

Sigurður Þórarinnsson (1912–1983)

Sigurður Steinþórsson

Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Askja, Sturlugata 7, 101 Reykjavík, Iceland, sigst@hi.is

Like the majority of Icelanders of his generation, Sigurður Þórarinnsson was born and brought up at a farm, in Vopnafjörður, NE-Iceland. Being a precocious child he was enrolled in the Akureyri Gymnasium from which he matriculated in 1931. Influenced by his natural-science teacher Pálmi Hannesson, he entered the Copenhagen University the following fall to study geology. After one winter in Denmark, however, he transferred to Stockholm to continue his studies, now in geography and botany as well as geology. After receiving his doctoral degree at the University of Stockholm in 1944, he returned to Iceland and worked for a while with the Research Council. In January 1947 he became Director of the Department of Geology and Geography, Museum of Natural History in Reykjavík, a position he held until 1968 when he became Professor of Geology and Geography at the University of Iceland. While Director of the Natural History Museum he was twice appointed Professor and Director of the Geographical Institute of Stockholm, in the years 1950–1951 and 1953.

When Sigurður Þórarinnsson began studying in Sweden the Department at the University of Stockholm boasted a number of leading scientists who directly and indirectly would influence his future scientific career. These included palynologist (pollen-analyst) Lennart von Post, geomorphologist and glaciologist Hans W:son Ahlmann, and Gerard de Geer, the founder of varve-dating.

The first two summers Sigurður remained in Sweden doing field work with Prof. von Post, but when news came in early 1934 of an eruption in Vatnajökull he immediately decided to return to Iceland. Once in Reykjavík he hastened east to study the effects of the recent eruption and jökulhlaup in Vatnajökull. Later, in June, he happened to be in Akureyri when the "Dalvík-earthquake" struck. Without delay

he went to village Dalvík to investigate, and thereafter spent much time gathering information about the earthquake over much of Iceland. This work resulted in Þórarinnsson's first scientific paper, *Das Dalvík-Beben in Nordisland 2. Juni 1934* which appeared in *Geografiska Annaler* 1937. This research by the 22 year old Sigurður was the first of its kind in Iceland.

Initially, both the eruption and the earthquake were coincidental. In a radio talk that Sigurður gave early in 1934, entitled "The marshes can talk" and subsequently was published in the periodical *Náttúrufræðingurinn*, he described his plan to use palynology to read the 10.000 year long history of Icelandic soil and vegetation. With this in mind he took up cooperation with Director of forestry Hákon Bjarnason on the study of volcanic ash layers in the soils, for both had realized the potential value of ash layers as time markers. Their work appeared in *Geografisk Tidsskrift* in 1940, (Bjarnason and Thorarinnsson, see reference list), with a map showing the uppermost three light-colored layers identified as Askja 1875, Örafajökull 1727 and Hekla 1300; the latter two Sigurður found later to be Ö 1362 and H 1104.

Glaciology

The Grímsvötn eruption and jökulhlaup in 1934 marked the beginning of Sigurður Þórarinnsson's half a century's association with Vatnajökull, the glacier itself as well as its volcanoes. Glaciology was to be his second most important research subject. In the summer of 1935 he took part in an expedition to Eyjabakkajökull, and in 1936 he spent most of the spring and summer on the eastern part of Vatnajökull as a member of a major Swedish-Icelandic glaciological initiative lead by Prof. Ahlmann and meteorologist Jón Eypórsson.

The Icelandic glaciers, having reached their greatest extent for 10,000 years in the late 19th century, were by this time shrinking ever more rapidly. The International Commission of Glaciers had urged the monitoring of advance and retreat of glaciers, but the aim of the expedition went a step further: to elucidate the glaciological and climatic causes of the observed phenomena. It was also hoped that the research might cast light upon the cause of ice ages and the behavior of the Pleistocene glaciers.

The best way, and in fact the only reliable one for assessing the mass balance of a glacier, is to dig or drill down through the annual snow layer to measure its thickness. The summer of 1936 was singularly well suited for this purpose since the ash from the Grímsvötn eruption in 1934 formed a clear time marker. From the beginning of May to mid-June the party of six dug twelve deep trenches, up to 7 meters, through the winter layer from 1935–1936, and then drilled with a corer down to the 1934-ash layer. Various measurements and observations were made on the snow in the trench-walls in addition to its thickness, including temperature and density. Furthermore, daily weather observations were conducted, innumerable shallower trenches dug and bamboo poles driven into the snow to monitor the day-to-day ablation. In mid-June Ahlmann and Jón Eyþórsson left together with two assistants, leaving Sigurður and fellow student Mannerfelt alone to tend the trenches and poles for two additional months.

Sigurður Þórarinnsson continued the work on Vatnajökull the following two summers, 1937 and 1938. Together, he and Ahlmann published a series of nine articles in *Geografiska Annaler* from 1937 to 1940 based on the Vatnajökull work. These included Sigurður's fil.-kand. thesis about the glacier Hoffellsjökull (1937) and his fil.-lic. thesis about glacier-dammed lakes in Iceland (1938). In 1943 the Vatnajökull series appeared as a 306-page book entitled *Vatnajökull. Scientific Results of the Swedish-Icelandic Investigations 1936-37-38*. In addition, Sigurður published a much-quoted overview article in 1940 estimating the volumes and rates of shrinking of the World's glaciers and how that affects the volume of the sea.

After this intensive work on Vatnajökull, almost a decade passed before Sigurður put foot on the glacier again, in August 1946, that time as member of the first motor-sledge expedition on Vatnajökull. One purpose was to map the watershed area of Grímsvötn and measure its snow-accumulation, and the previous winter Sigurður had worked through available records about earlier eruptions in Vatnajökull and associated jökulhlaups. That work was later (1974) to bring fruit in a book on Grímsvötn and the associated jökulhlaups.

In 1952 Sigurður read a paper on Grímsvötn to the British Glaciological Society in Cambridge, in which he introduced a new model for the manifest relationship between Grímsvötn eruptions and jökulhlaups. At that time N. Nielsen's theory was generally accepted: that melting by the eruption caused the flood, but Sigurður showed it to be the other way round: pressure release in the caldera due to the flood triggers the eruption. The idea, initially based on his work on floods from ice-dammed lakes, was supported by numerical observations and is now generally held true for eruptions within the Grímsvötn caldera that accompany jökulhlaups.

All in all, Sigurður was author of some 50 articles on glaciology in addition to the book on Grímsvötn (1974) and a great number of reports. He was president of the Iceland Glaciological Society from 1969 till his death, leader of most of its annual expeditions to Vatnajökull from 1953 onwards, and a frequent co-editor and contributor to its journal *Jökull*.

Þjórsárdalur 1939

In the summer of 1939 Sigurður joined a group of Nordic archaeologists excavating ruined medieval farmsteads in the valley Þjórsárdalur. The ruins were buried beneath a layer of white volcanic ash and Sigurður's purpose was to date the ash and by inference the end of habitation in the valley. The farm Stöng was excavated by Aage Roussell and Kristján Eldjárn, and the farm and cemetery of Skeljastaðir by Matthías Þórðarson, director of the Iceland National Museum. Sixty-six skeletons were unearthed from the cemetery and studied anthropologically by Jón Steffensen, professor of medicine.

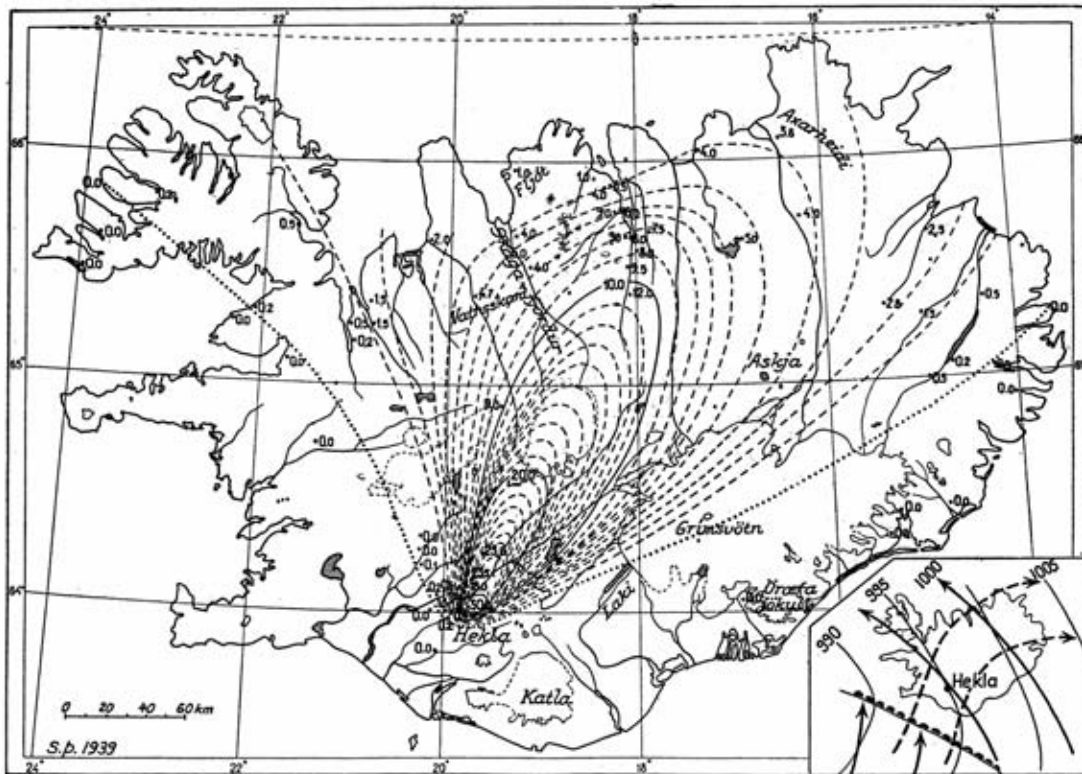


Figure 1. Isopach map of Hekla 1104, as mapped by S. Thorarinsson in 1939. At the time he thought this tephra layer to be from Hekla 1300. – *Kort Sigurðar Þórarinnssonar (1939) af gjóskulaginu H 1104, sem þá var talið vera úr Heklugosinu 1300.*

Sigurður Þórarinnsson came to the conclusion that the valley had been laid waste by the Hekla eruption in 1300. That eruption is well described in Icelandic annals: a fearful one, covering mid-North Iceland with ash and emitting volcanic bombs to ignite farm houses kilometers away from the volcano. Based on that, Hákon Bjarnason and Sigurður had in their 1940-article in *Geografisk Tidsskrift* assumed the upper light-coloured tephra layer in N-Iceland to correspond to Hekla 1300. Such an eruption should have left a thick and coarsely-grained layer in Þjórsárdalur, 18 km north of Hekla, and by 1939 Sigurður had found no layer in the valley other than the one overlying the farm ruins that might agree with the description of the 1300 Hekla eruption (Figure 1).

Sigurður’s conclusions, both regarding the mode and the timing of the valley’s desertion, were questioned by historians who suggested that famine had caused the settlement to be abandoned around 1050 A.D. The Icelanders had adopted Christianity in 1000 A.D., the valley had been quite densely populated, so that in 300 years much more than 66 dead should have been buried in the cemetery at Skeljastaðir. Sigurður remained unconvinced, pointing out that an unknown number of skeletons were known to have been removed from the cemetery in the past.

The Hekla eruption 1947–1948 was an eye-opener for many Icelandic earth scientists. Sigurður noticed that despite the first phase of the eruption having been fairly violent, not much light-colored tephra was pro-

duced. Also it was less silicic than the light-colored Hekla layers found in soil sections in N-Iceland and in Þjórsárdalur, in 1947 the first tephra contained 62% SiO₂ as compared to 67% in the Þjórsárdalur pumice. This suggested that the voluminous silicic tephra layers mark the inset of a new *eruptive cycle* in Hekla, in which the succeeding eruptions are both smaller and less silicic. It also became clear that the largest part of the tephra emitted in each eruption is produced in a short time at the beginning, usually forming a narrow tephra sector next to the volcano. This first tephra tends to be lighter-colored and more silicic than the fine-grained ash spreading in all directions later in the eruption. For that reason, tephra profiles must be taken quite closely-spaced around the volcano for correctly ascribing tephra layers to given eruptions. With this in mind, Sigurður undertook the project of measuring tephra layers around Hekla, a task that with other work lasted many summers. It emerged that a dark ash layer which he in his initial Þjórsárdalur study had marked as H 1693 was in fact H 1300, the main part of which having fallen to the east of Stöng. In view of its unusual thickness and chemical composition, the light pumice in Þjórsárdalur and N-Iceland could be related to a succinct description for the year 1104 in some annals: "The first eruption in Mt. Hekla." In a newspaper article in 1949 Sigurður declared 1104 A.D. as the correct age of the Þjórsárdalur tephra and the beginning of the present eruptive cycle in Hekla.

The riddle of the 66 skeletons was first solved 15 years later when Sigurður learned that in 1935 an Icelander studying anthropology in Germany had removed about 30 skeletons from the cemetery in Skeljastaðir and transported them abroad.

Tephrochronological Studies in Iceland

The outbreak of the war in 1939 thwarted Sigurður's plans to extend his Þjórsárdalur research with additional two summers' field work in Iceland. The intended project had been to map the geographical evolution of Iceland in postglacial time, with emphasis on variation in climate and vegetation during the first centuries of settlement in the country. Instead, being unable to gather physical data he turned to the study of written documents, the fruits of which were

to become an important part of his doctoral thesis in 1944. Luckily for him the greatest part of old Icelandic documents were kept in Copenhagen, and from the philologists studying them Sigurður learned to use them and assess their veracity; his early training in Latin (and some classical Greek) also came to good use. In Aristotle's *Meteorologica* he found the word tephra for volcanic ash, in a description of an eruption in the island Vulcano.

Sigurður's doctoral thesis *Tephrochronological studies in Iceland*, which he defended at the University of Stockholm in 1944, consists of two main parts. The first relates tephra studies in Iceland up to 1939 with special emphasis on the Þjórsárdalur work. Soil sections are described and discussed with references to written sources, chemical analyses of tephra layers are given and compared with the refractive index of the glass, and detailed description is given of the 1875-Askja eruption, the tephra layer, wind directions etc., as a well-documented model to compare with older ash layers. In this study Sigurður may be said to have employed all methods used today except grain-size and microprobe analysis. The latter, of course, didn't exist at that time, but in the thesis he suggests that estimates of tephra grain size be standardized in the way sediments are. He also introduced standardized graphical symbols to denote the different types and grain sizes of tephra.

The second part of the thesis was more akin with his initial plans of studying the environmental effects of settlement in Iceland. Pollen profiles of soil sections by farm ruins Stöng and Skallakot in Þjórsárdalur are described, and at both locations Sigurður found a very marked change in vegetation above the tephra layer denoted VIIa+b (now known as "Settlement layer" and dated at 871±2 A.D.). Birch pollen decrease suddenly to be replaced by pollen of plants associated with human activity: grasses, medicinal plants, spices, ale making. At the time this work was so *avant garde* that some of the cited articles had just been published whereas others were still being printed. Following this he studied the history of cereal growing in Iceland using trade files and place names indicating such activity; the result was that cereal growing had ceased in the North and East by the end

of the 12th Century, in other parts of the country it had dwindled much during the 13th and 14th Centuries, but in SW-Iceland it had lingered till the end of the 16th. Finally, Sigurður described a layer of charcoal, 1 to 2 cm thick, in his soil sections around ruins in Þjórsárdalur and by a ruin in Borgarfjörður. The layer was taken to indicate singeing of birch-shrub around farms to open grassland or make fields. At the time of settlement, singeing was practiced in Sweden and Finland but neither in Norway nor Britain, which Sigurður thought might support ideas, then in vogue, that some of the Iceland settlers had originated in eastern Scandinavia. Thus his doctoral thesis dealt equally with volcanology and the history of the Icelanders. In 1948 he published two articles (in Icelandic) on the historical implications of his tephrochronological work, his last on pollen analysis. Tephrochronology, which originally had been intended as support for pollen-analytical studies in Iceland under the influence of von Post, now had become the very purpose.

Hekla 1947–1948

The Hekla eruption 1947 started on 29 March and lasted for 13 months, giving scientists ample opportunity to study its various aspects. For Sigurður Þórarinnsson it came at a fortunate time. He had soon realized that the key to Icelandic tephrochronology lay with Hekla's tephra layers and eruption history. His early work with Hákon Bjarnason had mainly dealt with the light-colored layers in North- and East-Iceland, and the first soil sections he measured around Hekla were dug in Þjórsárdalur in 1939. At that time, little was known about Hekla's behavior, e.g. neither that the composition of the magma changes with time, nor that the greatest part of the tephra is erupted in a relatively very short time. For that reason the tephra-sector produced in each eruption tends to be narrow and having a definite direction governed by the prevailing wind at its outbreak. Many of these problems came to light as Sigurður worked on his data from 1939, pointing the way to further work after the War. Already in 1945 he started work on tephra layers around Hekla, but the eruption redoubled his efforts.

The eruption aroused tremendous interest in Iceland. By the end it was estimated that about half the nation had witnessed it. Also, it was the first erup-

tion to be studied by Icelandic scientists whose efforts were from the beginning well organized. The *Iceland Science Society* in cooperation with the *Natural History Museum* launched a five-volume publication of collected research papers, edited by T. Einarsson, G. Kjartansson and S. Þórarinnsson. Sigurður himself contributed four papers, about 300 pages altogether. The first one (1950) described the approach and beginning of the eruption based on twenty eyewitness accounts. No earthquakes were found by humans prior to the eruption, but farm animals probably sensed some tremors 3–4 days before. Apparently the tremor-intensity grew during the night before the eruption and may have been felt up to 100 km away. The eruption broke out at 6:41 on 29 March, a sharp earthquake occurred at 6:50, and at 7 o'clock the volcanic cloud had reached 26 km height. Sigurður also collected photographs of the onset of the eruption which were interpreted by T. Einarsson.

In his second paper (1954), Sigurður dealt with the tephra-fall on the first day of the 1947-eruption. This 68-page treatise introduced many new approaches and ideas. The results of 96 measured samples are summarized in a map showing the distribution on land of brownish-grey and brownish-black tephra, respectively, and grain-size measurements are summarized in a graph showing linear relationship between the log of the mean of the tephra grain size and distance from the volcano (Figure 2). The course of the tephra from Hekla via Scotland to Finland is traced and explained with the help of six meteorological maps. Finally, one of Sigurður's best-known diagrams appeared for the first time, the relation between SiO₂-content of the initial products of an Hekla eruption and the preceding interval of quiescence (Figure 3).

The third and most monumental of Sigurður's Hekla papers was a book entitled *The eruptions of Hekla in historical times. A tephrochronological study* (1967). In the book he recounted everything known to have been written about Hekla's eruptions up to and including the one in 1693, and for later eruptions summed up the ever-increasing wealth of documents. Based on numerous soil sections he constructed isopach maps of seven Hekla tephra layers from 1104 to 1947 and summarized all 14 tephra lay-

ers in two different pictures, one recasting them as arrows on a single map (Figure 4), the other showing cross sections taken 15 km away from the volcano (Figure 5).

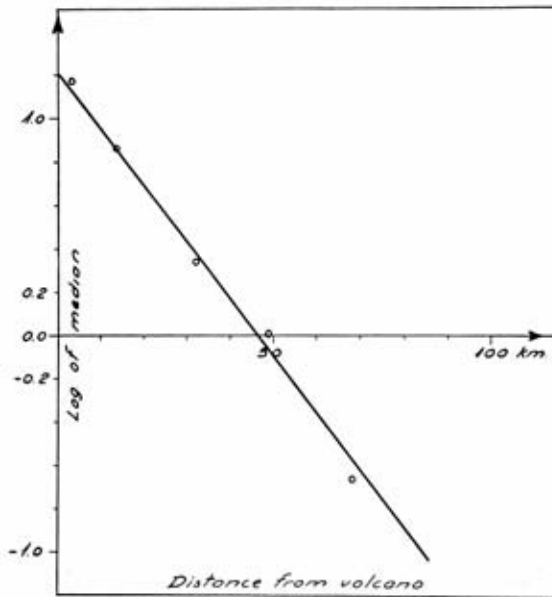


Figure 2. Hekla 1947–1948. Log of median size of tephra grains plotted against distance from the volcano. – Hekla 1947–1948. Meðalstærð korna (log-skali) dregin móti fjarlægð frá eldstöð.

His fourth and final article in *The Eruption of Hekla 1947–1948* series gives a day-to-day account of the eruption (1976), summarized in a single graph in which tephra production, lava flow, earthquakes, explosions and activity in different craters, are plotted against time. All in all the research reported in the Hekla series was a milestone in Icelandic geoscience and some of the articles, not least Sigurður's descriptions, are still quoted by volcanologists.

After the 1947-eruption it was generally believed that Hekla would remain dormant for a century or so. That was not to be, and during Sigurður's life time Hekla was to erupt twice, in 1970 and 1980–1981, (and after that in 1991 and 2000). Sigurður, now universally recognized as Iceland's foremost volcanologist, took active part in the study of both eruptions.

The power of tephrochronology

In the summer of 1948 Hans Ahlmann, Sigurður's old teacher and colleague, brought a group of Swedish geographers to Iceland and Sigurður guided them around the South. Following this brief excursion he wrote an article in *Geografiska Annaler* (1949) about tephrochronology and its use for dating in glaciology and volcanology. On the trip he had demonstrated to the Swedes the power of his method by dating on the spot moraines at Hagafellsjökull, the Great Geysir, and the Helgafell lava flow in the Vestman Islands. In view of this success, Ahlmann suggested that Sigurður try his tephrochronological hand at the study of frost phenomena in Iceland, which was to lead to further such studies. This adventure was followed up by annual Nordic geological and geographical expeditions to Iceland, guided for many years by Sigurður Þórarinnsson, and indirectly led to the foundation of the Nordic Volcanological Institute in Reykjavik in 1974.

Around 1950 Sigurður did reconnaissance geological studies in preparation of various hydropower projects, including the rivers Laxá and Jökulsá. This led him to the study of the volcanic history of the Mývatn area, about which he was to write many articles. Likewise he studied the geology of the Jökulsá gorge, using tephrochronology to trace changes in the course of the river and the evolution of the gorge.

Prior to the advent of radiocarbon dating in 1949, the only "absolute" ways to date postglacial geological phenomena were the counting of varves and tree-rings. To this arsenal Sigurður added tephrochronology, built on written documents. In 1954 he wrote an article about dating in geology, and a year later he had obtained radiocarbon dates on Hekla's three prehistoric marker layers H₃, H₄, and H₅, thereby extending Iceland's absolute tephrochronological time scale back to 7000 years.

A jökulhlaup in Múlakvísl in 1955 prompted Sigurður to start studying the eruption history of Katla, the numerous black tephra layers of which appeared to be indistinguishable from each other. Twenty years later, after having finally found the 1362-Öræfajökull layer within the Katla sequence, and hence tied the latter with the tephrochronological time scale, he could publish *Katla and its eruption annals* (1975).

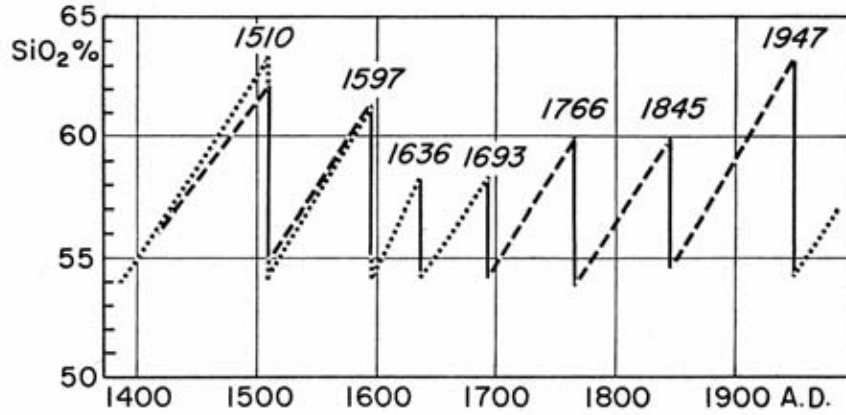


Figure 3. The silica content (SiO₂) in Hekla's tephra layers plotted against time. The content increases with length of previous repose. – *Kísill (SiO₂) í Heklugjósku teiknaður móti tíma. Styrkurinn eykst með lengd undanfarandi goshlés.*

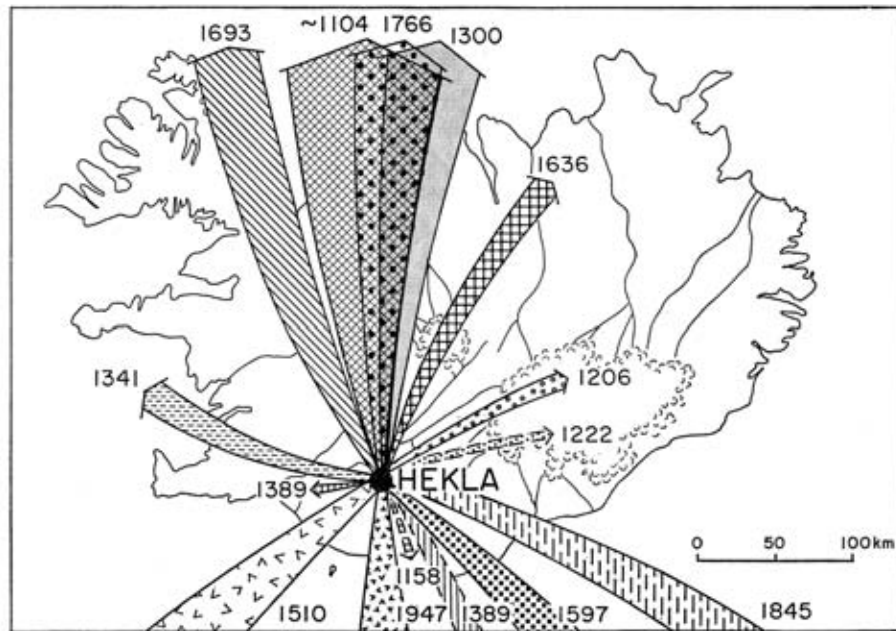


Figure 4. Directions and relative volumes of 14 Hekla tephra layers from 1104 to 1947. – *Stefna og hlutfallslegt rúmmál gjóskugeira 14 Heklugosa, frá 1104 til 1947.*

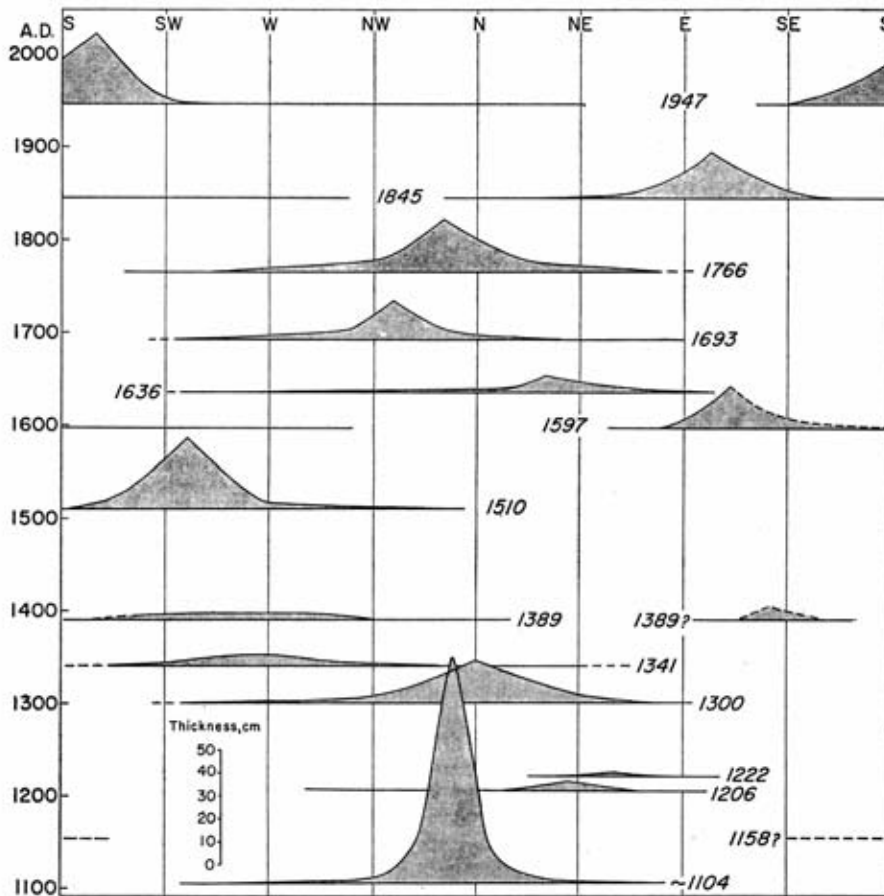


Figure 5. Cross sections, taken 15 km away from Hekla, showing thickness of tephra layers from 14 eruptions, from 1104 to 1947. – Þykkt gjóskulaga úr 14 gosum, frá 1104 til 1947, í sniðum 15 km frá Heklu.

This unraveling of the tephrochronology of one of Iceland's most fateful volcanoes was to open new possibilities in the volcanology and archaeology of the region.

In 1956 three companion papers appeared in *Náttúrufræðingurinn* on sea-logged peat bogs by Reykjavík. Sigurður himself wrote about tephra layers in the soil and two other geologists treated the diatoms and pollen, respectively. The evidence showed, according to Sigurður, that the sea level has risen "at least some few meters" since 3000 years ago and that this must be due to isostatic sinking of the land. And in 1958 appeared a 100-page article of his about the

1362-eruption in Öraefajökull which had temporarily devastated the region around the volcano. The volume of the tephra layer, which Sigurður and Hákon Bjarnason had mapped in the 1930s and attributed to the 1727-eruption, he estimated to be 10 cubic kilometers and the eruption the largest in Iceland in historical time.

When Sigurður started examining Icelandic marsh-soils in 1934, amongst his main aims was to study the history of wind-ablation in the country. In 1961 he published an article on that subject in which tephra layers were used to measure the rate of soil thickening, and hence of ablation, as function of time

since the end of the glaciation (Figure 6). Below the "Settlement layer" the rate of thickening had been slow and even, but after that much more rapid, which he attributed to deforestation and sheep-grazing.

At an international conference held in Iceland in 1980, entitled *Tephra Studies as a Tool in Quaternary Research*, Sigurður gave an overview of the application of tephrochronology in the country. He described nine fields in which the method had come into use in the 40 years since his first paper in 1940: volcanology, archaeology, pollen-analytical studies of vegetation changes, fluvial erosion, wind erosion, studies of periglacial phenomena, e.g. frost-crack polygons, dating of ice cores from glaciers, dating of glacier oscillations, and establishing tephrochronological teleconnections between Iceland and other countries.

Later studies in volcanology

Sigurður Þórarinnsson had estimated that on the average five years elapse between eruptions in Iceland. During the 49 years of his professional life, 1934 to 1983, the average length between eruptions was 5.4 years. However, with the eruption in Askja 1961, a

period of frequent eruptions seems to have set in, and during the 50 years between 1961 and 2011 the average length has been 3.6 years.

Askja 1961 was the second eruption Sigurður witnessed, after Hekla 1947–1948, and until his death in February 1983 he was not to miss a single one occurring in Iceland. Although the 1961-eruption was, in his own words, "small and insignificant" compared to Hekla 1947–1948 and the great Askja 1875 eruption, he followed it avidly and wrote about it in a scientific journal as well as publishing a book for the general public. Later, in 1967 Sigurður was the main geological guide when the Askja area was selected as a training ground for the Apollo program to prepare astronauts for the lunar missions.

The Surtsey eruption 1963–1967 was the first sub-aquatic eruption studied in Iceland by scientists and as such of great interest with reference to the countless palagonite formations in the country. Sigurður was very active in following its progress and already in 1964 he published a book and, with colleagues, two scientific articles. The following years were to see many more writings of his in various languages; in

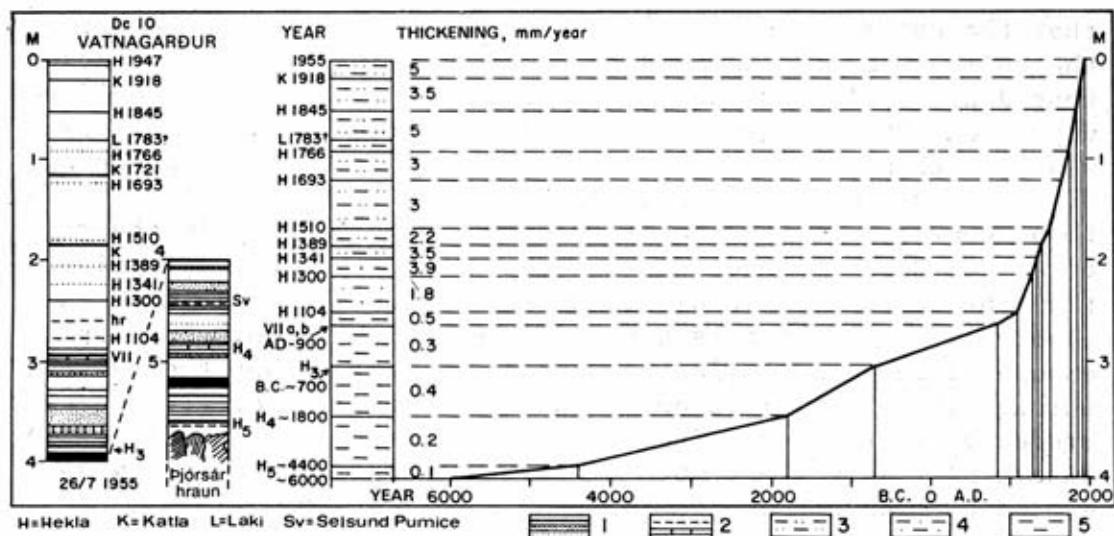


Figure 6. Soil thickening at Vatnagarður, some 20 km west of Hekla, for 8000 years using tephrochronology. In this section the break in slope is most noticeable at 1104 A.D. – *Gjósutímatil notað til að mæla jarðvegsþykkun 20 km vestan við Heklu í 8000 ár. Í þessu sniði eykst áfok fyrst verulega eftir 1104-gosið.*

1967 he published an overview book in English covering the entire eruption. He also took the occasion to write about former submarine eruptions off the coasts of Iceland.

A minor lesson taken from the 1947–1948 Hekla eruption had been that the next one was not to be expected for a century, around 2045. But to everybody's surprise Hekla ignored that prediction with a small eruption in 1970, and following that in 1980, 1991, and 2000. Again Sigurður was quick to publish, a book the same year and a scientific article in 1972.

In the 1960s, and especially after 1970 the number of earth scientists in Iceland increased dramatically and Sigurður suggested in an interview that monitoring erupting volcanoes might be better left to the young and eager. That notwithstanding he actively followed the eruption in Heimaey 1973 and was first author of an article which appeared in *Nature* about a month after the beginning of the eruption. The Krafla Fires 1974–1985 prompted him to write *The post-glacial history of the Mývatn area* (1979), a subject which he had begun studying in the 1950s; with others he also wrote about a tiny tephra layer created by an eruption through a geothermal drill hole. A description of the Hekla eruption 1980–1981, the last one he studied, appeared posthumously in 1983. Thus the first eruption and the last Sigurður Þórarinnsson witnessed in his life were in Hekla, Iceland's most notorious volcano, whose eruption history he himself had unraveled. But strangely enough he never witnessed an eruption in Grímsvötn, Iceland's most active volcano, which had called him home to Iceland in 1934 and whose mysteries and history he did most to explain.

Iceland's best known geologist

Sigurður Þórarinnsson's main fields of study were glaciology, geomorphology, and volcanology, especially tephrochronology, the branch of geological science that he pioneered. Onwards from his student days, however, he was a prolific writer about many things, geological and otherwise. His list of articles includes reviews of foreign books about Iceland and of modern literature in Iceland and Scandinavia; also several articles on the history of science and the history of Iceland (in 1961 he was awarded Hon-

orary Doctoral Degree in History at the University of Iceland). His writings about nature conservation around 1950 led to him being entrusted with the writing of Iceland's first nature-conservation law, enacted in 1956. He also was instrumental in having two regions, the first in Iceland, placed under state protection due to their geological importance: the Skaftafell area in SE-Iceland and the region around the Jökulsá gorge in N-Iceland.

Sigurður, in addition to his many readable articles and books, became well known internationally as a tireless and popular speaker at conferences and in universities. After the Hekla eruption 1947–1948 he traveled wide and far showing a film covering events from beginning to end; he also became quite a successful photographer and adept in using lantern slides in his talks. In his own country, of course, he was highly regarded as a scientist during his lifetime but, in his own estimation, still better known for his popular songs. Be that as it may, but now at his 100th anniversary year, his pioneering work in tephrochronology has borne fruits that probably are far beyond his wildest dreams. And his popular songs still remain popular.

ÁGRIP

Sigurður Þórarinnsson var bóndasonur, alinn upp í Vopnafirði. Þangað höfðu föðurforeldrar hans flúið sandfallið frá Öskjugosinu 1875 ofan af Jökuldal með föður hans nýfæddan. Með því að Sigurður reyndist bráðþroska til bókar var hann sendur í skóla og lauk stúdentsprófi frá Menntaskólanum á Akureyri vorið 1931. Hann var námshestur mikill og jafnvígur á flestar námsgreinar; meðal annars taldist það til tíðinda að sem „dúx“ flutti hann kveðjuræðu árgangsins á latínu blaðlaust. Náttúrufræðikennarinn Pálmi Hannesson átti sennilega þátt í því að Sigurður kaus að leggja jarðfræði fyrir sig og hélt til Kaupmannahafnar haustið 1931. Þar var hann þó aðeins einn vetur og hélt áfram jarðfræðinámi sínu í Stokkhólmi, með grasafræði og landfræði sem aukagreinar. Á þeim tíma voru við háskólann merkir kennarar sem beint og óbeint áttu eftir að hafa mikil áhrif á vísindaférlig Sigurðar, einkum Lennart von Post frumkvöðull í frjókgreiningu og Hans W:son Ahlmann landmótunar- og

jöklafræðingur. Einnig var þar Gerard de Geer sem fundið hafði upp hvarfleirs-aldursgreiningu sem þá var eina þekktu „absólút“ aðferðin til að aldursgreina ungar jarðmyndanir. Doktorsgráðu við Stokkhólms-háskóla hlaut hann 1944 og hélt síðan heim til Íslands. Þar starfaði hann hjá Rannsóknaráði ríkisins og við stundakennslu í M.R. uns hann var skipaður frá ársbyrjun 1947 yfirmaður jarð- og landfræðideildar Náttúrugripasafns Íslands. Árið 1952 var hann settur stundakennari í landfræði við H.Í. og 1968 skipaður prófessor í jarð- og landfræði við nýstofnaða verk- og raunvísindadeild Háskóla Íslands. Áður hafði hann tvisvar verið kallaður í stöðu prófessors og forstjóra Landfræðistofnunar Stokkhólms, árin 1950–1951 og 1953.

Fyrstu tvö sumur sín í Svíþjóð stundaði Sigurður vettvangsvinnu með prófessor von Post, en þegar fréttir bárust snemma árs 1934 um að eldur væri uppi í Vatnajökli beið hann ekki boðanna og hélt heim. Gosinu var þá lokið en Sigurður kannaði verksummerki þess og jökulhlaupsins á Skeiðarársandi og þar um kring. Þar eystra hittu hann Jóhannes Áskelsson og Guðmund frá Miðdal sem komið höfðu að gosstöðvunum meðan eldurinn var uppi. Í júní var Sigurður svo á Akureyri þegar Dalvíkurskjálftinn reið yfir. Hann hélt þegar til Dalvíkur að kanna afleiðingar skjálftans og eyddi síðan talsverðum tíma um sumarið í að safna upplýsingum um skjálftann víða um land. Þeirri vinnu lýsti hann í fyrstu vísindaritgerð sinni, *Das Dalvik-Beben in Nordisland 2. Juni 1934* sem birtist í *Geografiska Annaler* 1937. Þessi rannsókn var hin fyrsta sinnar tegundar á Íslandi, og Sigurður þá 22ja ára.

Hvorki Grímsvatnagos né Dalvíkurjarðskjálfti höfðu verið hluti af rannsóknaráætlun Sigurðar sem hann lýsti í útvarpsfyrirlestri vorið 1934. Í fyrirlestri-num, *Mýrarnar tala* sem birtist síðar í *Náttúrufræðingnum*, lýsti hann þeirri áætlun sinni að beita frjókornagreiningu til að lesa 10.000 ára sögu jarðvegs og gróðurs á Íslandi. Með það í huga tók hann upp samvinnu við Hákon Bjarnason skógræktarstjóra um könnun á gosóskulögum í jarðvegi, en báðir höfðu átt að sig á gildi þeirra sem leiðarlaga. Árangur þeirrar samvinnu birtist í *Geografisk Tidsskrift* 1940 þar sem útbreiðsla þriggja efstu ljósu öskulaganna á Norður-

og Austurlandi var sýnd á korti og þau talin vera Askja 1875, Örafajökull 1727 og Hekla 1300 – síðarnefndu lögin tvö greindi Sigurður síðar sem Ö 1362 og H 1104 (1. mynd).

Jöklafræði

Grímsvatnagosíð og jökulhlaupið 1934 mörkuðu upphaf hálftrar aldar samskipta Sigurðar og Vatnajökuls, íss hans og elda. Jöklarnir urðu næst-mikilvægustu viðfangsefni rannsókna hans á eftir eldfjöllum landsins. Sumarið 1935 tók hann þátt í leiðangri Pálma Hannessonar á Eyjabakkajökul, og mestallt vorið og sumarið 1936 í miklu sænsk-íslensku jöklafræðiátaki á austanverðum Vatnajökli undir stjórn Jóns Eyþórssonar og Hans Ahlmann. Íslensku jöklarnir ryrnuðu nú óðum eftir að hafa náð mestri útbreiðslu síðustu 10.000 ára á efri hluta 19. aldar, og Alþjóðlega jökla-nefndin hvatti til þess að reglubundnar mælingar væru gerðar á framskriði og hopi skriðjökla. Þeir Jón og Ahlmann stefndu þó hærra: að leita veðurfars- og jöklafræðilegra orsaka þessara breytinga og þannig jafnvel að varpa ljósi á orsakir ísalda og hegðun ísaldarjökla.

Besta leiðin, og raunar hin eina áreiðanlega til að mæla afkomu jökuls, er sú að grafa gryfjur eða bora gegnum árlag snævarins. Sumarið 1936 var heppi-legt til þessa, því askan frá Grímsvatnagosinu 1934 myndaði auðþekkjanlegt lag. Frá maíbyrjun til miðs júní voru leiðangursmenn sex og grófu m.a. 12 djúpar gryfjur, allt að 7 m, gegnum vetrarlagið frá 1935–1936 og boruðu síðan með kjarnabor niður á öskuna frá 1934. Auk snjóþykktarinnar mældu þeir í gryfjunum hitastig og eðlisþyngd snævarins og gerðu ýmsar athuganir á ástandi hans. Jafnframt gerðu þeir reglu- legar veðurmælingar, grófu ótal grynri gryfjur og ráku niður bambusstikur til að fylgjast með afkom- unni frá degi til dags. Um miðjan júní fóru allir til byggða nema Sigurður og sænskur samstúdent hans sem voru á jökli til 15. ágúst að fylgjast með gryfjum og stikum.

Sigurður hélt áfram rannsóknum á Vatnajökli næstu tvö sumur, 1937 og 1938, og saman birtu þeir Ahlmann nífu greinar um niðurstöðurnar í *Geogra- fiska Annaler*. Þeirra á meðal voru tvær prófritgerðir Sigurðar, um Hoffellsjökul (1937) og um jökulstífluð

vötn á Íslandi (1938). Ritgerðasafn þetta var gefið út sérprentað 1943 undir heitinu *Vatnajökull. Scientific Results of the Swedish-Icelandic Investigations 1936-37-38*, 306 blaðsíðna bók. Ennfremur birti Sigurður árið 1940 yfirlitsgrein sem mikið var vitnað í, um rúmmál og hopun jökla um allan heim og breytingar á sjávarstöðu vegna þess.

Eftir Vatnajökulsrannsóknirnar á 4. áratugnum liðu næstum tíu ár þar til Sigurður sté fæti á jökulinn aftur, í ágústmánuði 1946. Sá leiðangur, sem Steinþór Sigurðsson stýrði og notaði vélsleða í fyrsta sinn á Vatnajökli, beindist einkum að Grímsvötnum, en veturinn áður hafði Sigurður kannað heimildir um eldgos í Vatnajökli og jökulhlaup tengd þeim. Meðal annars var mæld stærð þess svæðis sem hallar inn að Grímsvatnalægðinni og ákoman innan þess. Þremur áratugum síðar (1974) birti Sigurður árangur þeirra rannsókna sem þarna hófust, í bókinni *Vötnin stríð. Saga Skeiðarárhlaupa og Grímsvatnagosa*.

Árið 1952 flutti Sigurður erindi um Grímsvötn í Breska jöklarannsóknafélaginu í Cambridge þar sem hann skýrði óumdeilt samband eldgosa og jökulhlaupa með nýjum hætti. Þá trúðu flestir kenningu Danans Nielsar Nielsen – að ísbráðnun í Grímsvötnum af völdum gossins valdi hlaupi – en Sigurður sýndi með gildum rökum fram á hið gagnstæða: Þrýstílettir í öskjunni vegna hlaupsins getur komið gosi af stað. Þetta líkan, sem upphaflega var byggt á rannsóknum hans á hlaupum úr jökulstífluðum lönnum, er nú almennt talið gilda um þau eldgos innan Grímsvatn-öskjunnar sem fylgja jökulhlaupum.

Sigurður birti um dagana 30 vísindagreinar um jöklafræði auk fyrrnefndrar bókar um Grímsvötn, 30 smærri greinar tengdar jökulum og jöklaferðum og 24 blaða- og tímaritagreinar fyrir almennig. Hann var forseti Jöklarannsóknafélagsins frá 1969 til dauðadags, stjórnaði frá árinu 1953 flestum árlegum leiðöngrum þess á Vatnajökul, og skrifaði mikið í tímarit félagsins, *Jökul*.

Þjórsárdalur 1939

Sumarið 1939 tók Sigurður þátt í uppgreftri norræna fornleifafræðinga í Þjórsárdal. Daninn Aage Roussell og Kristján Eldjárn fóru fyrir uppgreftri á Stöng en Matthías Þórðarson stýrði verkinu á Skeljastöðum þar

sem 66 beinagrindur voru grafnar upp úr kirkjugarðinum og rannsakaðar af Jóni Steffensen læknaprófessor. Rústirnar voru sýnilega grafnar undir þykku lagi af ljósum vikri og hlutverk Sigurðar var að ákvarða aldur hans og þar með eyðingar dalsins. Niðurstaða hans var sú að askan væri úr Heklugosinu 1300 sem er vel lýst í annálum: ferlegt gos sem dreifði ösku yfir Mið-Norðurland milli Vatnsskarðs og Óxarfjarðarheiðar en glóandi vikur brenndi þök af bænum í Næfurholti, 18 km í burtu. Byggt á þessum lýsingum höfðu þeir Sigurður og Hákon Bjarnason tengt efra ljósa lagið á Norðurlandi við H 1300 í *Geografisk Tidsskrift* 1940. Slíkt eldgos hlyti að hafa skilið eftir sig þykkun og grófan vikur í Þjórsárdal, 18 km norðan við Heklu, og árið 1939 hafði Sigurður ekki fundið í dalnum neina gosösku sem samrýmst gæti lýsingum á 1300-gosinu aðra en þá sem lá ofan á byggðarústunum.

Ýmsir urðu til að véfengja þær niðurstöður Sigurðar að Þjórsárdalur hefði eyðst af völdum eldgoss árið 1300, þvert á móti bentu rök til þess að dalurinn hefði eyðst í hallæri kringum 1050. Margir bæir höfðu verið í Þjórsárdal þannig að á 300 árum hefðu fleiri en 66 verið grafnir í Skeljastaðakirkjugarði frá kristnitöku árið 1000. Sigurður lét ekki sannfærast og benti á að á liðnum árum hefði óþekktur fjöldi beinagrinda verið fjarlægður úr kirkjugarðinum, sem var að blása upp.

Heklugosið 1947–1948 varð íslenskum jarðvísindamönnum mjög lærdómsríkt. Sigurður veitti því athygli að þrátt fyrir öflugan upphafshrinu myndaðist lítið af ljósum vikri. Jafnframt var vikurinn kísilsnauðari en ljósu lögin á Norðurlandi og í Þjórsárdal, 62% SiO₂ samanborið við 67%. Þetta vakti þá hugmynd að stóru kísilríku lögin marki upphaf nýrrar *eldgosahrinu* en síðari gos hrinunnar verði ævinlega smærri og kísilsnauðari. Einnig varð ljóst að mestur hluti gjóskunnar kemur upp á stuttum tíma í byrjun gossins og myndar því mjóan gjóskugeira hið næsta eldstöðinni. Af þeim sökum má ekki hafa langt milli öskulagasniða kringum eldstöðina ef tengja á lögin réttum gosum af öryggi. Með þetta í huga hóf Sigurður það verk, sem ásamt öðru tók hann mörg sumur, að mæla upp öskulagasnið kringum Heklu. Þá kom í ljós að dökkt lag sem hann hafði merkt sem H 1693 í Þjórsárdalsrannsókninni 1939 var í raun H 1300, en

meginás gjóskugeirans lá nokkru austan við Stöng. Í ljósi þess hve sérstætt að stærð og efnasamsetningu ljósa lagið í Þjórsárdal og á Norðurlandi er, hlaut það að tengjast þeim stað í annálum þar sem stuttlega segir fyrir árið 1104: „Elds uppkoma hin fyrsta í Heklu-felli.“ Í grein í *Þjóðviljanum* 1949, „Sitt af hverju um sumarrannsóknir,“ lýsti Sigurður ártalið 1104 vera hið rétta fyrir aldur Þjórsárdalsvikursins.

Gátan um beinagrindurnar 66 leystist ekki fyrr en 15 árum síðar þegar Sigurður komst að því að íslenskur mannfræðinemi, Eiður Kvaran, hefði grafið upp um 30 beinagrindur á Skeljastöðum árið 1935 og haft með sér til Þýskalands. Þar með var tala beinagrinda full-orðinna í kirkjugarðinum orðin nær 100, sem samkvæmt útreikningum Jóns Steffensen svaraði til þess að byggðin hefði farið í eyði kringum aldamótin 1100.

Tefrokronologiska studier på Island

Ófriðurinn sem hófst 1939 olli því að Sigurður „lok-aðist inni“ í Svíþjóð. Þá urðu að engu áform hans um framhald rannsókna í Þjórsárdal 1939 næstu tvö sumrin sem beinast skyldu að landfræðilegri þróun Íslands eftir ísöld, og einkum breytingum á loftslagi og gróðurfari á fyrstu öldum byggðar í landinu. Í staðinn sneri hann sér að heimildarannsóknum sem urðu mikilvægur þáttur í doktorsritgerð hans 1944. Íslenskar heimildir var fyrst og fremst að finna í Kaupmannahöfn og af fræðimönnum, sem við handritin voru að fást, lærði hann að nota þau og meta sanngildi þeirra. Einnig kom menntaskólakunnátta hans í latínu, og nokkur grískuþekking, að góðum notum. Í *Meteorologica* eftir Aristoteles fann hann orðið *tefra* yfir eldfjallaösku, í lýsingu á eldgosi á eygni Vulcano. Orðið *tefra* var síðar þýtt með nýyrðinu gjóska.

Doktorsritgerð Sigurðar, *Tefrokronologiska studier på Island*, sem hann varði við háskólann í Stokkhólmi 1944, skiptist í tvo meginhluta. Í hinum fyrri er lýst gjóskulagarannsóknum fram til 1939, með sérstakri áherslu á vinnuna í Þjórsárdal. Þar er gerð grein fyrir öskusniðum, rituðum heimildum, efnasamsetningu ýmissa öskulaga og samanburði við ljósbrot þeirra, og einnig er lýst ítarlega Öskjugosinu 1875, öskulaginu, veðurfari o. s. frv., sem velþekktu líkani til samanburðar við hin eldri öskulög. Má segja að Sigurður noti þarna við rannsóknina nær allar þær aðferðir sem enn eru notaðar í gjóskulagafræði aðrar en

kornastærðagreiningu og efnamælingar með örgreini. Síðarnefnda aðferðin kom ekki fram fyrr en áratugum seinna, en í ritgerðinni leggur Sigurður til að mat á kornastærð gosmalar sé staðlað á sama hátt og tekið hafði verið upp við lýsingu á seti. Einnig tók hann upp stöðluð myndtákn á gjóskulagasníðum sínum fyrir hinar ýmsu gerðir og kornastærðir gjóska.

Síðari hluti ritgerðarinnar er meira í ætt við upphaflega áætlun Sigurðar að kanna umhverfisáhrif landnáms og búsetu Íslendinga í landi sínu. Þar er lýst frjókornasniðum frá Skallakoti og Stöng í Þjórsárdal og í báðum koma fram skörp skil í gróðurfari rétt ofan við lagið VIIa+b, sem nú kallast „landnámslagið“ og féll samkvæmt aldursgreiningu í jökulkjarna á Grænlandi árið 871 (± 2 ár). Birkifrjóum fækkar skyndilega en í staðinn fjölga frjóum jurta sem tengjast búsetu manna: grastegunda, illgresis, byggs og e. t. v. hafra, mjaðarlyngs til ölgerðar, malurtar til lækninga. Í framhaldi af þessu kannaði Sigurður sögu kornræktar á Íslandi, út frá örnefnum og verslunarskýrslum, og virtist honum að kornrækt hefði lagst af á Norður- og Austurlandi fyrir lok 12. aldar og dregið mjög úr henni í öðrum landshlutum á 13. og 14. öld. Hins vegar taldi hann að við sunnanverðan Faxaflóa hafi kornrækt verið stunduð til loka 16. aldar. Loks lýsti hann viðarkolalagi, 1–2 cm þykku, í sniðum sínum kringum rústir í Þjórsárdal og víðar. Lagið rakti hann til sviðningar landnámsmanna, sem þannig hefðu eytt birkikjarri kringum bæi sína til að bæta og auka graslendi. Yfirlit yfir sviðningu í Skandinavíu og á Bretlandaeypjum benti til þess að sú aðferð, sem hér var notuð á landsnámsöld og alveg lagðist af fyrir 1200, hafi á þeim tíma helst verið við lýði í austanverðri Skandinavíu, Svíþjóð og Finnlandi. Þetta þótti styðja hugmyndir Barða Guðmundssonar um austurnorræna hlutdeild í landnámi Íslendinga. Þannig fjallar doktorsritgerð Sigurðar jöfnum höndum um eldfjallafræði og Íslandssögu. Sagnfræðilegar niðurstöður hennar birti hann síðan á íslensku í greinasafninu *Skrafað og skrifað* (1948), í ritgerðunum *Frjólínuritid frá Skallakoti og Sviðning á Íslandi til forna*. Með þeim lauk afskiptum hans af frjókornagreiningu, sem í upphafi áttu að vera megintilgangur mýrarannsóknna hans hér undir áhrifum von Posts, og öskulögin áttu að styðja. Nú voru þau orðin tilgangur í sjálfum sér.

Hekla 1947–1948

Heklugosið 1947 kom á heppilegum tíma fyrir Sigurð Þórarinsson. Gosið hófst 29. mars og stóð í 13 mánuði, þannig að gott ráðrúm gafst til að rannsaka hina ýmsu þætti þess. Sigurði hafði snemma orðið ljóst að Hekla var lykillinn að íslensku gjóskutímatali, öskulög hennar og gossaga. Rannsóknir þeirra Hákonar Bjarnasonar á 4. áratugnum höfðu einkum beinst að ljósu lögunum á Norður- og Austurlandi, og fyrstu gjóskulagasið sín kringum Heklu gróf Sigurður í Þjórsárdal 1939. Þá var lítið vitað um Heklugos, hvorki til dæmis að samsetning gosefna breytist með tímanum né að meginhluti gjóskunnar kemur upp á tiltölulega mjög skömmum tíma. Þess vegna myndar gjóskan í hverju gosi oftast mjóan geira með ákveðinni stefnu sem ræðst af vindátt við upphaf gossins. Þegar Sigurður var að vinna úr gögnum sínum frá 1939 urðu ýmis þessara vandamála honum ljós og kölluðu á frekari vinnu að stríðinu loknu. Þegar árið 1945 byrjaði hann að grafa gjóskulagasið kringum Heklu, en sú vinna margefðist við gosið.

Heklugosið vakti gríðarlega eftirtekt á Íslandi og að lokum var talið að hálf þjóðin hefði séð það. Einnig var það fyrsta eldgosið sem íslenskir vísindamenn rannsökuðu, og vinna þeirra var vel skipulögð frá upphafi. Vísindafélag Íslendinga efndi ásamt Náttúrugripasafninu til fimm-binda ritraðar á ensku um rannsóknirnar undir ritstjórn Trausta Einarssonar, Guðmundar Kjartanssonar og Sigurðar Þórarinssonar. Sigurður skrifaði sjálfur fjórar greinar í Hekluritið, um 300 blaðsíður alls. Hin fyrsta (1950) lýsir aðdraganda og upphafi gossins samkvæmt lýsingum 20 „sjónarvotta“. Fólk varð engra jarðhræringa vart fyrir gosið en húsdýr virtust finna einhvern titring 3–4 sólarhringa á undan. Nóttina fyrir gosið virtist titringurinn hafa magnast og fundist í allt að 100 km fjarlægð. Sýnilegt gos hófst 29. mars kl. 6:41, sterkur jarðskjálfti varð kl. 6:50 og kl. 7 hafði gosmökkurinn náð 26 km hæð. Einnig safnaði Sigurður ljósmyndum af upphafi gossins sem Trausti Einarsson vann úr.

Önnur grein Sigurðar í Hekluritinu (1954) fjallar um öskufallið fyrsta dag gossins. Þar er að finna ýmsar nýjar hugmyndir og nýngar í framsetningu. Árangur 96 mældra sýnishorna er tekinn saman í korti sem sýnir dreifingu grábrúnnar gjósku, annars vegar,

og svartbrúnnar hins vegar, en logri (lógarithmi) með-alkornastærðar gjóskukorna myndar línulegt samband við fjarlægð frá eldfjallinu (2. mynd). Ferð gjóskunnar frá Heklu um Skotland til Finnlands er rakin og skýrð með aðstoð sex veðurkorta. Og lokst birtist þarna í fyrsta sinn eitt kunnasta graf Sigurðar, samband SiO₂-hlutfalls í upphafsgjósku hvers Heklugoss og tímalengdar frá næsta gosi á undan (3. mynd).

Mesta grein Sigurðar í Hekluritið og hin þriðja var bókinn *The eruptions of Hekla in historical times. A tephrochronological study* (1967), sem ári síðar kom út á íslensku undir nafninu *Heklueldar*. Þar rekur hann allt sem ritað hafði verið um Heklugos til og með 1693 en gerir um síðari gos útdrátt úr sívaxandi magni gagna. Þá birtir hann þykktar- og útbreiðslukort gjósku úr sjö Heklugosum frá 1104 til 1947, byggð á fjölda gjóskusniða. Upplýsingar um öll 14 gjóskulögin frá Heklu frá 1104 til 1947 eru dregnar saman í tvær myndir: önnur sýnir þykkt allra gjóskulaganna 15 km frá Heklu (5. mynd) og hin alla gjóskugeirana sem örvar á korti (4. mynd).

Í fjórðu og síðustu grein sinni í Hekluritinu (1976) birtir Sigurður lýsingu á gangi gossins frá degi til dags og tekur saman í eitt graf hina ýmsu þætti þess sem fall af tíma: gjóskumyndun, hraunrennsli, jarðskjálfta, gossprengingar, virkni í hinum ýmsu gígum.

Rannsóknirnar sem lýst er í Hekluritinu urðu hin mesta lyftistöng fyrir íslensk jarðvísindi og enn er vísuð til sumra greinanna, ekki síst lýsinga Sigurðar. Eftir Heklugosið 1947 var almennt talið að öld mundi líða áður en fjallið gysi aftur, en það rættist ekki því meðan Sigurður lifði urðu tvö Heklugos, 1970 og 1980–1981 (og eftir hans dag 1991 og 2000). Sigurður, sem nú var jafnt heima sem heiman viðurkenndur sem fremsti eldfjallafræðingur Íslendinga, tók virkan þátt í rannsókn beggja gosa.

Gjóskulögin tala

Sumarið 1948 kom hingað leiðangur 15 sænskra landfræðinga undir stjórn Hans Ahlmann og ferðuðust þeir um Suðurland undir leiðsögn Sigurðar. Eftir þann stutta leiðangur skrifaði hann grein í *Geografiska Annaler* (1949) um notkun gjóskulaga við aldursgreiningu á sviði jöklafræði og eldfjallafræði þar sem lýst er könnun á aldri jökulurða við Hagafellsjökul eystri, aldri Geysis í Haukadal og Helgafells-

hrauns í Vestmannaeyjum. Í ljósi þessa árangurs stakk Ahlmann upp á því að nýta mætti gjóskulög við könnun á frostmyndunum í jarðvegi á Íslandi (1951) sem leiddi til frekari rannsókna á því sviði. Þetta Íslandsævintýri Svíanna varð upphaf að árlegum ferðum norrænna jarð- og landfræðinga til Íslands sem hófust 1964 og var Sigurður aðalleiðsögumaður í þeim öllum til dánardægurs. Jafnframt leiddi það óbeint til stofnunar Norrænu eldfjallastöðvarinnar í Reykjavík 1974.

Kringum 1950 vann Sigurður talsvert við frumrannsóknir vegna áætlana um virkjanir, þeirra á meðal í Laxá og Jökulsá á Fjöllum. Það leiddi til könnunar á jarðsögu Mývatnssvæðisins, sem hann átti eftir að skrifa um margar ritgerðir. Sömuleiðis beitti hann gjóskulögum til að rekja breytingar í farvegi Jökulsár og þróun gljúfursins.

Áður en aldursgreining með geislakoli kom fram árið 1949 voru, eins og fyrr sagði, einu aðferðirnar til beinna („absólút“) aldursgreininga ungra jarðmyndana talningar hvarfleirs og trjáhringa. Við þetta vopnabúr bætti Sigurður gjóskutímatalinu, byggðu á rituðum heimildum. Árið 1954 birti hann grein um aldursgreiningu í jarðfræði, og ári síðar hafði hann látið geislakols-aldursgreina stóru forsögulegu Hekluögin þrjú, H3, H4 og H5 og þannig lengt jarðfræðilegt tímatal Íslands aftur í 7000 ár.

Hlaup í Múlavísl 1955 leiddi til þess að Sigurður fór að kanna gossögu Kötlu og óteljandi gjóskulög hennar, öll svört og að því er virtist ógreinanglegt hvert frá öðru. Loks tuttugu árum síðar, þegaraska frá Örafajökulsgosinu 1362 hafði fundist á Kerlingardalsheiði og þannig tekist að tengja Kötluögin gjóskutímatalinu, gat Sigurður skrifað greinina *Katla og annáll Kötlugosa* (1975). Sú ritgerð, og síðari vinna yngri manna á svæðinu, hefur styrkt mjög við rannsóknir í eldfjallafræði og fornleifafræði kringum eldstöðina.

Árið 1956 birtust í *Náttúrufræðingnum* þrjár samstæðar greinar um fjörumóinn í Seltjörn á Seltjarnarnesi, Sigurður skrifaði um gjóskulög í mónum, Þorleifur Einarsson um frjókorn og Jón Jónsson um kísilþörungum. Færð voru að því rök að á síðustu 3000 árum hafi landsig í Reykjavík verið um 15 cm á öld að meðaltali. Og árið 1958 birtist 100 síðna ritgerð Sig-

urðar um Örafajökulsgosið 1362 sem lagði sveitina Litlahérað í Austur-Skaftafellssýslu í eyði um sinn. Rúmmál gjóskulagsins, sem þeir Sigurður og Hákon Bjarnason höfðu kortlagt á fjórða áratugnum og talið vera frá gosinu 1727, taldi Sigurður vera 10 rúmkílómetra og gosið hið mesta frá landnámi Íslands.

Þegar Sigurður hóf mýrarannsóknir sínar 1934 var einn megintilgangurinn að kanna sögu uppblásturs á Íslandi, og árið 1961 birti hann mikla ritgerð um það efni í *Ársriti Skógræktarfélags Íslands*. Þar eru öskulögin notuð til að mæla áfok, og þar með uppblástur jarðvegs síðan ísaldarjökla leysti. Í ljós kemur að jarðvegsþykknun var næsta hæg og jöfn þar til skógeyðing og búfjárbreit höfst með landnámi (6. mynd).

Á alþjóðlegri ráðstefnu sem haldin var á Íslandi 1980, „Tephra Studies as a Tool in Quaternary Research“, flutti Sigurður yfirlitsfyrirlestur um gjóskulög og notkun þeirra hér á landi. Þar lýsti hann níu rannsóknasviðum sem nýtt hefðu gjóskulagafræði þau 40 ár sem liðin voru frá því grein þeirra Hákonar Bjarnason birtist árið 1940: eldfjallafræði, fornleifafræði, saga gróðurfars út frá frjókornum, vatnsrof (t.d. Jökulsárgljúfur), vindrof (uppblástur), frostmyndanir í jarðvegi (t.d. frostsprungur), aldursákvörðun á jökulís (t.d. í borkjörnum), aldursgreining jökulgarða (framskrið og hop skriðjökla) og tenging íslenskra gjóskulaga við gjóskutímatal nálægra landa.

Síðari rannsóknir í eldfjallafræði

Sigurður Þórarinnsson taldi að fimm ár að meðaltali hafi liðið milli eldgosa á Íslandi síðastliðnar þrjár aldir. Á 49 árum starfsævi hans, 1934 til 1983, var meðallengdin milli gosa heldur lengri, eða 5,4 ár. En Öskjugosið 1961 virðist marka upphaf goshrinu þannig að á 50 árum milli 1961 og 2011 hefur meðallengdin milli gosa verið 3,6 ár.

Öskjugosið 1961 var annað eldgosið sem Sigurður varð vitni að, eftir Heklu 1947–1948, og til dánardægurs hans í febrúar 1983 missti hann ekki af einu einasta gosi á Íslandi. Þótt Öskjugosið væri að hans mati „lítið og ómerkilegt“ í samanburði við Heklu 1947–1948 og Öskju 1875 fylgdist hann með því af áhuga, skrifaði um það í fræðirit og gaf út bók fyrir almennig. Sumarið 1967, þegar Askja varð jarðfræðilegur æfingavettvangur tilvonandi tunglfara

Apollo-áætlunarinnar, var hann svo helsti leiðsögu-
maður þeirra.

Í Surtseyjargosinu 1963–1967 gafst íslenskum jarðvísindamönnum í fyrsta sinn tækifæri að fylgjast með eldgosu undir vatni, en við slík gos urðu til hinar óteljandi móbergsmyndanir landsins. Sigurður tók virkan þátt í rannsóknunum og þegar árið 1964 birtist eftir hann bók um gosið, og með samstarfsmönnum tvær fræðigreinar. Næstu árin birti hann margar greinar um Surtsey á ýmsum tungumálum; árið 1967 kom út eftir hann á ensku yfirlitsbók um gosið allt. Einnig notaði hann tækifærið til að skrifa um fyrri neðansjávargos við Ísland (1965).

Eftir Heklugosið 1947–1948 töldu menn, í ljósi sögunnar, að næsta Heklugoss væri ekki að vænta fyrr en eftir eina öld. En eins og oft vill verða með slíka spádóma gaus Hekla aftur 1970 litlu gosi, og síðan 1980, 1991 og 2000. Sigurður var fljótur eins og fyrri daginn að koma lýsingum á 1970-gosinu á prent, með bók sama ár og vísindagrein árið 1972.

Upp úr 1960 tók jarðvísindamönnum mjög að fjölga á Íslandi, og enn fremur eftir að slík kennsla var tekin upp við Háskóli Íslands 1968. Sigurður lét þá þau orð falla í blaðaviðtali að vel færi á því að yngri menn og sprækari tækju við að fylgjast með gjósandi fjöllum í landinu. Þrátt fyrir það var hann framarlega í flokki við rannsókn Heimaeyjargossins 1973 og fyrsti höfundur greinar sem birtist í *Nature* um mánuði eftir að gosið hófst. Kröflueldar 1974–1985 gáfu honum tilefni til að skrifa *The postglacial history of the Mývatn area* (1979), viðfangsefni sem hann hafði unnið að frá því upp úr 1950. Þá skrifaði hann með öðrum grein í *Nature* um lítið gjóskulag sem myndaðist við gos upp úr jarðhitaborholu. Lýsing á Heklugosinu 1980–1981, hin síðasta sem hann skrifaði, birtist árið 1983 að honum látnum. Þannig urðu fyrsta og síðasta eldgos sem Sigurður sá um dagana í Heklu, því fræga fjalli sem hann hafði rannsakað manna mest og byggt á gjóskutímatali sitt. Þótt undarlegt megi teljast sá hann aldrei gos í Grímsvötnum, virkustu eldstöð landsins, sem hafði kallað hann til sín 1934 frá öðrum verkum og áformum. Þrátt fyrir það lagði enginn meira en hann að þekkingu á gossögu og skilningi á virkni Grímsvatnagosa.

Frægasti jarðfræðingur Íslands

Helstu sérsvið Sigurðar innan jarðvísindanna voru jöklafræði, landmótunarfræði og eldfjallafræði, sér í lagi gjóskulagafræðin sem hann hafði sjálfur lagt heiminum til. Hann átti auðvelt með að skrifa og allt frá námsárum sínum í Svíþjóð var hann sískrifandi, jafnt um önnur efni sem um jarð- og landfræði. Meðal ritverka hans eru umsagnir um erlendar bækur um Ísland og um nútímabókmenntir á Íslandi og hinum Norðurlöndunum; enn fremur greinar um vísindasögu og Íslandssögu (árið 1961 var hann kjörinn heiðursdoktor í sagnfræði við Háskóla Íslands). Skrif hans um náttúruvernd kringum 1950 urðu til þess að honum var falið ásamt öðrum að semja fyrstu náttúruverndarlög landsins sem tóku gildi 1956. Einnig átti hann frumkvæði að fyrstu friðlýsingu jarðfræðilega merkilegra svæða á landinu, Skaftafells í Örafum og Jökulsárgljúfra, en á báðum stöðum er nú fólkvangur.

Auk sinna mörgu læsilegu bóka og greina varð Sigurður eftirsóttur víða um lönd sem fyrirlesari á ráðstefnum og í háskólum. Eftir Heklugosið 1947–1948 ferðaðist hann um og talaði undir kvikmynd sem tekin var af gosinu frá upphafi til enda; einnig gerðist hann heppinn ljósmyndari og slyngur að beita lit-skygnum í fyrirlestur sínum. Hér á landi var hann að sjálfsögðu mikils metinn sem vísindamaður, en var þó að eigin mati ennþá þekktari fyrir söngtexta sína. Söngvar Sigurðar eru enn sungnir nú á aldarafmælisári hans en sennilega verður það þó sköpunarverk hans, gjóskutímatalið, sem lengst heldur nafni hans á lofti.

REFERENCES

- A complete list of Sigurður Þórarinsson's publications can be found in the festschrift *Eldur er í norðri* (Sögufélag, Reykjavík 1982), with additions in *Jökull* 34, p. 186 and 36, p. 10.
- Ahlmann, H. W. and S. Thorarinsson 1943. *Vatnajökull. Scientific Results of the Swedish-Icelandic Investigations 1936-37-38*. ESSELTE, Stockholm, 306 pp.
- Arnold, J. R. and W. F. Libby 1949. Age Determinations by Radiocarbon Content: Checks with Samples of Known Age. *Science* 110, 678–680.

- Bjarnason, H. and S. Þórarinnsson 1940. Datering of vulkanska asklager í isländsk jordmån. *Geogr. Tidsskr.* 43, 5–30.
- Einarsson, T. 1950. A study of the earliest photographs of the eruption. *The Eruption of Hekla 1947–1948* II, 2, 15 pp + 14 plates.
- Friedman, J. D., C. E. Johansson, N. Oskarsson, H. Svensson, S. Þórarinnsson and R. S. Williams Jr. 1971. Observations on Icelandic polygon surfaces and palsa areas. *Geogr. Ann. Stockh.* 53, Ser. A, 115–145.
- Grönvold, K., G. Larsen, P. Einarsson, S. Þórarinnsson and K. Saemundsson 1983. The Hekla eruption 1980–1981. *Bull. Volcanol.* 46, 349–363.
- Larsen, G., K. Grönvold and S. Þórarinnsson 1979. Volcanic eruption through a geothermal borehole at Námafjall, Iceland. *Nature* 278, 707–710.
- Sigvaldason, G. E., S. Þórarinnsson, Th. Einarsson and G. Elísson 1964. The submarine eruption off the Vestman Islands. *Bull. Volcanol.* 27, 1–11 + 18 plates.
- Þórarinnsson, S. 1940. Present glacier shrinkage and eustatic changes of sea-level. *Geogr. Ann. Stockh.* 22, 139–159.
- Þórarinnsson, S. 1943. Þjórsárdalur och dess förödelse. *Fornfunda Gårdar*. Ed. M. Stenberger, 9–52.
- Þórarinnsson, S. 1944. Tefrokronologiska studier på Island. *Þjórsárdalur och dess förödelse*. E. Munksgaard, København, 217 pp.
- Þórarinnsson, S. 1948. Frjókornalínuritið frá Skallakoti. *Skrafað og skrifað*. Helgafell, Reykjavík, 190 pp.
- Þórarinnsson, S. 1948. Sviðning á Íslandi til forna. *Skrafað og skrifað*. Helgafell, Reykjavík, 190 pp.
- Þórarinnsson, S. 1949. Sitt af hverju um sumarrannsóknir. *Þjóðviljinn* 7. sept.
- Þórarinnsson, S. 1949. Some tephrochronological contributions to the volcanology and glaciology of Iceland. *Geogr. Ann. Stockh.* 31, 239–256.
- Þórarinnsson, S. 1950. The approach and beginning of the Hekla eruption. Eyewitness accounts. *The Eruption of Hekla 1947–1948* II, 1, 23 pp.
- Þórarinnsson, S. 1951. Laxárgljúfur and Laxárhraun. A tephrochronological study. *Geogr. Ann. Stockh.* 33, 1–80.
- Þórarinnsson, S. 1951. Notes on patterned ground in Iceland. *Geogr. Ann. Stockh.* 33, 144–156.
- Þórarinnsson, S. 1953. Some new aspects of the Grímsvötn problem. *J. Glaciol.* 2, 267–274.
- Þórarinnsson, S. 1954. The tephra-fall from Hekla on March 29th 1947. *The Eruption of Hekla 1947–1948* II, 3, 68 pp.
- Þórarinnsson, S. 1954. Tímatal í jarðsögunni. *Andvari* 79, 31–55.
- Þórarinnsson, S. 1955. Nákuðungslögin við Húnaflóa. *Náttúrufræðingurinn* 25, 172–186.
- Þórarinnsson, S. 1956. Mórinn í Seltjörn. *Náttúrufræðingurinn* 26, 179–192.
- Þórarinnsson, S. 1958. The Öræfajökull Eruption of 1362. *Acta Naturalia Islandica* II, 2, 100 pp.
- Þórarinnsson, S. 1960. Der Jökulsá-Canyon und Ásbyrgi. *Petermanns Geographischen Mitteilungen* 104, 154–162.
- Þórarinnsson, S. 1961. Wind erosion in Iceland. A tephrochronological study. *Ársrit Skógræktarfélags Íslands* 17–54 (Icelandic with English abstract).
- Þórarinnsson, S. 1963. *Eldur í Öskju*. (Askja on Fire.) Almenna bókafélagið, Reykjavík, 55 pp. + 40 plates.
- Þórarinnsson, S. 1964. *Surtsey*. *Eyjan nýja í Atlantshafi*. (The new island in the North Atlantic.) Almenna bókafélagið, Reykjavík, 63 pp. + 46 plates.
- Þórarinnsson, S. 1965. Submarine eruptions off the coasts of Iceland. *Náttúrufræðingurinn* 35, 47–74. (Icelandic with English abstract).
- Þórarinnsson, S. 1967. Beinagrindur og bókarspennli. *Árbók Hins íslenska fornleifafélags* 50–58.
- Þórarinnsson, S. 1967. *Surtsey*. *The new island in the North Atlantic*. Viking Press, Inc. New York, 47 pp. + 58 plates. (Update of the 1964-book)
- Þórarinnsson, S. 1967. The eruption of Hekla in historical times. A tephrochronological study. *The Eruption of Hekla 1947–1948* I, 183 pp.
- Þórarinnsson, S. 1968. *Heklueldar*. Sögufélag, Reykjavík, 185 pp. + 16 plates.
- Þórarinnsson, S. 1970. *Hekla*. *A notorious volcano*. Almenna bókafélagið, Reykjavík, 65 pp. + 48 plates.
- Þórarinnsson, S. 1974. *Vömin stríð*. *Saga Skeiðarárhlaupa og Grímsvatnagosa*. Menningarsjóður, Reykjavík, 254 pp. + 8 plates.
- Þórarinnsson, S. 1975. Katla og annáll Kötlugosa. *Árbók Ferðafélags Íslands*, 129–149.
- Þórarinnsson, S. 1976. Courses of events. *The Eruption of Hekla 1947–1948* IV, 1, 31 pp.
- Þórarinnsson, S. 1979. The postglacial history of the Mývatn area. *Oikos* 32, 17–28.

S. Steinþórsson

Thorarinsson, S. 1981. The application of tephrochronology in Iceland. *Tephra Studies as a Tool in Quaternary Geology*. S. Self and R. S. J. Sparks (eds.), D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 109–134.

Thorarinsson, S. and B. Vonnegut 1964. Whirlwinds produced by the eruption of Surtsey volcano. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 45, 440–444.

Thorarinsson, S. and G. E. Sigvaldason 1962. The eruption

in Askja 1961. A preliminary report. *Am. J. Sci.* 260, 641–651.

Thorarinsson, S. and G. E. Sigvaldason 1972. The Hekla eruption of 1970. *Bull. Volcanol.* 36, 269–288.

Thorarinsson, S., S. Steinthorsson, Th. Einarsson, H. Kristmannsdottir and N. Oskarsson 1973. The eruption on Heimaey, Iceland. *Nature* 241, 372–375.



Top: Sigurður Þórarinnsson, in his office in June 1962. Below: With Gunnar Guðmundsson in Kverkfjöll during the 1962 spring expedition of the Glaciological Society. Photo/Ljósmynd. Halldór Ólafsson. – *Sigurður Þórarinnsson á skrifstofu sinni sumarið 1962 og með Gunnari Guðmundssyni í Kverkfjöllum í vorleiðangri Jöklarannsóknafélagsins sama ár.*