻¹ but 0.45 m/yr⁻¹ at average from 1930 to 2011. We assume the retreat pace after 1995 to have been very pronounced as these outlets had advanced between 1973 to 1995, resulting in a greater extension of the North glacier than in 1945.

Accordingly, with continuation of the average specific mass loss rate we assume these outlets will only sustain for some 200 years from now given the present rate of decrease, but considerably faster in a warmer climate. With the ELA at >1000 m the accumulation/ablation area ratio equaling 1 these glaciers do not produce enough ice to survive present day climatic changes.

Data references: Aðalgeirsdóttir, G., S. Guðmundsson, H. Björnsson, F. Pálsson, T. Jóhannesson, H. Hannesdóttir, S. P. Sigurðsson & E. Berthier 2011. Modelling the 20th and 21st century evolution of Hoffellsjökull glacier, SE-Vatnajökull, Iceland. The Cryosphere, 5, 981–975, 2011.

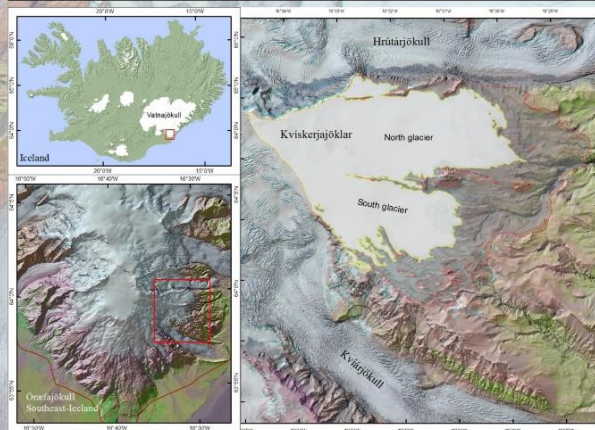
Pellitero, R., B. R. Braaten, M. Spagnolo, J. Bakke, S. Ivy-Ochs, C. R. Frey, P. Hughes, A. Ribolini, S. Lucas & H. Renssen 2016. Glare, a GIS tool to reconstruct the 3D surface of palaeoglaciers. Computers & Geosciences 94 (2016)77–85. <http://www.sciencedirect.com>.

LIDAR data (Icelandic Meteorological Office, Institute of Earth Sciences University of Iceland 2010). Aerial photographs, AMS, DMS (Landmælingar Íslands), Landsät 7 & 8 (NASA). Remote sensing, field mapping & glacier termini and cartography: Snævarr Guðmundsson, South East Iceland Nature Research Center, 2011–2016.

Acknowledgement

This project has been supported financially by following institutions and relief funds in Iceland:

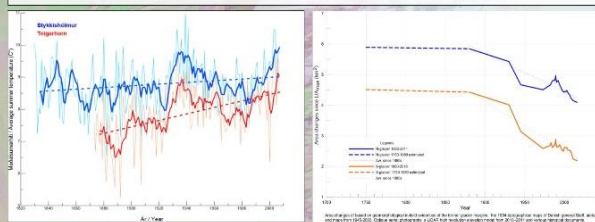
Kvískerjajökull (The Fund of Kvísker siblings)
 Friends of Vatnajökull (The Friends of Vatnajökull Fund)
 Náttúrustofa Suðausturlands (South East Iceland Nature Research Center)



Study area

The Kvískerjajökull outlet glaciers consist of two joint outlets, the North glacier and South glacier, divided by a watershed ridge; one of several prehistoric radial volcanic fissure, trending towards the rim of the Öræfajökull caldera.

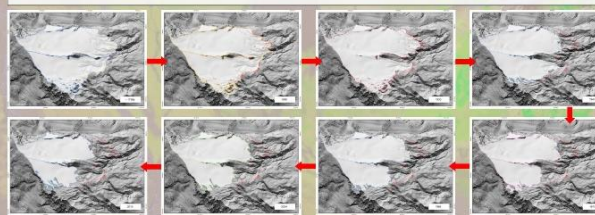
LIDAR data makes it possible to reconstruct old glacier surface by using data from old topographical maps and photographs. Mapping errors and deviations can be revised, and the combined material utilized for the construction of DEMs.



Responses to climate changes

The summer temperature (above left) during the late LIA to present, from two weather stations in Iceland; Stykkishólmur (since 1830), West Iceland and Teigarhorn (since 1873) in East Iceland (data from Icelandic Meteorological Office & Aðalgeirsdóttir et al., 2011). Temperature (left vertical axis) in seasonal and five years average. The response of the terminuses to climate changes through the period (above right).

The extent of Kvískerjajökull outlets in: 1750s, 1880, 1930, 1945, 1973, 1988, 2004 and 2016 (below).



Mynd 3. Veggspjald um verkefnið sem kynnt var á ráðstefnu EGU 2017 (sjá þakkardálk, neðst t.h).



RÁÐSTÖFUN STYRKS FRÁ KVÍSKERJASJÓÐI

Óskað var styrks frá Kvískerjasjóði árið 2015 til þriggja vettvangsferða og úrvinnslu á korti, auk samantektar á greinargerð. Þegar sótt var um styrkinn var lögð fram verkáætlun sem miðaðist við þann tíma sem reiknað var með að tæki að vinna verkið. Stefnt var á lok árs 2016 en verkið tafðist m.a. vegna þess að verkefnið vatt upp á sig og ákveðið var að kynna það erlendis á jarðvísindaráðstefnu.

KOSTNAÐUR

Í heild kostaði verkefnið tæpar 3.3 millj. kr. Kvískerjasjóður styrkti verkefnið um 800.000 kr. eða um 24% af raunkostnaði. Nýttist styrkurinn til að greiða fyrir vettvangsferðir, grunnúrvinnslu fyrir kortagerð og kortlagningu svæðis. Annar kostnaður sem verkefnið ber sem og vinnulaun hafa verið greidd af styrk Vina Vatnajökuls, Náttúrustofu Suðausturlands og samstarfsfélaga í verkefninu, Helga Björnssyni, jöklafræðingi hjá Háskóla Íslands.

TEKJUR

Tekjuliðir utan vinnuframlags komu frá Vinum Vatnajökuls og Kvískerjasjóði. Í allt 1.8 millj. kr.

Virðingarfyllst

15. ágúst 2018

Snævarr Guðmundsson,

Sviðsstjóri, Náttúrustofu Suðausturlands,

Nýheimar, Litlubrú 2

780 Höfn í Hornafirði

Sími: 4708061

Póstfang: snaevarr@nattsa.is

Kristín Hermannsdóttir

Veðurfræðingur

Forstöðumaður Náttúrustofu Suðausturlands

Nýheimum, Litlubrú 2, 780 Hornafirði

Sími- 4708060, GSM- 8634473