



Gæðaskýrsla um samsett myndkort af Íslandi: sumarið 2025

Quality report of country-wide aerial orthomosaics of Iceland: summer 2025

Sydney Gunnarson, Joaquín M. C. Belart, Guðmundur Þór Valsson



Gæðaskýrsla um samsett myndkort af Íslandi: sumarið 2025

Quality report of country-wide aerial orthomosaics of Iceland: summer 2025

Sydney Gunnarson, Joaquín M. C. Belart, Guðmundur Þór Valsson

NÁTT-26002

Garðabær, febrúar 2026

Forsíðumynd / Cover photo: Jökulsárlón, ágúst 2025. Ljósmynd. Leica Geosystems.

ISSN 1670-0120



Náttúrufræðistofnun

	Náttúrufræðistofnun Smiðjuvellir 28 300 Akranes	Sími 430 9000 natt.is natt@natt.is	Skýrsla nr. / Report number NÁTT-26002
			Útgáfudagur / Publication date Febrúar 2026
			Dreifing / Distribution Opin / public
Heiti skýrslu / Report title Gæðaskýrsla um samsett myndkort af Íslandi: sumarið 2025 Quality report of country-wide aerial orthomosaics of Iceland: summer 2026		Fjöldi síðna / No. of pages 27	Kort / Mælikvarði
Höfundar / Authors Joaquín M. C. Belart, Sydney Gunnarson og Guðmundur Þór Valsson		Verknúmer / Project number 21695	Málsnúmer / Case number V202305012
Unnið fyrir			
Samvinnuaðilar / Partners Leica Geosystems (verktaki/contractor), Umhverfis-, orku, og loftslagsráðuneytið (samningsaðili/contracting authority)			
Útdráttur Þessi skýrsla fjallar um gæðamat á samsettum myndkortum sem unnin voru úr loftmyndum sem teknar voru sumarið 2025. Markmiðið var að meta staðsetningarnákvæmni og myndgæði gagnanna með hliðsjón af kröfum útboðs. Staðsetningarnákvæmni var metin með samanburði við viðmiðunarpunkta á jörðu og lidar-gögnum á svæðum með breytilegu landslagi og halla. Myndgæði voru metin með tilliti til sólarhæðar, snjóalaga, skýja- og veðurskilyrða, birtugæða, litajafnvægis og samræmis milli myndablokka. Niðurstöður sýna að samsettu myndkortin uppfylla kröfur útboðs, bæði hvað varðar lárétta nákvæmni og sjónræn gæði, með aðeins minniháttar frávikum á afmörkuðum svæðum.			
Summary This report presents a quality assessment of countrywide orthomosaics derived from aerial imagery acquired during summer 2025. The objective was to evaluate both spatial accuracy and radiometric and visual image quality in relation to the requirements specified in the procurement. Spatial accuracy was assessed using independent checkpoints and lidar reference data across a range of terrain types and slopes. Image quality was evaluated with respect to sun elevation, snow and cloud conditions, color balance, and consistency between image blocks. The results indicate that the orthomosaics meet the tender requirements for both horizontal accuracy and visual quality, with only minor deviations in limited areas.			
Lykilorð / Keywords Loftmyndir, samsett myndkort, landmælingar, landupplýsingar, grunnkort Vertical aerial photograph, orthomosaics, geodetic survey, geographic information, base map		Yfirfarið / Reviewed by MH, GHK	

EFNISYFIRLIT / TABLE OF CONTENTS

1 INNGANGUR	4
2 SKAMMSTAFANIR	5
3 STAÐSETNINGARNÁKVÆMNI	6
3.1 Samanburður við viðmiðunarpunkta	6
3.2 Samanburður við LiDAR-landlíkön	7
4 MYNDGÆÐI	9
5 VIÐAUKAR	10
5.1 Frávik viðmiðunarpunkta samkvæmt skýrslu Leica Geosystems	10
5.2 Lárétt staðsetningaróvissa: samanburður á viðmiðunarpunktum og myndkortum	10
5.3 Lárétt staðsetningaróvissa: samanburður á LiDAR-landlíkönum og samsettum myndkortum	13
1 INTRODUCTION	16
2 LIST OF ABBREVIATIONS	17
3 SPATIAL ACCURACY	18
3.1 Orthomosaic spatial accuracy – Comparison with checkpoints	18
3.2 Orthomosaic spatial accuracy – Comparison with lidar reference data	19
4 RADIOMETRIC AND VISUAL QUALITY	21
5 APPENDIX	22
5.1 Checkpoint residuals as reported by Leica Geosystems	22
5.2 Full report on horizontal uncertainties: checkpoints vs. orthomosaic	22
5.3 Full report on horizontal uncertainties: lidar–orthomosaic comparison	25



1 INNGANGUR

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir gæðamati á loftmyndum sem teknar voru sumarið 2025 með það að markmiði að útbúa samsett myndkort af öllu landinu, í samræmi við [útboð nr. 22122, Digital Aerial Ortho Imagery in Iceland](#)¹. Yfirlit yfir verkefnið er að finna í 1. töflu og á 1. mynd.

1. tafla. Yfirlit yfir loftmyndaflug sumarið 2025.

Verktaki	Myndað svæði	Samningsbundið svæði	Flugvél	Myndavél	Fjöldi flugdaga
Leica Geosystems	17.212 km ²	56.287 km ²	Beechcraft King Air C90	Leica DMC-4	4



1. mynd. Yfirlit yfir þau svæði sem mynduð voru árið 2025.

Gæðamatið skiptist í tvo meginþætti: annars vegar staðsetningarnákvæmni og hins vegar myndgæði. Niðurstöður sýna að loftmyndirnar frá 2025 uppfylla allar kröfur útboðsgagnanna um staðsetningarnákvæmni (2. tafla 2) og myndgæði (3. tafla).

2. tafla. Samantekt á staðsetningarnákvæmni loftmynda (sjá 3. kafla)

Krafa	Niðurstaða
Staðalskekkja (RMSE) á eftirlitspunktum < 50 cm	Uppfyllir kröfur
Hámarksfrávik á einstökum mælipunkti < 1 m	Uppfyllir kröfur
Misræmi milli aðliggjandi myndblokka < 2 pixlar	Uppfyllir kröfur

¹ Heildarkröfur útboðsins má nálgast á eftirfarandi vefslóðum:

https://ftp.lmi.is/stm/lmutbod/A1-20230601_Technical_specs_photogram_surveys_10-25cm.xlsx

https://ftp.lmi.is/stm/lmutbod/A2-20230601_Technical_specs_ortho_production_10-25cm.xlsx

3. tafla. Samantekt á mati á myndgæðum loftmynda (see Section 4).

Gæðaflokkur myndar	Niðurstaða
Sólarhæð við myndatöku	Uppfyllir kröfur
Snjóalög	Uppfyllir kröfur
Skýjafar	Uppfyllir kröfur (-)
Myndpunktstærð	Uppfyllir kröfur
Birtugæði	Uppfyllir kröfur
Litajafnvægi	Uppfyllir kröfur
Birtugæði innan myndasamstæðu	Uppfyllir kröfur
Birtugæði milli myndasamstæðna	Uppfyllir kröfur
Strand- og hafsvæði	Uppfyllir kröfur
Jöklar	Uppfyllir kröfur

2 SKAMMSTAFANIR

CE90 90% skekkja í legu (e. circular error probable at 90% confidence)²

FGDC Federal Geographic Data Committee³

GCP Viðmiðunarpunktur

GNSS Global Navigation Satellite System (gervihnattakerfi sem veitir hnattræna staðsetningar-, leiðsagnar- og tímasetningarþjónustu)

NMAD Staðlað miðgildisfrávik (e. normalized median absolute deviation)⁴
 $NMAD = 1.4826 \cdot \text{median}_j (\Delta h_j - m_{\Delta h})$

NSSDA National Standard for Spatial Data Accuracy⁵

RMSE Staðalskekkja (e. root means squared error) – $(\sum (\hat{y}_i - y_i)^2 / n)$

² Greenwalt, C. R., & Schultz, M. E. (1962). *Principles of error theory and cartographic applications* (No. 96), Aeronautical Chart and Information Center.

³ Bandarísk samhæfingarnefnd á vegum alríkisstjórnarinnar sem sér um stefnumótun, staðla og samræmingu landupplýsinga hjá opinberum aðilum í Bandaríkjunum, <https://www.fgdc.gov/>

⁴ Höhle, J., & Höhle, M. (2009). Accuracy assessment of digital elevation models by means of robust statistical methods. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(4), 398-406. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.02.003>

⁵ Bandarískur staðall sem skilgreinir hvernig á að meta og tilgreina staðsetningarnákvæmni landupplýsinga: Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy (1998). *National Aeronautics and Space Administration: Virginia, NV, USA.*, <https://www.fgdc.gov/standards/projects/accuracy/part3/chapter3>



3 STAÐSETNINGARNÁKVÆMNI

Staðsetningarnákvæmni loftmyndkortanna frá árinu 2025 var metin með:

- i. samanburði við óháða viðmiðunarpunkta á jörðu sem voru ekki notaðir við myndmælingu
- ii. samanburði við valda viðmiðunarpunkta úr LiDAR-gögnum með þekktri nákvæmni til að meta nákvæmni í hallandi landi og á svæðum þar sem viðmiðunarpunkta skortir.

Nánari upplýsingar um mat á staðsetningarnákvæmni er að finna í viðauka (5. kafli).

3.1 Samanburður við viðmiðunarpunkta

Staðsetningarnákvæmni samsettra myndkorta var metin með samanburði á láréttum hnitum 16 viðmiðunarpunkta⁶ sem mældir voru með GNSS-mælingum og samsvarandi láréttum hnitum á miðju viðmiðunarpunktanna eins og þeir sjást á myndkortinu. Þessir viðmiðunarpunktar voru ekki notaðir við myndmælingu.

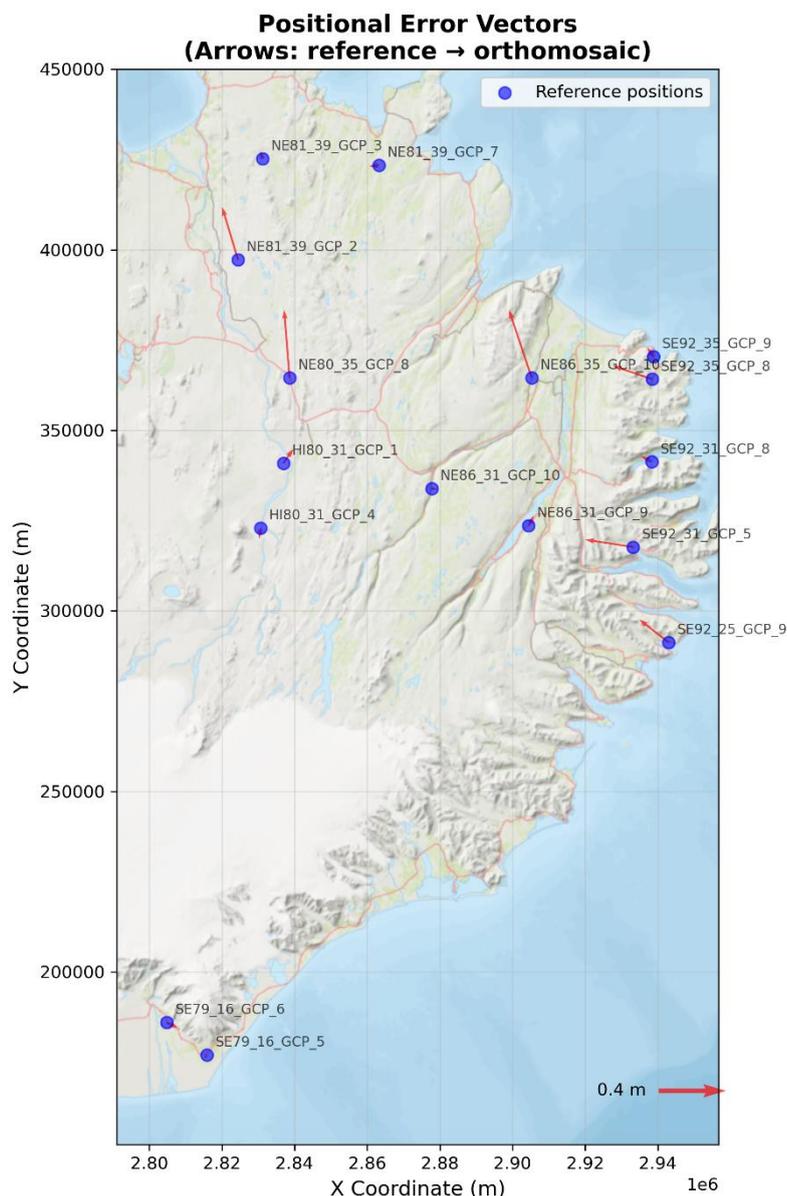
Samanburðurinn gaf staðalskekkju í legu (RMSE) upp á 0,20 m og staðlað miðgildisfrávik (NMAD) upp á 0,09 m í bæði X- og Y-stefnu (2. mynd, 2. tafla). 90% skekkja í legu (CE90) var metin 0,37 m og 0,36 m samkvæmt NSSDA með 95% öryggismörkum (4. tafla).

Loftmyndasamsetningin uppfyllir því kröfur útboðsgagna um lárétta nákvæmni.

4. tafla. Samanburður viðmiðunarpunkta á jörðu (n = 15) við samsett myndkort.

Tölfræði	X-stefna (m)	Y-stefna (m)
Meðal	-0,06	0,10
Miðgildi	-0,04	0,05
Staðalfrávik	0,10	0,15
Staðalskekkja (RMSE)	0,12	0,17
Staðlað miðgildisfrávik (NMAD)	0,09	0,08

⁶ <https://gatt.lmi.is/geonetwork/srv/ice/catalog/search#/metadata/0f5db579-c85d-4d86-9b80-1958aa8a03a1>



2. mynd. Staðsetning viðmiðunarpunkta og fráviksvigrar þeirra miðað við loftmyndir.

3.2 Samanburður við LiDAR-landlíkön

Til að meta nákvæmni samsettra myndkorta á svæðum með fjölbreytt landslag og mismunandi halla var alls 41 viðmiðunarpunktur valinn handvirkt úr sex LiDAR-landlíkön (e. hillshade) með grunnupplausn 50×50 cm á fjalllendi. Punktarnir voru valdir á kennileitum sem einnig sáust skýrt á loftmyndunum, t.d. stórum steinum. Þessi samanburður veitti frekari staðfestingu á nákvæmni loftmynda í flóknu landslagi og við breytilega hæð og halla.

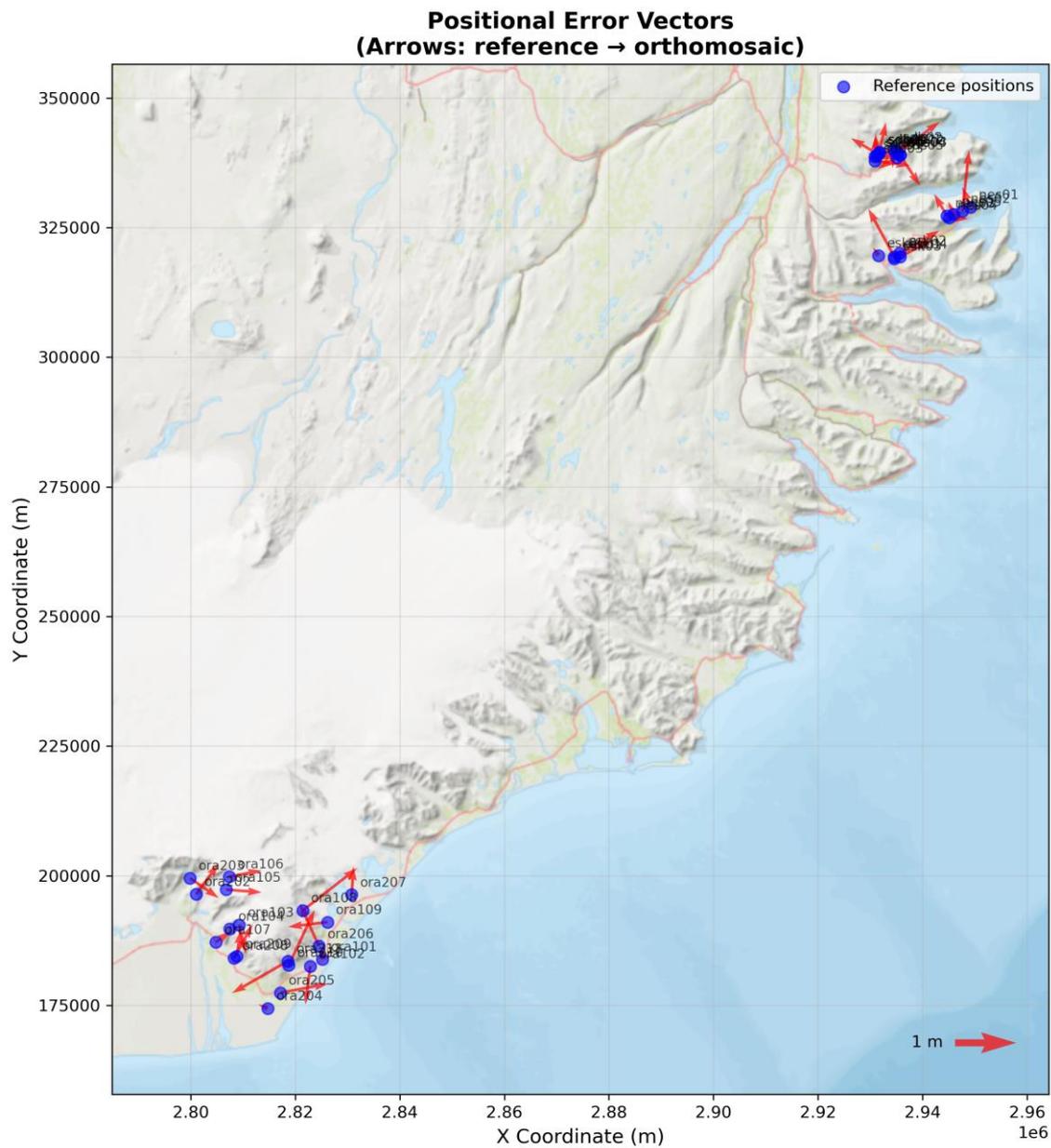
Samanburðurinn gaf staðalskekku (RMSE) upp á 0,31 m og staðlað miðgildisfrávik (NMAD) upp á 0,36 m í X-stefnu og 0,37 m í Y-stefnu (3. mynd, 5. tafla 5). 90% lárétt staðsetningaróvissa var metin 0,90 m samkvæmt CE90 (90% öryggismörk), og 0,54 m samkvæmt NSSDA (95% öryggismörk). Við matið var tekið tillit til þess að lárétt nákvæmni LiDAR-mælinganna sjálfra er um 0,5 m⁷.

Staðsetningarnákvæmni var svipuð óháð halla og hæð og benti ekki til þess að óvissa væri kerfisbundið háð tilteknum landslagsþáttum (sjá kafla 5.4).

⁷ <https://www.vedur.is/media/vedurstofan/utgafa/hlidarefni/J61-Johannessonetal.pdf>

5. tafla. Samanburður viðmiðunarpunkta á sex LiDAR-landlíkönum (n = 41) og samsettum myndkortum.

Tölfræði	X-stefna (m)	Y-stefna (m)
Meðal	0,11	0,18
Miðgildi	0,11	0,19
Staðalfrávik	0,40	0,39
Staðalskekkja (RMSE)	0,41	0,42
Staðlað miðgildisfrávik (NMAD)	0,36	0,35



3. mynd. Staðsetning viðmiðunarpunkta og fráviksvektora á LiDAR-landlíkönum og loftmyndum.

4 MYNDGÆÐI

6. tafla. Samanburður myndkorts við viðeigandi útboðskröfur um myndgæði (viðauki A1, kaflar 1.2 og 1.5; viðauki A2, kafli 4.1).

Kaflanúmer og krafa	Lýsing	Niðurstaða	Athugasemdir
1.2 (d) Sólarhæð	1. Myndblokkir með grunnupplausn 10 cm: $\geq 35^\circ$ yfir sjóndeildarhring 2. Myndblokkir af bröttu landi: $\geq 30^\circ$ yfir sjóndeildarhring 3. Aðrar myndblokkir: $\geq 20^\circ$ yfir sjóndeildarhring	Uppfyllir kröfur	
1.2 (e) Snjóalög	Snjór er ekki heimill á láglandissvæðum. Á fjalllendi er takmarkaður varanlegur snjór leyfður	Uppfyllir kröfur	
1.2 (f) Ský og veðurskilyrði	Myndblokkir skulu vera án skýja. Smá eða dreifð ský á einstökum myndum eru leyfð ef myndkortíð er að lokum alveg skýlaust. Undantekningar gilda fyrir stór vötn og stærstu jökla (Drangajökull, Hofsjökull, Langjökull, Vatnajökull, Mýrdalsjökull), þar sem takmörkuð skýjahula er leyfð.	Uppfyllir kröfur (-)	Ský eru til staðar í Bakkaflóa (Hraunatangi og Selfjall austanvert). Þau eru dreifð og mynda ekki veruleg göt í gögnunum, þó er mælt með endurflugi árið 2026. Þar sem svæðið er lítið ($\sim 12 \text{ km}^2$) voru gögnin samþykkt.
1.2 (g) Pixlastærð	10 cm eða 25 cm, eftir svæði	Uppfyllir kröfur	
1.5 (a) Birtugæði	Unnar myndir skulu nýta allt birtusvið gagna.	Uppfyllir kröfur	
1.5 (b) Litajafnvæg	Myndir skulu hafa fullnægjandi sjónrænt útlit og jafnvægi í litum.	Uppfyllir kröfur	
4.1 (d) Birtugæði innan myndblokka	Birtugæði og litajafnvægi skulu vera samræmd innan hverrar myndablokkar.	Uppfyllir kröfur	Þekkt vandamál með daufan litatón á milli milli Bessastaðavatna og Hallormsstaðaskógar . Samþykkt þar sem svæðið er lítið og kennileiti greinileg. Mælt með endurflugi eða endurvinnslu síðar ef kostur er.
4.1 (e) Birtugæði milli myndblokka	Birtugæði og litajafnvægi skulu vera samræmd milli allra svæða, sérstaklega milli aðliggjandi blokka.	Uppfyllir kröfur	
4.1 (g) Strand- og hafsvæði	Myndkort kal varðveita gögn sem safnað var utan strandlínu.	Uppfyllir kröfur	
4.1 (h) Jöklar	Sérkenni á yfirborði jökla skulu vera greinilega sýnileg á myndkortí.	Uppfyllir kröfur	



5 VIÐAUKAR

5.1 Frávik viðmiðunarpunkta samkvæmt skýrslu Leica Geosystems

7. tafla. Frávik á viðmiðunarpunktum samkvæmt skýrslu Leica Geosystems um myndmælingar.

Viðmiðunarpunktur (GCP) ⁸	Skráð frávik XY (m)	Skráð frávik Z (m)
HI80_31_GCP_1	0,20	0,03
HI80_31_GCP_4	0,12	-0,14
NE80_35_GCP_8	0,09	0,04
NE81_39_GCP_2	0,07	0,11
NE81_39_GCP_3	0,14	-0,09
NE81_39_GCP_7	0,06	-0,05
NE86_31_GCP_10	0,03	0,26
NE86_31_GCP_9	0,13	0,11
NE86_35_GCP_10	0,11	0,06
NE86_35_GCP_5	0,14	-0,03
SE79_16_GCP_5	0,03	-0,11
SE79_16_GCP_6	0,07	0,03

5.2 Lárétt staðsetningaróvissa: samanburður á viðmiðunarpunktum og myndkortum

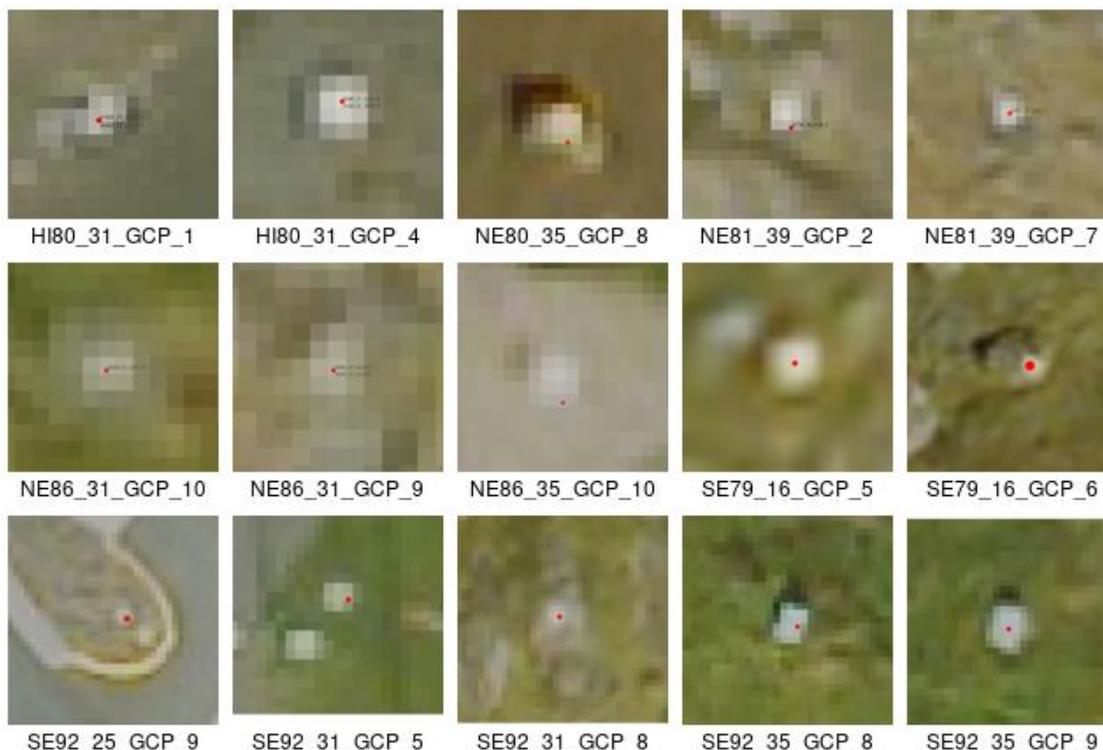
8. tafla. Vinstri: grunntölfræði; hægrri: lárétt nákvæmni frávika á viðmiðunarpunktum miðað við mæld hnit (N = 15).

Statistic	X-stefna (m)	Y-stefna (m)	Mælikvarði	Gildi (m)
Meðal	-0,06	0,10	Staðalskekking í legu	0,21
Miðgildi	-0,04	0,05	90% skekkja í legu (CE90)	0,37
Staðalfrávik	0,10	0,15	NSSDA	0,36
Staðalskekking (RMSE)	0,12	0,17		
Staðlað miðgildisfrávik (NMAD)	0,09	0,08		

⁸ <https://gatt.lmi.is/geonetwork/srv/ice/catalog.search#/metadata/0f5db579-c85d-4d86-9b80-1958aa8a03a1>

9. tafla. Frávik einstakra viðmiðunarpunkta miðað við mæld hnit.

Viðmiðunarpunktur (GCP) ⁹	ΔX (m)	ΔY (m)	Samtals (m)	Halli (°)	Hæð (m)
SE92_25_GCP_9	-0,18	0,14	0,22	5,2	10,7
SE92_31_GCP_5	-0,28	0,04	0,29	1,3	2,3
SE92_31_GCP_8	-0,06	0,03	0,07	3,9	45,6
SE92_35_GCP_8	-0,24	0,08	0,24	1,7	35,6
SE92_35_GCP_9	-0,04	0,06	0,07	7,8	47,5
SE79_16_GCP_5	-0,02	-0,02	0,03	1,9	29,2
SE79_16_GCP_6	0,07	-0,03	0,08	1,3	77,0
HI80_31_GCP_1	0,06	0,09	0,10	5,5	444,0
HI80_31_GCP_4	-0,01	-0,06	0,06	6,1	487,6
NE80_35_GCP_8	-0,03	0,41	0,41	16,5	511,8
NE81_39_GCP_2	-0,09	0,32	0,33	1,5	395,4
NE81_39_GCP_3	-0,01	0,05	0,05	4,3	324,0
NE81_39_GCP_7	-0,06	0,00	0,06	10,8	130,3
NE86_31_GCP_10	0,03	-0,01	0,03	8,7	228,6
NE86_31_GCP_9	0,03	0,06	0,07	2,8	47,0
NE86_35_GCP_10	-0,14	0,41	0,43	1,8	74,2



4. mynd. Myndir sem sýna viðmiðunarpunkta á myndkortu. Rauðir punktar sýna GNSS-mælda staðsetningu viðmiðunarpunkta og texti undir myndum sýna hæiti punktanna.

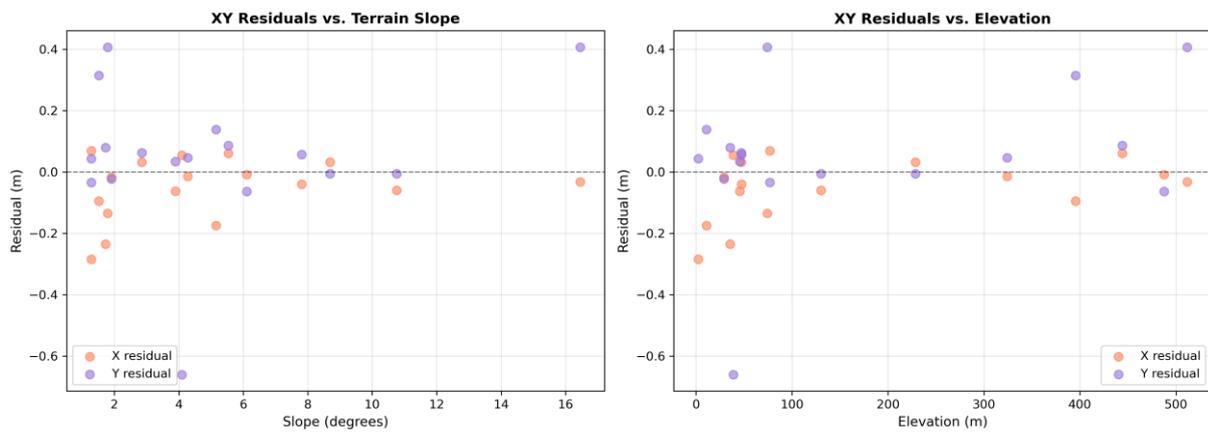
⁹ <https://gatt.lmi.is/geonetwork/srv/ice/catalog.search#/metadata/0f5db579-c85d-4d86-9b80-1958aa8a03a1>

10. tafla. Óvissa viðmiðunarpunkta eftir hallaflokki.

Hallaflokkur	N	NMAD (X)	NMAD (Y)	CE90	NSSDA
Flatt (< 5°)	9	0,11	0,05	0,35	0,39
Lítill halli (5–10°)	5	0,06	0,09	0,18	0,20
Miðlungs halli (10–20°)	2	0,02	0,30	0,37	0,50

11. tafla. Óvissa viðmiðunarpunkta eftir hæð.

Hæðarflokkur	N	NMAD (X)	NMAD (Y)	CE90	NSSDA
2–104 m	9	0,14	0,03	0,32	0,36
308–410 m	2	0,06	0,20	0,30	0,41
410–512 m	3	0,03	0,22	0,35	0,43



1. mynd. Frávik viðmiðunarpunkta í samanburði við myndkort. Vinstri: frávik sem fall af halla. Hægri: frávik sem fall af hæð.

5.3 Lárétt staðsetningaróvissa: samanburður á LiDAR-landlíkönum og samsettum myndkortum

12. tafla. Vinstri: grunntölfræði frávíka; hægri: lárétt nákvæmni samsettra myndakorta metin með völdum viðmiðunarpunktum á LiDAR-landlíkönum (N = 41).

Statistic	X-stefna (m)	Y-stefna (m)	Mælikvarði	Gildi (m)
Meðal	0,11	0,18	Staðalskekkja í legu (RMSE XY)	0,31
Miðgildi	0,11	0,19	90% skekkja í legu (CE90)	0,90
Staðalfrávik	0,40	0,38	NSSDA	0,54
Staðalskekkja (RMSE)	0,41	0,42		
Staðlað miðgildisfrávik (NMAD)	0,36	0,35		

13. tafla. Frávik einstakra viðmiðunarpunkta miðað við LiDAR-landlíkön.

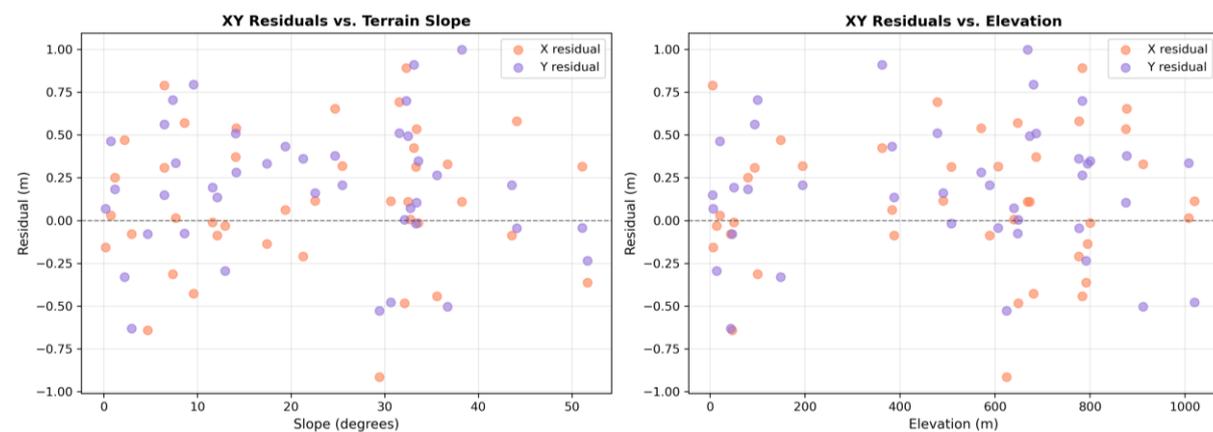
Punktur	ΔX (m)	ΔY (m)	Samtals (m)	Halli (°)	Hæð (m)
ORA202	0,37	0,51	0,63	14,1	686,8
ORA203	0,47	-0,33	0,57	2,2	148,7
ORA204	-0,16	0,07	0,17	0,2	6,5
ORA205	0,79	0,15	0,80	6,4	5,5
ORA206	-0,31	0,70	0,77	7,4	100,0
ORA207	0,03	0,46	0,46	0,8	20,7
ORA208	0,31	0,56	0,64	6,5	94,1
ORA209	0,06	0,43	0,44	19,4	383,3
ORA210	0,43	0,91	1,00	33,1	362,1
ORA211	-0,91	-0,53	1,05	29,4	624,4
ORA101	-0,01	0,19	0,19	11,6	50,3
ORA102	-0,07	-0,63	0,63	3,0	43,2
ORA103	0,11	-0,47	0,49	30,6	1020,3
ORA104	0,00	0,07	0,07	32,7	639,9
ORA105	0,58	-0,04	0,58	44,1	776,8
ORA106	0,53	0,10	0,54	33,4	875,7
ORA107	0,25	0,18	0,30	1,2	79,8
ORA108	0,89	0,70	1,13	32,3	783,8
ORA109	-0,64	-0,07	0,64	4,7	46,7
ESK01	-0,42	0,79	0,90	9,6	681,0
ESK02	0,65	0,37	0,75	24,7	877,1
ESK03	0,11	0,16	0,19	22,6	490,9
ESK04	0,53	0,28	0,60	14,1	571,0
ESK05	-0,08	0,13	0,16	12,1	387,4
NES01	-0,13	0,33	0,36	17,4	794,9
NES02	0,11	0,99	1,00	38,3	668,7
NES03	-0,21	0,36	0,41	21,3	776,5
NES04	0,31	-0,01	0,31	33,3	508,2
NES05	-0,08	0,20	0,22	43,6	588,5
SDB01	0,01	0,33	0,33	7,7	1007,9
SDB02	-0,03	-0,29	0,29	12,9	13,6
SDB03	0,57	-0,07	0,57	8,6	647,9
SDB04	-0,01	0,34	0,34	33,6	800,2
SDB05	-0,44	0,26	0,51	35,6	783,5
SDB06	0,10	0,49	0,50	32,5	673,0
SDB07	0,31	-0,04	0,31	51,1	606,3
SDS01	0,31	0,20	0,37	25,5	194,7
SDS02	0,69	0,51	0,86	31,6	478,5
SDS03	-0,36	-0,23	0,43	51,7	791,9
SDS04	0,32	-0,50	0,60	36,7	911,5
SDS05	-0,48	0,00	0,48	32,1	648,7

14. tafla. Óvissa viðmiðunarpunkta eftir hallaflokki.

Hallaflokkur	N	NMAD (X)	NMAD (Y)	CE90	NSSDA
Flatt (<5°)	6	0,30	0,38	0,64	0,86
Lítill halli (5–10°)	6	0,65	0,41	0,85	1,20
Miðlungs halli (10–20°)	7	0,11	0,22	0,62	0,73
Mikill halli (20–35°)	15	0,46	0,30	1,04	1,12
Mjög mikill halli (>35°)	7	0,32	0,37	0,76	1,00

15. tafla. Óvissa viðmiðunarpunkta eftir hæð.

Hæðarflokkur	N	NMAD (X)	NMAD (Y)	CE90	NSSDA
5–208 m	12	0,40	0,40	0,76	0,92
208–411 m	3	0,22	0,44	0,89	1,11
411–614 m	6	0,32	0,22	0,73	0,84
614–817 m	15	0,57	0,49	1,04	1,15
817–1020 m	5	0,32	0,41	0,69	0,97



6. mynd. Frávik viðmiðunarpunkta á LiDAR-landlíkönum í samanburði við samsett myndkort. Vinstri: frávik sem fall af halla. Hægri: frávik sem fall af hæð.

1 INTRODUCTION

This document presents the quality assessment of the 2025 aerial imagery campaign carried out to produce country-wide orthomosaics, in accordance with tender [no. 22122, Digital Aerial Ortho Imagery in Iceland](#)¹. An overview of the project is shown in Table 1 and Figure 1.

Table 1. Overview of the 2025 flight campaign.

Contractor	Area mapped	Contracted lot size	Aircraft	Camera	Imaging days
Leica Geosystems	17,212 km ²	56,287 km ²	Beechcraft King Air C90	Leica DMC-4	4

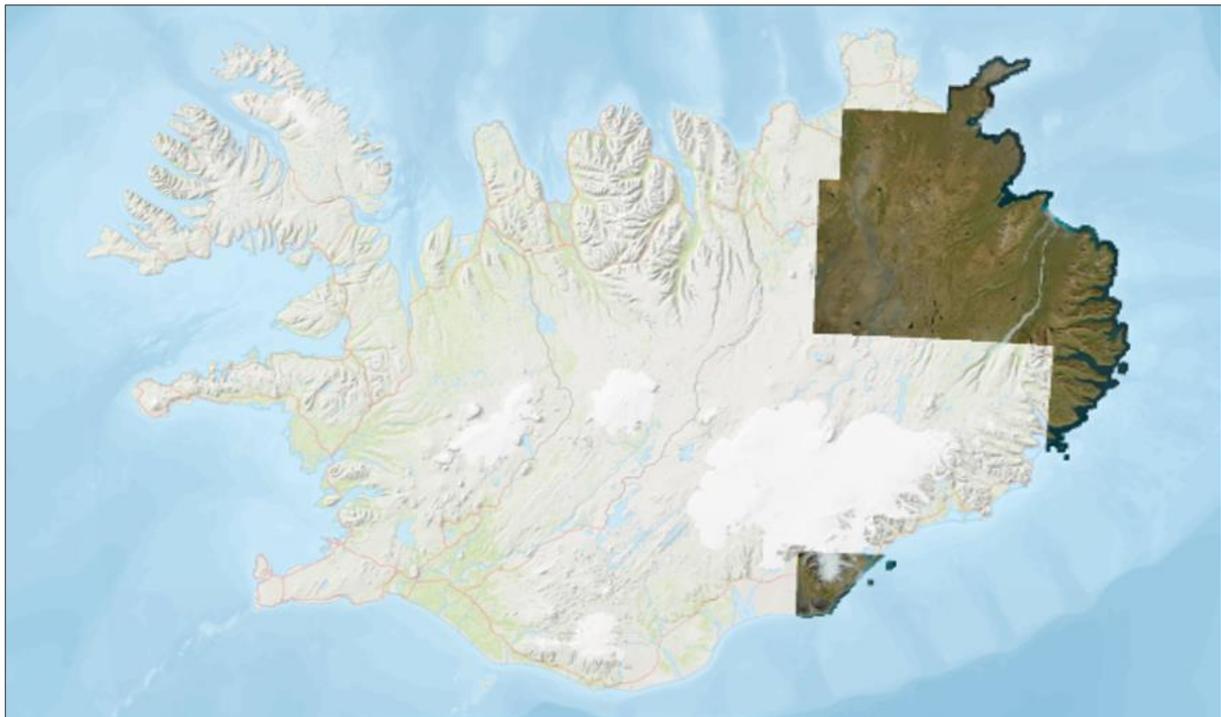


Figure 1. Overview of the areas mapped in 2025.

The quality assessment is divided into two parts: spatial accuracy and radiometric (visual) quality. The imagery acquired in 2025 meets all tender requirements for spatial accuracy (Table 2) and radiometric image quality (Table 3).

Table 2. Summary of spatial accuracy assessment for the orthomosaic (see Section 3)

Requirement	Quality assurance
RMSE at checkpoints < 50 cm	PASS
Maximum error at any known point < 1 m	PASS
Discrepancy between neighbouring blocks < 2 pixels	PASS

¹ Full tender requirements can be viewed at the following links:

https://ftp.lmi.is/stm/lmutbod/A1-20230601_Technical_specs_photogram_surveys_10-25cm.xlsx

https://ftp.lmi.is/stm/lmutbod/A2-20230601_Technical_specs_ortho_production_10-25cm.xlsx

Table 3. Summary of radiometric and visual quality assessment for the orthomosaic (see Section 4).

Image quality category	Quality assurance
Sun angle limit	PASS
Snow conditions	PASS
Clouds	PASS (-)
Pixel size	PASS
Radiometry	PASS
Color balance	PASS
Radiometry within blocks	PASS
Radiometry between blocks	PASS
Coastal and marine areas	PASS
Glaciers	PASS

2 LIST OF ABBREVIATIONS

- CE90** Circular Error Probable at 90% confidence ²
- FGDC** Federal Geographic Data Committee ³ (United States)
- GCP** Ground Control Point
- GNSS** Global Navigation Satellite System
- GSD** Ground Sampling Distance
- NMAD** Normalized Median Absolute Deviation ⁴ $NMAD = 1.4826 \cdot \text{median}_j (\Delta h_{j-m} \Delta h)$
- NSSDA** National Standard for Spatial Data Accuracy ⁵
- QA** Quality assurance
- RMSE** Root Means Squared Error $(\sum(\hat{y}_i - y_i)^2 / n)$

² Greenwalt, C. R., & Schultz, M. E. (1962). *Principles of error theory and cartographic applications* (No. 96), Aeronautical Chart and Information Center.

³ <https://www.fgdc.gov/>

⁴ Höhle, J., & Höhle, M. (2009). Accuracy assessment of digital elevation models by means of robust statistical methods. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(4), 398-406. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.02.003>

⁵ Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy (1998). *National Aeronautics and Space Administration: Virginia, NV, USA.*, <https://www.fgdc.gov/standards/projects/accuracy/part3/chapter3>



3 SPATIAL ACCURACY

The quality assurance of the spatial accuracy of the 2025 orthomosaics is presented in two sections:

- i. Comparison of ground control checkpoints, not used in the aerotriangulation process, with the final orthomosaic to assess horizontal accuracy.
- ii. Comparison of selected reference points from lidar datasets of known accuracy with the final orthomosaic to verify the horizontal accuracy on various slopes and terrain types where ground control points are missing.

Full details of the evaluation of the spatial accuracy are provided in Appendix (Section 5).

3.1 Orthomosaic spatial accuracy – Comparison with checkpoints

Spatial accuracy of the orthomosaics was estimated by comparing GNSS-measured horizontal coordinates of 16 checkpoints⁶ with the corresponding horizontal coordinates of the center of the target in the final orthomosaic. These checkpoints were not used during aerotriangulation.

The comparison yielded a radial RMSE of 0.20 m, and a NMAD of 0.09 m in both X and Y directions (Figure 2, Table 2). The resulting planimetric uncertainty was estimated at 0.37 m using CE90 (90% confidence), and 0.36 m using NSSDA (95% confidence) (Table 4).

The orthomosaic therefore meets the tender requirements for horizontal accuracy.

Table 4. Results of comparison of the checkpoints (n=15) with the orthomosaics.

Statistic	X Direction	Y Direction
Mean Residual	-0.06 m	0.10 m
Median Residual	-0.04 m	0.05 m
Standard deviation	0.10 m	0.15 m
RMSE	0.12 m	0.17 m
NMAD	0.09 m	0.08 m

⁶ <https://gatt.lmi.is/geonetwork/srv/ice/catalog.search#/metadata/0f5db579-c85d-4d86-9b80-1958aa8a03a1>

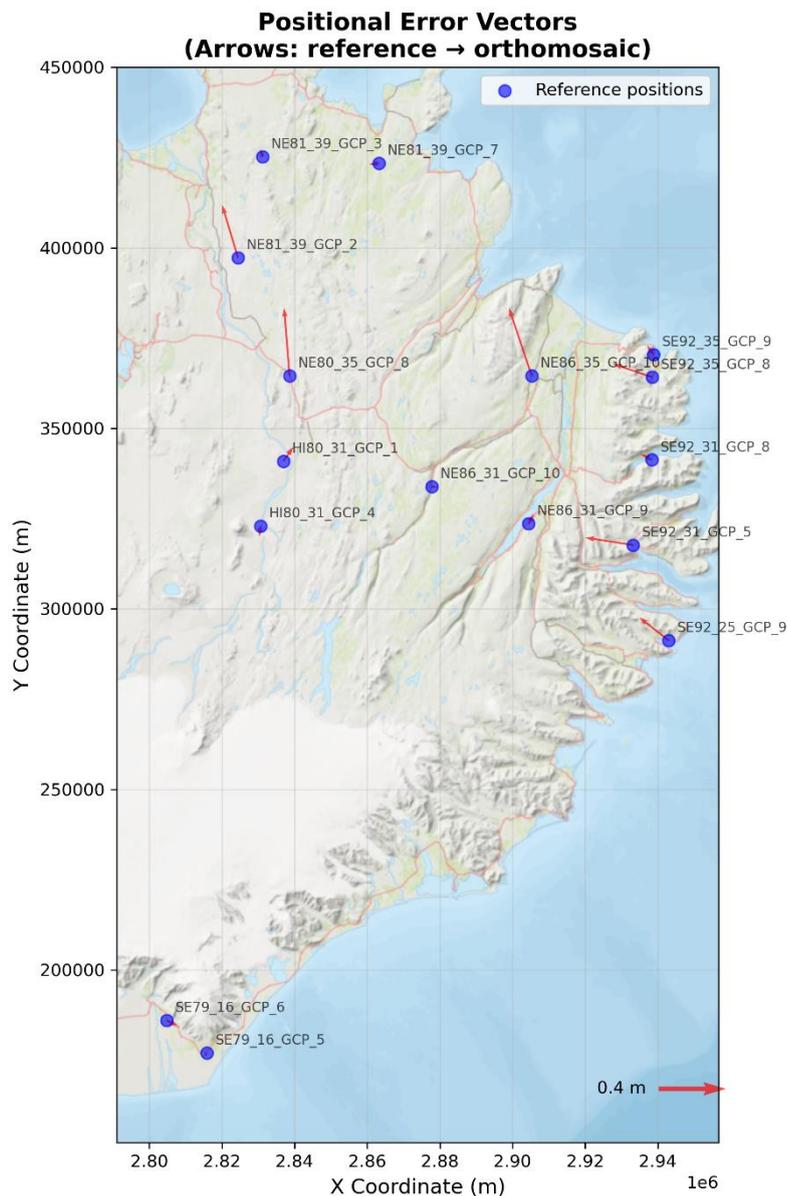


Figure 2. Locations and residual vectors of checkpoints compared to the orthomosaic.

3.2 Orthomosaic spatial accuracy – Comparison with lidar reference data

To evaluate accuracy across a range of slopes and terrains, a total of 41 interest points were manually selected from six lidar hillshades datasets with a ground sampling distance (GSD) of 50×50 cm in mountainous areas, using features that were also visible in the orthomosaics (e.g. boulders). This comparison provided additional validation of orthomosaic accuracy in complex terrain and across different ranges of elevations and slopes.

The comparison yielded a radial RMSE of 0.31 m, and a NMAD of 0.36 m (X) and 0.37 m (Y) (Figure 3, Table 5). Planimetric uncertainty was estimated as 0.90 m using CE90 (90% confidence), and 0.54 m using NSSDA (95% confidence). These results take into account that the lidar surveys have a horizontal accuracy of 0.5 m^7 .

Spatial accuracy was similar for all slopes and elevations, showing no trend of different uncertainties for different terrain attributes (Section 5.3).

⁷ <https://www.vedur.is/media/vedurstofan/utgafa/hlidarefni/J61-Johannessonetal.pdf>

Table 5. Results of comparison between interest points from six lidar hillshades (n = 41) and the orthomosaic.

Statistic	X Direction	Y Direction
Mean residual	0.11 m	0.18 m
Median residual	0.11 m	0.19 m
Standard deviation	0.40 m	0.39 m
RMSE	0.41 m	0.42 m
NMAD	0.36 m	0.35 m

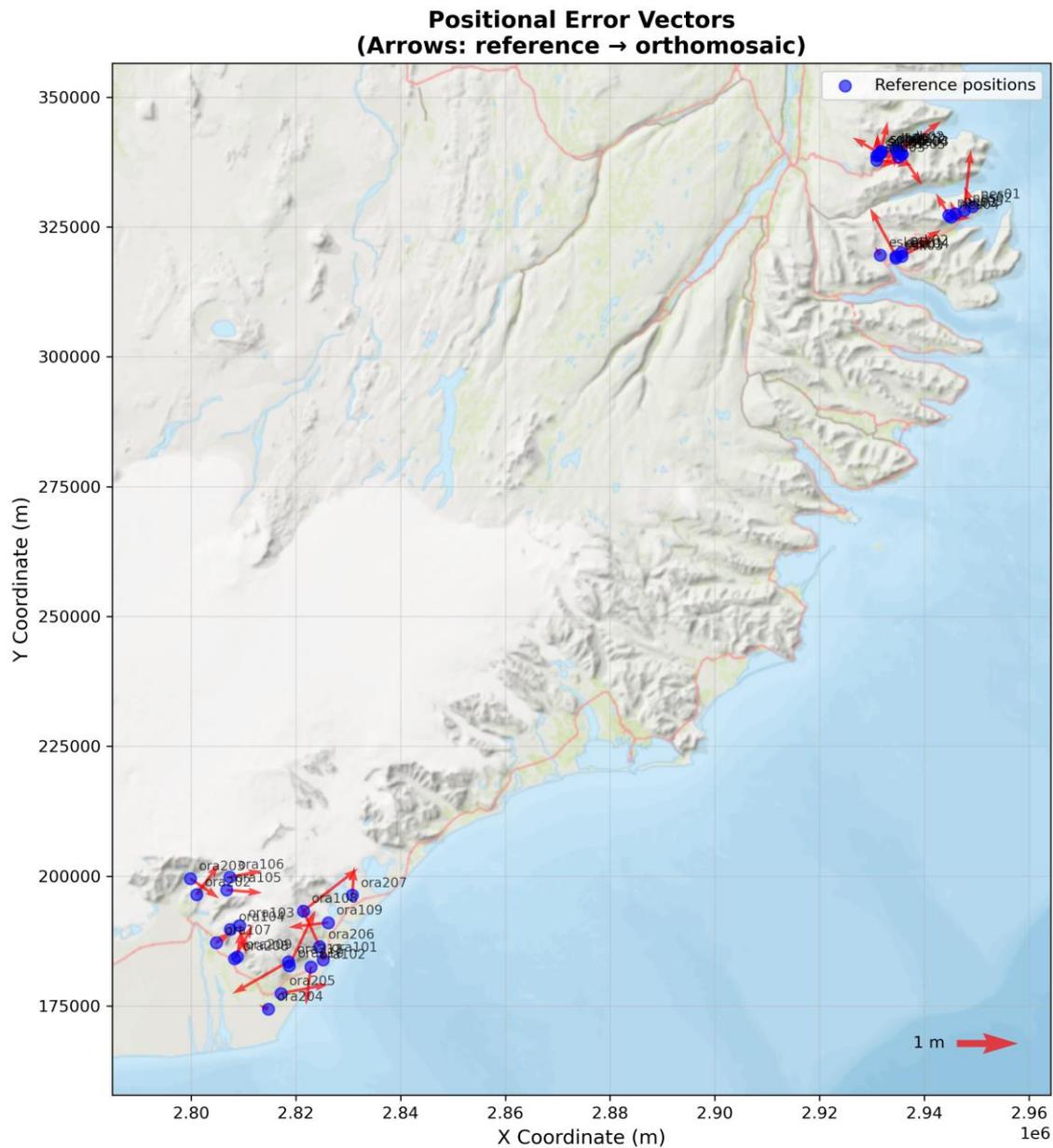


Figure 3. Locations and residual vectors for interest points from lidar hillshade and the orthomosaic.

4 RADIOMETRIC AND VISUAL QUALITY

Table 6. Results of the orthomosaic compared with relevant tender requirements for radiometry and visual quality (Appendix A1 Section 1.2 and 1.5; Appendix A2 Section 4.1).

Requirement and Section number	Description Summary	QA	Notes
1.2 (d) Sun angle limit	1. Blocks at GSD 10 cm: $\geq 35^\circ$ above horizon 2. Blocks with steep terrain: $\geq 30^\circ$ above horizon 3. All other blocks: $\geq 20^\circ$ above horizon	PASS	
1.2 (e) Snow conditions	No snow permitted in lowland blocks. In mountainous areas, limited persistent snow is allowed	PASS	
1.2 (f) Cloud and Atmospheric conditions	Blocks must be cloud-free. Small or sparse clouds allowed on individual images as long as resulting orthomosaics are completely cloud-free. Exceptions apply to large water bodies and major ice caps (Drangajökull, Hofsjökull, Langjökull, Vatnajökull, Mýrdalsjökull) where limited cloud cover is acceptable.	PASS (-)	Known clouds presence in Bakkaflóí (Hraunatangi, Selfjall, eastern side). Clouds are sparse and do not create significant gaps; however, re-flights are recommended in 2026. Since this was such a small portion of the flown area (~12 km ²), the data were accepted.
1.2 (g) Pixel size	10 cm or 25 cm, depending on survey area	PASS	
1.5 (a) Radiometry	Processed images must make effective use of all bits.	PASS	
1.5 (b) Image color balance	Images must have adequate visual aspect and color balance.	PASS	
4.1 (d) Radiometry within blocks	Radiometry and color balance must be internally consistent within each photogrammetric survey.	PASS	Known issue with hazy image colors between Bessastaðavötn and Hallormsskógur . Accepted because the area is small and ground features remain clearly visible. Re-flight or reprocessing recommended next year if possible.
			
4.1 (e) Radiometry between blocks	Radiometry and color balance must be consistent between all the survey areas, particularly neighboring blocks.	PASS	
4.1 (g) Coastal and sea areas	Orthomosaic must keep the data collected outside coastal areas	PASS	
4.1 (h) Glaciers	Surface details in ice must be clearly visible in the orthomosaic	PASS	

5 APPENDIX

5.1 Checkpoint residuals as reported by Leica Geosystems

Table 7. Residuals (errors) at checkpoints as reported by Leica Geosystems in the aerotriangulation report.

GCP ⁸	Reported Residual XY (m)	Reported Residual Z (m)
HI80_31_GCP_1	0.20	0.03
HI80_31_GCP_4	0.12	-0.14
NE80_35_GCP_8	0.09	0.04
NE81_39_GCP_2	0.07	0.11
NE81_39_GCP_3	0.14	-0.09
NE81_39_GCP_7	0.06	-0.05
NE86_31_GCP_10	0.03	0.26
NE86_31_GCP_9	0.13	0.11
NE86_35_GCP_10	0.11	0.06
NE86_35_GCP_5	0.14	-0.03
SE79_16_GCP_5	0.03	-0.11
SE79_16_GCP_6	0.07	0.03

5.2 Full report on horizontal uncertainties: checkpoints vs. orthomosaic

Table 8. Left: Basic statistics; right: horizontal accuracy of residuals at checkpoints compared with measured coordinates (N = 15).

Statistic	X Direction	Y Direction	Metric	Value
Mean residual	-0.06 m	0.10 m	Radial RMSE	0.21 m
Median residual	-0.04 m	0.05 m	CE90	0.37 m
Standard deviation	0.10 m	0.15 m	NSSDA	0.36 m
RMSE	0.12 m	0.17 m		
NMAD	0.09 m	0.08 m		

⁸ <https://gatt.lmi.is/geonetwork/srv/ice/catalog.search#/metadata/0f5db579-c85d-4d86-9b80-1958aa8a03a1>

Table 9. Residuals (errors) at individual checkpoints compared with measured coordinates.

Point ⁹	ΔX (m)	ΔY (m)	Total (m)	Slope (°)	Elev (m)
SE92_25_GCP_9	-0.18	0.14	0.22	5.2	10.7
SE92_31_GCP_5	-0.28	0.04	0.29	1.3	2.3
SE92_31_GCP_8	-0.06	0.03	0.07	3.9	45.6
SE92_35_GCP_8	-0.24	0.08	0.24	1.7	35.6
SE92_35_GCP_9	-0.04	0.06	0.07	7.8	47.5
SE79_16_GCP_5	-0.02	-0.02	0.03	1.9	29.2
SE79_16_GCP_6	0.07	-0.03	0.08	1.3	77.0
HI80_31_GCP_1	0.06	0.09	0.10	5.5	444.0
HI80_31_GCP_4	-0.01	-0.06	0.06	6.1	487.6
NE80_35_GCP_8	-0.03	0.41	0.41	16.5	511.8
NE81_39_GCP_2	-0.09	0.32	0.33	1.5	395.4
NE81_39_GCP_3	-0.01	0.05	0.05	4.3	324.0
NE81_39_GCP_7	-0.06	0.00	0.06	10.8	130.3
NE86_31_GCP_10	0.03	-0.01	0.03	8.7	228.6
NE86_31_GCP_9	0.03	0.06	0.07	2.8	47.0
NE86_35_GCP_10	-0.14	0.41	0.43	1.8	74.2

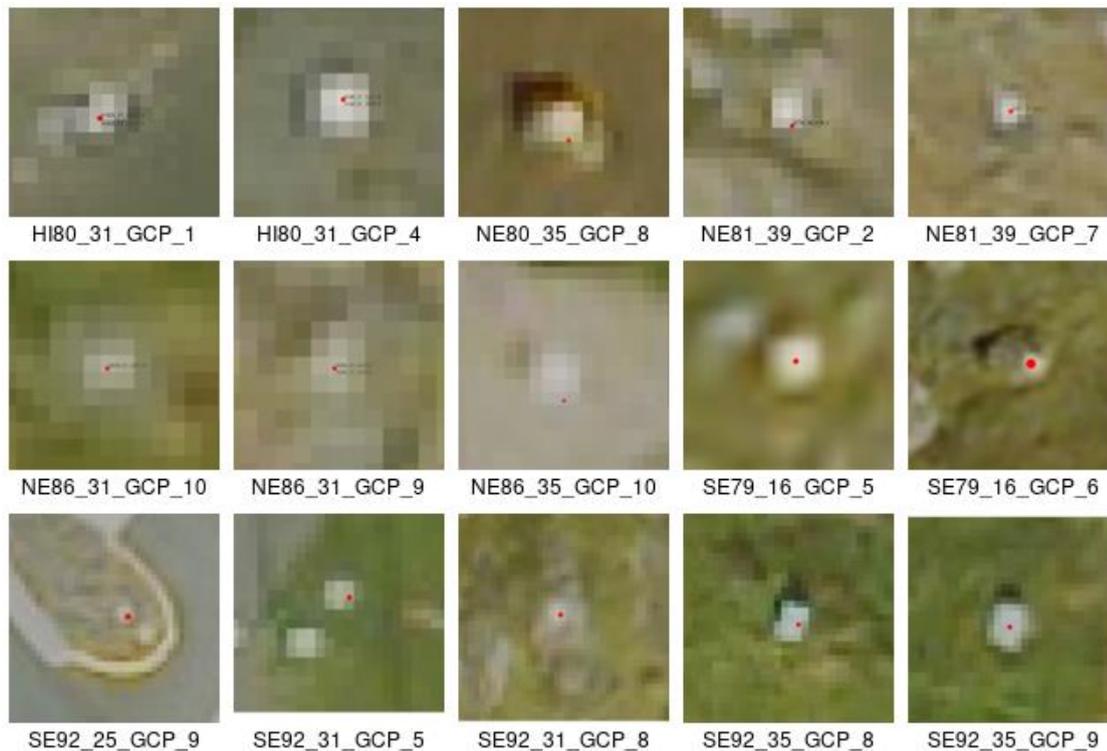


Figure 4. Images showing checkpoints in the orthomosaic. Red dots indicate GNSS-measured checkpoint locations, and labels show checkpoint names.

⁹ <https://gatt.lmi.is/geonetwork/srv/ice/catalog.search#/metadata/0f5db579-c85d-4d86-9b80-1958aa8a03a1>

Table 10. Uncertainties of checkpoints by slope class.

Slope class	N	NMAD (X)	NMAD (Y)	CE90	NSSDA
Flat (<5°)	9	0.11	0.05	0.35	0.39
Gentle (5–10°)	5	0.06	0.09	0.18	0.20
Moderate (10–20°)	2	0.02	0.30	0.37	0.50

Table 111. Uncertainties of GCP checkpoints by elevation.

Elevation class	N	NMAD (X)	NMAD (Y)	CE90	NSSDA
2–104 m	9	0.14	0.03	0.32	0.36
308–410 m	2	0.06	0.20	0.30	0.41
410–512 m	3	0.03	0.22	0.35	0.43

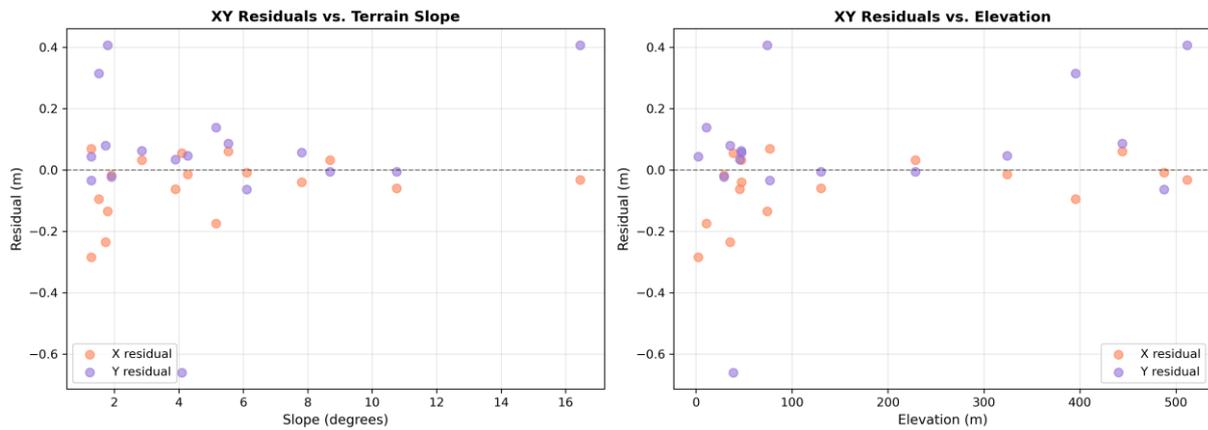


Figure 5. Residual errors from GCP checkpoints versus the orthomosaic. Left: error as a function of slope. Right: error as a function of elevation.

5.3 Full report on horizontal uncertainties: lidar–orthomosaic comparison

Table 12. Left: basic residual statistics; right: horizontal accuracy of the orthomosaics as determined using selected interest points compared to lidar (N = 41).

Statistic	X Direction	Y Direction	Metric	Value
Mean residual	0.11 m	0.18 m	Radial RMSE	0.31 m
Median residual	0.11 m	0.19 m	CE90	0.90 m
Standard deviation	0.40 m	0.38 m	NSSDA	0.54 m
RMSE	0.41 m	0.42 m		
NMAD	0.36 m	0.35 m		

Table 13. Residuals on individual interest points compared to lidar.

Point	ΔX (m)	ΔY (m)	Total (m)	Slope (°)	Elevation (m)
ORA202	0.37	0.51	0.63	14.1	686.8
ORA203	0.47	-0.33	0.57	2.2	148.7
ORA204	-0.16	0.07	0.17	0.2	6.5
ORA205	0.79	0.15	0.80	6.4	5.5
ORA206	-0.31	0.70	0.77	7.4	100.0
ORA207	0.03	0.46	0.46	0.8	20.7
ORA208	0.31	0.56	0.64	6.5	94.1
ORA209	0.06	0.43	0.44	19.4	383.3
ORA210	0.43	0.91	1.00	33.1	362.1
ORA211	-0.91	-0.53	1.05	29.4	624.4
ORA101	-0.01	0.19	0.19	11.6	50.3
ORA102	-0.07	-0.63	0.63	3.0	43.2
ORA103	0.11	-0.47	0.49	30.6	1020.3
ORA104	0.00	0.07	0.07	32.7	639.9
ORA105	0.58	-0.04	0.58	44.1	776.8
ORA106	0.53	0.10	0.54	33.4	875.7
ORA107	0.25	0.18	0.30	1.2	79.8
ORA108	0.89	0.70	1.13	32.3	783.8
ORA109	-0.64	-0.07	0.64	4.7	46.7
ESK01	-0.42	0.79	0.90	9.6	681.0
ESK02	0.65	0.37	0.75	24.7	877.1
ESK03	0.11	0.16	0.19	22.6	490.9
ESK04	0.53	0.28	0.60	14.1	571.0
ESK05	-0.08	0.13	0.16	12.1	387.4
NES01	-0.13	0.33	0.36	17.4	794.9
NES02	0.11	0.99	1.00	38.3	668.7
NES03	-0.21	0.36	0.41	21.3	776.5
NES04	0.31	-0.01	0.31	33.3	508.2
NES05	-0.08	0.20	0.22	43.6	588.5
SDB01	0.01	0.33	0.33	7.7	1007.9
SDB02	-0.03	-0.29	0.29	12.9	13.6
SDB03	0.57	-0.07	0.57	8.6	647.9
SDB04	-0.01	0.34	0.34	33.6	800.2
SDB05	-0.44	0.26	0.51	35.6	783.5
SDB06	0.10	0.49	0.50	32.5	673.0
SDB07	0.31	-0.04	0.31	51.1	606.3
SDS01	0.31	0.20	0.37	25.5	194.7
SDS02	0.69	0.51	0.86	31.6	478.5
SDS03	-0.36	-0.23	0.43	51.7	791.9
SDS04	0.32	-0.50	0.60	36.7	911.5
SDS05	-0.48	0.00	0.48	32.1	648.7

Table 14. Uncertainties on interest points by slope class.

Slope class	N	NMAD (X)	NMAD (Y)	CE90	NSSDA
Flat (<5°)	6	0.30	0.38	0.64	0.86
Gentle (5–10°)	6	0.65	0.41	0.85	1.20
Moderate (10–20°)	7	0.11	0.22	0.62	0.73
Steep (20–35°)	15	0.46	0.30	1.04	1.12
Very steep (>35°)	7	0.32	0.37	0.76	1.00

Table 15. Uncertainties on interest points by elevation.

Elevation class	N	NMAD (X)	NMAD (Y)	CE90	NSSDA
5–208 m	12	0.40	0.40	0.76	0.92
208–411 m	3	0.22	0.44	0.89	1.11
411–614 m	6	0.32	0.22	0.73	0.84
614–817 m	15	0.57	0.49	1.04	1.15
817–1020 m	5	0.32	0.41	0.69	0.97

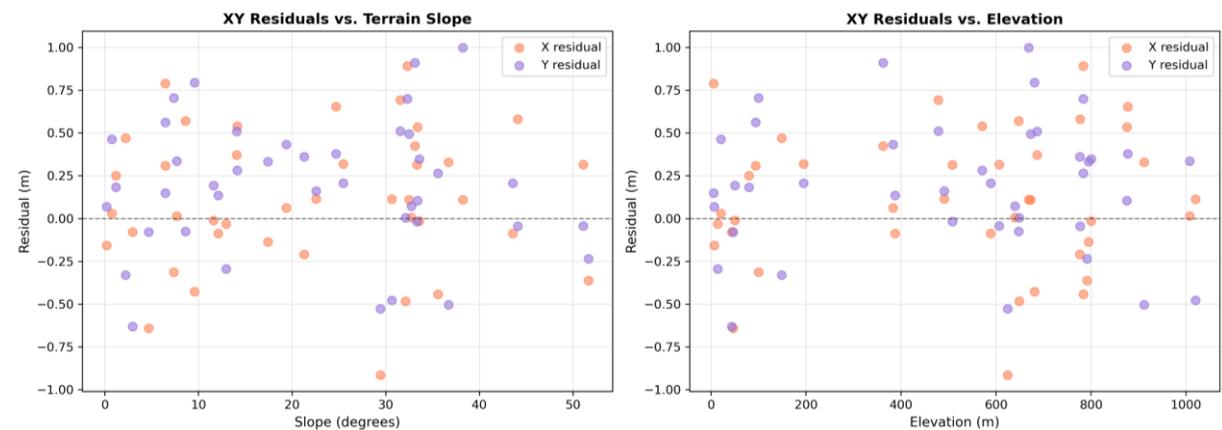


Figure 6. Residual errors of interest points from the lidar reference hillshade relative to the orthomosaic. Left: error as a function of slope. Right: error as a function of elevation.