

# Natural stone production in the Wiborg rapakivi granite batholith in southeastern Finland

---

Paavo Härmä and Olavi Selonen

# THE FINNISH NATURAL STONE ASSOCIATION

## Geotechnical report 10

Natural stone production in the Wiborg rapakivi granite batholith in southeastern Finland

**YHTEENVETO:** Kaakkos-Suomen rapakivigraniittialueen rakennuskivet

Paavo Härmä  
Geological Survey of Finland  
FI-02151 Espoo, Finland  
E-mail: paavo.harma@gtk.fi

Olavi Selonen  
Åbo Akademi University  
Department of natural sciences  
Geology and Mineralogy  
FI-20500 Turku, Finland  
E-mail: olavi.selonen@abo.fi

**ISSN** 2489-3161  
Layout: Sonck-Koota

Publisher: The Finnish Natural Stone Association  
P.O.Box 381, FIN-00131 HELSINKI  
[www.suomalainenkivi.fi](http://www.suomalainenkivi.fi)

Front cover. Quarry in Ylämaa (*Baltic Brown*) in southeastern Finland  
towards the end of the 2010's. Photo: Jani Kankare.

Small photo: [www.suomalainenkivi.fi](http://www.suomalainenkivi.fi)  
Kansikuva. Louhimo Ylämaalla (*Ylämaan ruskea*) 2010-luvun loppupuolella.  
Kuva: Jani Kankare.  
Pieni kuva: [www.suomalainenkivi.fi](http://www.suomalainenkivi.fi)

**HELSINKI 2018**

## CONTENTS

1	Introduction.....	2
2	Geological outline.....	2
3	Rock types of the Wiborg batholith .....	4
3.1	Wiborgite .....	4
3.2	Dark wiborgite.....	4
3.3	Pyterlite .....	4
3.4	Porphyritic rapakivi granite .....	6
3.5	Even-grained rapakivi granites .....	6
3.6	Aplitic rapakivi granite.....	6
3.7	Other rock types.....	6
4	Historical aspects of quarrying in the Wiborg batholith .....	7
4.1	Use of local granites .....	7
4.2	Granite for construction of Saint Petersburg, Russia .....	7
4.3	Industrial aspects .....	9
5	Current production.....	11
5.1	Baltic Brown.....	11
5.2	Carmen Red/Karelia Red .....	11
5.3	Eagle Red .....	13
5.4	Baltic Green .....	13
5.5	New Balmoral.....	13
5.6	Myrskylä Red.....	13
5.7	Other stone qualities .....	13
6	Geotechnical features of the granites in the Wiborg batholith.....	13
7	Leftover stones .....	15
8	Future potential for natural stone in the Wiborg batholith.....	17
8.1	Wiborgite .....	17
8.2	Pyterlite .....	17
8.3	Porphyritic rapakivi granite .....	17
8.4	Even-grained rapakivi granite .....	17
8.5	Aplitic rapakivi granite.....	17
8.6	Anorthosite.....	17
9	Concluding comments .....	20
	Acknowledgements .....	20
	References .....	21
	YHTEENVETO: Kaakkos-Suomen rapakivigraniittialueen rakennuskivet.....	25
	Appendix .....	33

## 1 INTRODUCTION

The utilization of granite in the Wiborg rapakivi granite batholith<sup>1</sup> in southeastern Finland dates back to medieval times when local granites were used in construction of churches. The end of the 18<sup>th</sup> century marks an important phase in the history of stone quarrying in the batholith when vast amounts of granite were used in construction of the newly established city of Saint Petersburg in Russia. Red granite from the Finnish municipalities of Virolahti and Hamina was used, e.g. in the construction of bridges, foundations, quays, and as street paving. Since then the batholith has been an important resource for natural stone in Finland. In the 1970's, there was a significant increase in production when the potential of the brown granite in the municipality of Ylämaa was discovered.

Today, the Wiborg batholith is the main production area for granitic natural stone in Finland. The batholith is a source for mostly brown and red coarse-grained granites with a characteristic texture of large round potassium feldspar crystals. Stone qualities as *Baltic Brown*, *Carmen Red*, *Karelia Red*, and *Eagle Red* have gained reputation at the global stone market as being classical Finnish natural stone materials, often used in projects demanding large amounts of homogeneous stone. The batholith represents a unique production area in the world; there is rapakivi granites also in other parts of the globe, but extraction of them is very modest compared to the Finnish production.

In this geotechnical report, we describe the rock types of the Wiborg batholith and their natural stone properties as well as the current production. We further discuss the geotechnical features of the granites and the future potential of quarrying in the batholith. Our aim is to provide the reader with the basic information on the most important granite production area in Finland, combined with a comprehensive list of literature for further reading. A compilation of data on natural stones in the Wiborg batholith has not previously been

published. For this report, the batholith area was revisited by the authors in 2017.

## 2 GEOLOGICAL OUTLINE

Rapakivi granites occur in Finland as four major batholiths (Åland, Laitila, Vehmaa, Wiborg) (Fig. 1) and several smaller batholiths and stocks (Haapala & Rämö 1990, Rämö 1991, Haapala & Rämö 1992, Rämö & Haapala 1995, Rämö & Haapala 2005, Karell et al. 2009, Heinonen 2012, Karell 2013, Pokki et al. 2013, Karell et al. 2014, Rämö et al. 2014, Selonen et al. 2014). The production of natural stone is located in two of the batholiths. Besides the granites produced in the Wiborg batholith, rocks of the Vehmaa batholith in the southwestern Finland are exploited (Selonen & Härmä 2003, Selonen et al. 2016).

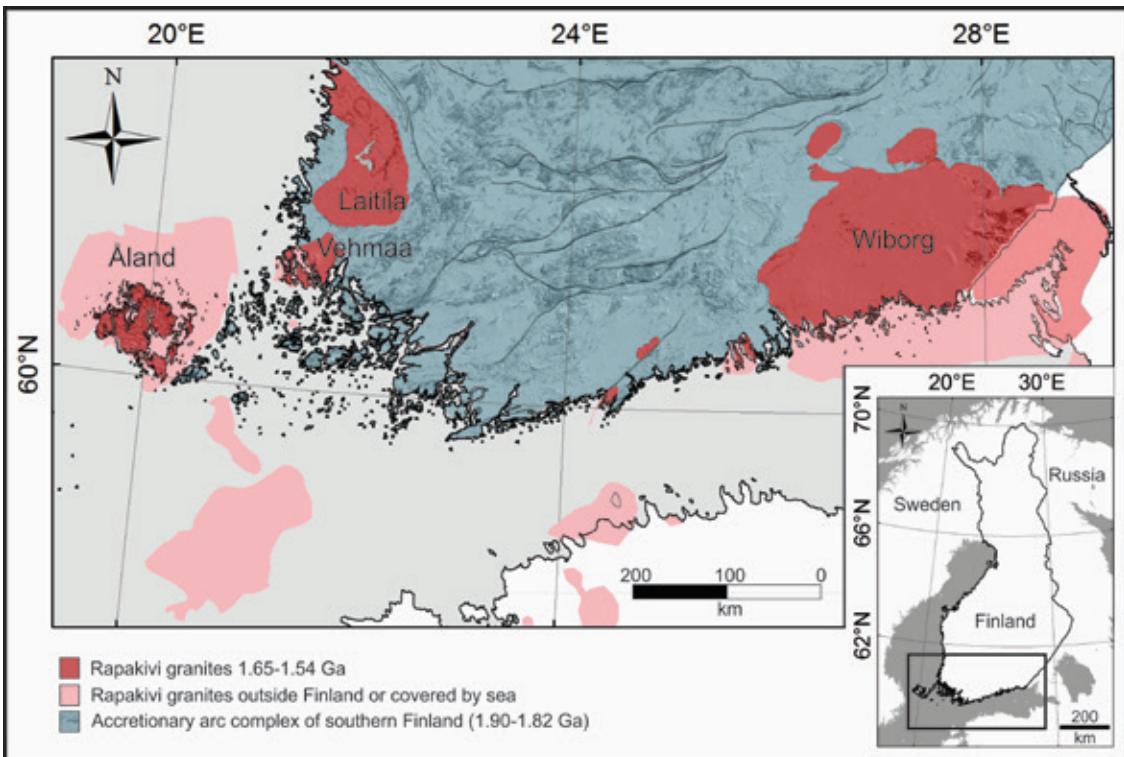
The Wiborg rapakivi granite batholith covers an area of approx. 18 000 km<sup>2</sup> in southeastern Finland shown on the Finnish geological map-sheets 3014, 3021, 3022, 3023, 3024, 3041, 3042, 3044, 3111, 3113, 3114, 3131, 3132, 3133, 3134, 4111, and 4112 (Laitakari & Simonen 1963, Lehijärvi 1964, Vorma 1965, Lehijärvi & Tyrväinen 1969, Simonen & Tyrväinen 1981, Laitala 1984, Simonen 1987, Nykänen & Meriläinen 1991). The batholith extends in the east to the western part of the Karelian Isthmus in Russia and in the south beneath the Gulf of Finland (Figs 1 and 2). A couple of satellite plutons: Ahvenisto and Suomenniemi occur in the northern part of the Wiborg batholith (Fig. 2).

The most widely distributed granite types in the Wiborg batholith are: wiborgite, pyterlite, porphyritic rapakivi granite, even-grained rapakivi granite, and aplitic rapakivi granite (Simonen 1987, Härmä & Selonen 2008, Rämö et al. 2014, Härmä et al. 2015) (Fig. 2). The wiborgite covers almost 80 percentage of the area of the batholith whereas the other rapakivi varieties occur mainly as smallish intrusions (Simonen 1987).

The age of the granites in the Wiborg batholith has been determined as 1646–1627 Ma (Rämö et al. 2014), indicating ages slightly older than those of the rapakivi batholiths in southwestern Finland.

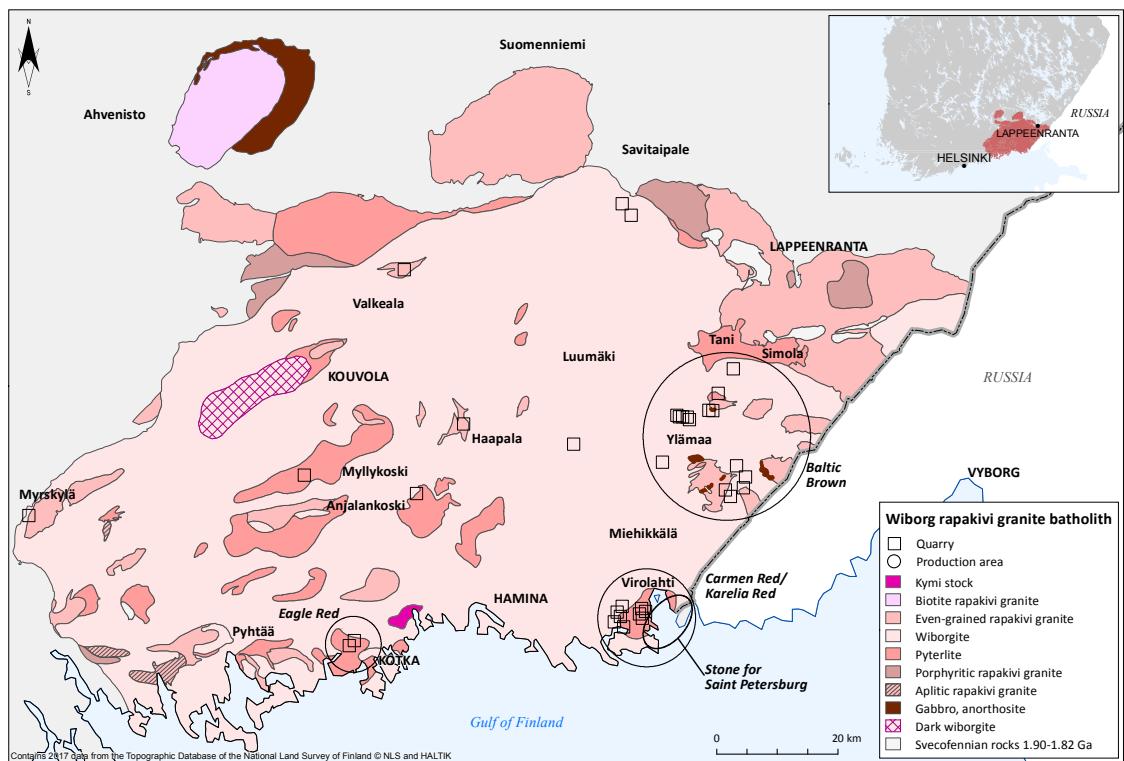
---

<sup>1</sup> A batholith is a large, generally discordant plutonic (granitic) body, having an aerial extent of 100 km<sup>2</sup> or more and no known floor (Jackson 1997).



**Figure 1.** Major rapakivi granite batholiths in Finland. Modified from Karell (2013).

**Kuva 1.** Merkittävimmät rapakivigraniittialueet Suomessa. Karellia (2013) mukaellen.



**Figure 2.** Geological map of the Wiborg rapakivi granite batholith on the Finnish side. The main current production areas are indicated by circles. Modified from Härmä et al. (2015). See also the last page of the report.

**Kuva 2.** Kaakkos-Suomen rapakivigraniittialueen kivilajikartta; Suomen puoleinen osa. Tämän hetken keskeisimmat tuotantoalueet on merkitty ympyröin. Härmää et al. (2015) mukaillaen. Katso myös raportin viimeinen sivu.

The Wiborg batholith has sharply intruded the older, ca 1900–1830 Ma old deformed and metamorphosed country rocks, which include migmatitic mica schists, amphibolites, and quartz-feldspar gneisses, as well as gabbros, granodiorites, and potassium rich granites (Simonen 1987).

As a result of the intrusion of the Wiborg batholith there is a five km wide zone of contact metamorphic alterations in the surrounding country rocks (Vorma, 1972, Simonen 1987). The contact metamorphism has occurred under pyroxene-hornfels facies, and the microcline in the host rocks is altered into orthoclase because of the heat from the rapakivi intrusion. According to Vorma (1972) the emplacement temperature of the rapakivi has been more than 800°C. See also Villar (2017).

Country rocks to the Wiborg batholith can be found inside the batholith as roof pendants<sup>2</sup> and inclusions, e.g. in the northeastern parts of the batholith (Simonen 1987) (Fig. 2). Some of these pendants and inclusions have been sources for natural stone and for production of industrial minerals.

### 3 ROCK TYPES OF THE WIBORG BATHOLITH

#### 3.1 Wiborgite

Wiborgite (“normal rapakivi”) is the main rapakivi granite variety in the Wiborg batholith (Simonen 1987, Härmä & Selonen 2008, Härmä et al. 2015). The wiborgite has the widest areal distribution, occurring as large, seemingly homogeneous areas throughout the batholith (Fig. 2).

The wiborgite has a typical rapakivi texture with densely distributed round potassium feldspar megacrysts (ovoids) mantled by plagioclase (“rapakivi feldspars”) (Fig. 3A). The megacrysts are 1–10 cm in diameter with an average size of 2–4 cm. Areas with 1–2 cm ovoids can be observed within the wiborgite. The plagioclase rim around

the feldspar crystals is 1–5 mm vide. The ovoids are normally evenly distributed, but variations in distribution and sizes of ovoids occur frequently. Smaller ovoids are more common than large ones. In few cases, the megacrysts lack plagioclase rim. The matrix between the ovoids amounts to only approx. 25–30 percentage of the rock.

The main colour of the wiborgite is brown or dark brown, and the main minerals include quartz, potassium feldspar, plagioclase, and hornblende.

#### 3.2 Dark wiborgite

Dark wiborgite includes occasional ovoidal or angular grains of zoned plagioclase as well as potassium feldspar ovoids (5–10 cm in diameter) mantled with plagioclase rim in a dark-coloured matrix (Simonen 1987, Härmä & Selonen 2008, Rämö et al. 2014) (Fig. 3B). The granite occurs in the northwestern parts of the batholith (Fig. 2).

The colour of the dark wiborgite is dark brown or dark grey. It is richer in plagioclase and hornblende than the normal wiborgite. The main minerals of the dark wiborgite are quartz, potassium feldspar, plagioclase, and hornblende.

#### 3.3 Pyterlite

Pyterlite is a rapakivi granite variety with rounded, densely dispersed potassium feldspar megacrysts 2–5 cm in diameter in a medium-grained matrix (Simonen 1987, Härmä & Selonen 2008, Härmä et al. 2015) (Fig. 3C). The pyterlite is the second largest granite type and is found as separate intrusions in the batholith (Fig. 2).

In this rock type, the megacrysts lack the rim of plagioclase (Fig. 3C), only occasionally they are mantled. Sometimes the megacrysts can be angular. Transition of pyterlite to wiborgite and to porphyritic rapakivi granite occurs. Areas of even-grained coarse or medium-grained rapakivi granite are found in the pyterlite.

---

<sup>2</sup> A roof pendant is a downward projection of country rock into an igneous intrusion (Jackson 1997).



**Figure 3.** A selection of rock types in the Wiborg batholith. Photos taken from outcrops. A. Wiborgite. B. Dark wiborgite. C. Pyterliitti. D. Tasarakeinen biotiittirapakivi. E. Tasarakeinen Kymin rapakivi. F. Porfyrinen apliitti. G. Kvartsijuoni. H. Anortosiitti. Kuvat: Paavo Härmä.

**Kuva 3.** Kaakkos-Suomen rapakivialueen kivilajeja. Kuvat otettu kalliopaljastumilta. A. Viborgiitti. B. Tumma viborgiitti. C. Pyterliitti. D. Tasarakeinen biotiittirapakivi. E. Tasarakeinen Kymin rapakivi. F. Porfyrinen apliitti. G. Kvartsijuoni. H. Anortosiitti. Kuvat: Paavo Härmä.

The main colour of the pyterlite is red or pale red. The main minerals are potassium feldspar, plagioclase, quartz, and biotite.

### 3.4 Porphyritic rapakivi granite

Porphyritic rapakivi granite consists of angular potassium feldspar megacrysts (1–3 cm) in a medium-grained matrix (Simonen 1987, Härmä & Selonen 2008, Härmä et al. 2015). A red porphyritic granite is found in the northern part of the batholith whereas a grey variety (“*Sinkko granite*”) in the eastern part of the batholith (Fig. 2).

The main minerals of the porphyritic rapakivi granite are potassium feldspar, plagioclase, quartz, and biotite.

### 3.5 Even-grained rapakivi granites

Several types of even-grained rapakivi granites are found in the Wiborg batholith. *Even-grained dark-coloured rapakivi granite* (“*tirilite*”), in the eastern part of the batholith, is a dark green or dark grey rock that carries occasional ovoidal grains of potassium feldspar and plagioclase. The granite is composed mainly of quartz, plagioclase, and potassium feldspar (Simonen 1987). Olivine, pyroxene, hornblende, and biotite are found as mafic minerals.

*Even-grained hornblende rapakivi granite* (“*Lappee granite*”) occurs in the northeastern part of the Wiborg batholith. The red and brownish red granite contains sporadic mantled or unmantled potassium feldspar megacrysts. It has hornblende and biotite as mafic minerals with occasional diopside and olivine (Simonen 1987).

*Even-grained biotite rapakivi granite* is found mainly in the northern part of the Wiborg batholith. The red fine-grained granite is texturally quite homogeneous (Fig. 3D), but contains occasional potassium feldspar megacrysts (1–2 cm in diameter) with a plagioclase rim, as well as angular feldspar megacrysts (Simonen 1987, Härmä & Selonen 2008, Härmä et al. 2015).

The main minerals are potassium feldspar, quartz, plagioclase, and biotite (Simonen 1987).

*Kymi stock*, in the southern part of the Wiborg batholith (Fig. 2), is composed of a topaz-bearing porphyritic rapakivi granite surrounded by a grey topaz-bearing even-grained rapakivi granite (Fig. 3E), associated with greisen mineralizations (Simonen 1987, Haapala & Lukkari 2005). The stock cuts through the older host rapakivi granites with gently dipping contacts (Haapala & Lukkari 2005). The even-grained Kymi granite is richer in plagioclase than the even-grained biotite rapakivi granite (Simonen 1987).

### 3.6 Aplitic rapakivi granite

Aplitic rapakivi granite contains occasional, often mantled potassium feldspar megacrysts in a fine-grained aplitic matrix (Simonen 1987, Härmä & Selonen 2008, Härmä et al. 2015) (Fig. 3F). The red or grey aplitic rapakivi granite occurs as scattered small intrusions in the batholith (Fig. 2).

### 3.7 Other rock types

Cutting red or red brown vertical *quartz porphyry dykes* are found in the southern parts of the Wiborg batholith, striking NW–SE (Simonen 1987). They exhibit chilled contacts against the host rapakivi granite varieties. The phenocrysts comprise potassium feldspar and quartz.

Vertical *quartz veins* cut the rapakivi granites of the Wiborg batholith in NW–SE direction (Fig. 3G), while the cutting *pegmatite and aplite dykes* have mainly both NW–SE and SW–NE trends. *Miarolitic cavities* are also common in some of the granite types of the batholith.

*Anorthosite* is a dark mafic rock type associated with the rapakivi granites in the Wiborg batholith (Simonen 1987, Härmä & Selonen 2008, Arponen & Rämö 2005, Arponen et al. 2009, Härmä & Selonen 2017). The batholith contains six anorthosite areas in the eastern part, ranging from 0.1 to 1.5 km<sup>2</sup> (Arponen et al. 2009, Härmä & Selonen 2017) (Fig. 2). The anorthosite is a

coarse-grained, grey, black or bluish black rock (Fig. 3H) with an ofitic texture. Plagioclase ( $An_{50-70}$ ) in the anorthosite iridescences strongly in spectral colours, hence called “spectrolite” (Fig. 3H).

## 4 HISTORICAL ASPECTS OF QUARRYING IN THE WIBORG BATHOLITH

### 4.1 Use of local granites

There is around a hundred *medieval “grey-stone” churches* in Finland made of local stone, from the beginning of the 13<sup>th</sup> century up to the mid 1500’s (e.g. Ringbom 2010). In the medieval churches of the parishes of Hamina and Pyhtää, in the area of the Wiborg batholith, the natural stone structures are no longer visible whereas in the sacristy of the church in Virolahti (from approx. 1500–1530) the natural stone construction can still be seen (Fig. 4A).

After the war against Sweden in 1788–1790, Russia began to strengthen the protection of the capital city of Saint Petersburg by creating an extensive defence system with three concentric fortress chains (“*Suvorov fortifications*”). In the area of the Wiborg batholith, this system include, e.g. the fortresses in the city of Kotka: Ruotsinsalmi (1790–1808) and Kyminlinna (1791–1792 and the beginning of the 19<sup>th</sup> century), the fortress in the city of Hamina (1722–1809), and the fortress in the city of Lappeenranta (from the beginning of the 1790’s) (Paajanen 2014). Construction material for the fortresses was mainly local granite quarried near the building locations (Fig. 4B), but also brick and wood was used.

The 43 km long *Saimaa Canal* (1845–1856, 1926–1939, 1964–1968) is a built waterway connecting the Lake Saimaa in southeastern Finland to the Gulf of Finland in Russia (e.g. Muinonen 2014). The Canal walls are made of local granites and the 28 original lock chambers were also constructed with granites quarried nearby.

Extensive construction work including use of local natural stone took place during the Second World War (in 1940–1941 and 1944) when Finland built an approx. 1200 km long line of defensive fortifications – *The Salpa Line (Suomen Salpa)* – along the Finnish eastern border (e.g. Muinonen 2014). The system comprises a total of 728 reinforced concrete bunkers and 3 000 wooden field fortifications. Natural stone is utilized most notably as tank barriers (Fig. 4C), but also in the bunkers and excavations. In the area of Wiborg batholith, remains of this construction can be found especially in Lappeenranta and in the surrounding municipalities.

Construction of the city of Kotka at the turn of the 20th century represents a phase of particular interest in the history of use of local granites when more than 10 kilometres of the city streets were covered by local paving stone (Heikki Laaksonen, pers. comm.) (Fig. 4D). The paving of the streets was done as “relief work” financed by the city of Kotka, beginning at the end of the 19th century and culminating in the early 1930’s. The granite was quarried and prepared in the Metsola area, to the northwest of the city. The same granite has also been used as foundation and building stone for the city buildings. See also page 34.

### 4.2 Granite for construction of Saint Petersburg, Russia

The most important period in the history of using the granites in the Wiborg batholith was the construction of the Russian city of Saint Petersburg at the end of the 18<sup>th</sup> century (e.g. Hirn 1963, Heldal & Selonen 2003, Bulakh et al. 2010, Kaukiainen 2016). Since no hard rocks were available near the building site in the estuary of the River Neva, the material was taken among others places from the Wiborg batholith, northwest of the city. There, the main quarry areas were situated along the shoreline and in the archipelago of Virolahti and Hamina in the present-day Finland (Fig. 2), and areas near the city of Vyborg in the present-day Russia.



**Figure 4.** Use of local granites in the area of Wiborg batholith. A. Virolahti sacristy from the 1500's. B. Ruotsinsalmi fortress (1790–1808) in Kotka. C. Tank barriers along the Salpa Line (1940–1941/1944). D. Remains of a street paved with local granite in the beginning of the 1900's in Kotka. Photos: Olavi Selonen.

**Kuva 4.** Paikallisten graniittien käyttöä Kaakkois-Suomen rapakivialueella. A. Virolahden sakaristo 1500-luvulta. B. Ruotsinsalmen linnoitus Kotkassa (1790–1808). C. Salpalinjan panssariesteitä (1940–1941/1944). D. Metsolan graniitista 1900-luvun alkupuolella valmistetuilla nupukivillä pääällystetyn kadun jäänteitä Kotkassa. Kuvat: Olavi Selonen.

Quarry locations in Virolahti have included, e.g. Pyterlahti (Hevonniemi), Hämeenkylä, Korpisaari, Karhusaari, and Hailniemi<sup>3</sup> (Enqvist 2007) while in Hamina, granite has been quarried, for example on the island of Kuorsalo (Pitkä-Kotka) (Kaukainen 2016).

Granite from Virolahti and Hamina was extensively utilized in bridges, foundations, quays, canal structures, and piers as well as in street paving in Saint Petersburg. Some known applications of Finnish granite in the city from the end of the 1700's include: the basement of the Academy of Arts (1764–1768), the wall of the St Paul and Peter Fortress (1779–1787) at the Neva River, the high basement of the Marble Palace (1768–1785) (Fig. 5A), and the stylobate with a staircase of the main building of St Petersburg Academy of Sciences (1783–1789) (Fig. 5B) (Bulakh et al. 2010).

Probably the two most famous targets of Finnish granite in Saint Petersburg are the St. Isaac's Cathedral (1818–1858) and the Alexander I Column (1829–1834). In the St. Isaac's Cathedral, there are 112 monolithic red granite columns quarried from the shores of the Gulf of Finland (Bulakh et al. 2010) (Fig. 5C). The Alexander I Column mainly consists of a monolith of red rapakivi granite extracted from the Pyterlahti (Hevonniemi) quarry in Virolahti (Fig. 5D). The monolith has a diameter of approx. 3.5 metres and a height of 25.6 metres.

Stone extraction and processing for the construction of Saint Petersburg continued in southeastern Finland up to the early 1900's and employed up to 3000 stone workers (Rask 2001). The total amount of stone exported was probably over one million cubic metres (Kaukainen 2016).

For more detailed descriptions of the use of Finnish granites in Saint Petersburg, see, e.g. Bulakh et al. (2010) and Bulakh & Abakumova (2014a, 2014b, 2014c, 2014d, 2014e).

#### 4.3 Industrial aspects

During the period from the beginning of the 1900's up to the 1970's granite was quarried in the Wiborg batholith in localised areas for the domestic markets and for export. The most important quarry areas included: Simola (green granite, 1890's–60's), Tani (red granite, *Premier Pink, Tani Mahogany*, 1910's–60's), Myrskylä (red granite, *Raynham Red, Mahogany Red* 1920–), and Kotka (red granite, *Kored Granite, Kotka Red*, 1920–) (Fig. 2).

Industrial quarrying of granite in large scale in the Wiborg batholith did not start until the 1970's when the company Lehdon Kivilaite Oy discovered the production potential of the brown wiborgite granite (*Baltic Brown*) in the Ylämaa area in the eastern parts of the batholith (Fig. 2). The company started quarrying in 1971, followed couple of years later by the companies Baltic Granit Oy, Louhinta Tiilinen Ky, and Finska Stenindustri Ab. Many of these companies also had active quarrying operations further south in the Virolahti and Kotka areas, extracting red granite. See further Puntanen & Talka (1999).

The discovery of *Baltic Brown* in the 1970's coincided with an intensive development of Finnish natural stone quarrying (and processing). Combined with a good market demand and a good supply of granites both from the Wiborg batholith and the Vehmaa batholith, this lead to an accelerated growth of export of Finnish granite and a renaissance of the Finnish stone industry. In Ylämaa, the quarrying was active right from the start, and, e.g. in the mid-1980's over ten brown quarries were already operational (Fig. 6). In addition, a green granite (*Baltic Green*) was quarried.

From the 1970's other important industrial scale quarrying sites in the Wiborg batholith have included Kotka (*Eagle Red*), Virolahti (*Carmen Red, Karelia Red*), Anjalankoski (*Carmen Red, Karelia Red*), and Savitaipale (*Karelian Brown, Baltic Brown*, ceased) (Fig. 2). Today, the Wiborg batholith has grown to be the main location for production of Finnish granite and one of the main locations for production of brown granite in the

<sup>3</sup> Granite from some of these sites were probably used already during the 1600's in fortifications in the cities of Tallinn and Narva in Estonia.



**Figure 5.** Selected objects where granites from the Wiborg batholith have been used in Saint Petersburg, Russia. A. Basement of the Marble Palace (1768–1785). B. Stylobate and stairs of the Academy of Sciences (1783–1789). C. Columns of the St. Isaac's Cathedral (1818–1858). D. Alexander I Column (1829–1834). Photos: A, B: Andrey Bulakh, C, D: Paavo Härmä.

**Kuva 5.** Kaakkois-Suomen rapakivialueen graniittien käyttöä Pietarissa. A. Marmoripalatsin kivijalka (1768–1785). B. Pietarin tiedekeskuksen stylobaatti ja portaat (1783–1789). C. Iisakin kirkon pylvät (1818–1858). D. Aleksanteri I:n muistomerkki (1829–1834). Kuvat: A, B: Andrey Bulakh, C, D: Paavo Härmä.



**Figure 6.** Quarry in Ylämaa (*Baltic Brown*) in southeastern Finland towards the end of the 1980's. Photo: Veli Juhani Hänninen.

**Kuva 6.** Louhimo Ylämaalla (Ylämaan ruskea) 1980-luvun loppupuolella. Kuva: Veli Juhani Hänninen.

world. The geological characteristics of the granites allow a high annual production with large, gang saw sized blocks with a homogeneous colour.

## 5 CURRENT PRODUCTION

Wiborgite and pyterlite are today the main rock types used as natural stone in the Wiborg batholith (Selonen 2017a, Suomalainen Kivi 2017), produced in the eastern and southeastern parts of the batholith (Fig. 2). Fig. 7 shows the stone qualities quarried and Fig. 8 selected buildings where the main qualities have been used.

### 5.1 Baltic Brown

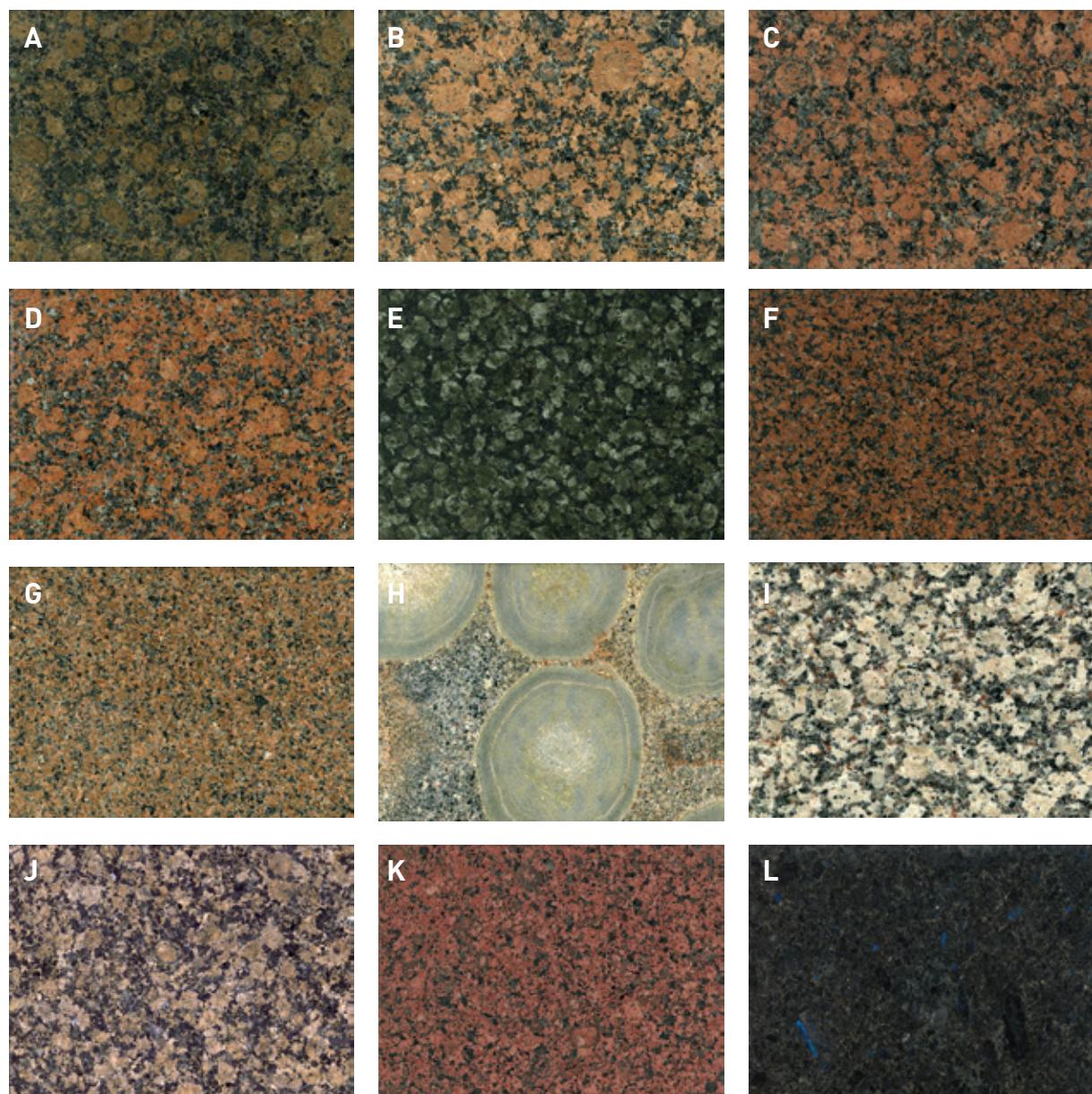
*Baltic Brown* is a brown, coarse-grained, non-foliated granite with a texture of individual, round 15–50 mm potassium feldspar crystals

with a plagioclase mantle (Fig. 7A). The granite is extracted from several quarries in the eastern part of the Wiborg batholith (Cover photo, Fig. 2). It is suited for all interior and outdoor uses, also for big projects. The stone is exported mostly to China, but also to Italy, Spain, and Egypt.

### 5.2 Carmen Red/Karelia Red<sup>4</sup>

*Carmen Red/Karelia Red* is a deep red, coarse-grained, non-foliated granite with individual, round potassium feldspar crystals, ranging from 20 to 50 mm in diameter (Figs 7B and 7C). It is quarried from several quarries in the southeastern parts of the Wiborg batholith (Fig. 2). The granite is suited for all interior and outdoor uses and is regularly stocked for the world market, especially

<sup>4</sup> *Carmen Red* and *Karelia Red* are different commercial names for the same kind of material (cf. Table 1).



**Figure 7.** Commercial stone qualities produced in the Wiborg batholith. A. *Baltic Brown*. B. *Carmen Red*. C. *Karelia Red*. D. *Eagle Red*. E. *Baltic Green*. F. *New Balmoral*. G. *Myrskylä Red*. H. *Browhill*. I. *Karelia Beige*. J. *Kymen Brown*. K. *Kymen Red*. L. *Spectrolite*. Source: [www.suomalainenkivi.fi](http://www.suomalainenkivi.fi)

**Kuva 7.** Kaakkois-Suomen rapakivialueelta tuotettavat kaupalliset kivilaadut. A. Ylämaan ruskea. B. Virolahden punainen. C. Anjalankosken/Virolahden punainen. D. Kotkan punainen. E. Ylämaan vihreää. F. Valkealan punainen. G. Myrskylän punainen. H. Ruskia vuoren pallograniitti. I. Karelia Beige. J. Myllykosken ruskea. K. Haapalan punainen. L. Spektroliitti. Lähde: [www.suomalainenkivi.fi](http://www.suomalainenkivi.fi)

to China, Taiwan, and Spain. The granite is also well-suited for large projects.

### 5.3 Eagle Red

*Eagle Red* is a red coarse-grained, non-foliated granite with round potassium feldspar crystals ranging from 15 to 30 mm in diameter (Fig. 7D). The granite is quarried from two quarries in the southern parts of the Wiborg batholith (Fig. 2). It is suited for all interior and outdoor uses, also for big projects. The granite is produced as large blocks for the export market in Europe (mainly Italy).

### 5.4 Baltic Green

*Baltic Green* is a green, coarse-grained, non-foliated granite with individual, round potassium feldspar crystals, ranging from 15 to 30 mm in diameter (Fig. 7E). The granite is extracted from two quarries in the eastern part of the Wiborg batholith. The granite is suited for all interior and outdoor uses. The stone is exported, e.g. to Poland, Russia, and the Baltic countries.

### 5.5 New Balmoral

*New Balmoral* is a red, even-grained non-foliated granite (Fig. 7F). The fine-grained granite is suited for all interior and outdoor uses, mainly for small and medium-scale projects as well as for monuments at the domestic and export markets. The granite is quarried from one quarry.

### 5.6 Myrskylä Red

*Myrskylä Red* is an even and fine-grained non-foliated red granite (Fig. 7G). It is mainly applied as paving stone, kerbstone, gravestone, and environmental stone in the domestic market. Also, polished products, surfaces and tiles, both indoors and outdoors in small scale-scale projects are available. The granite is quarried from one quarry. The *Myrskylä Red* is a traditional Finnish paving stone quality.

## 5.7 Other stone qualities

*Brownhill* is an orbicular granite, consisting of orbs in a medium-grained granitic matrix (Fig. 7H). Applications for the granite include small table tops (1 x 2 m), bowls, dishes and other small objects. The colour of the stone varies from grey to light grey-brown. It is a special stone quality, quarried from one quarry with limited availability.

*Karelia Beige* is a reddish or beige, porphyritic, coarse-grained non-foliated granite with angular potassium feldspar crystals (Fig. 7I). The granite is suited for all interior and outdoor uses. It is used mainly in the domestic markets and quarried from one quarry.

*Kymen Brown* is a brown, coarse-grained, non-foliated granite with a texture of individual, round 15–30 mm potassium feldspar crystals (Fig. 7J). The granite is suited for all interior and outdoor uses. The granite is quarried from one quarry for domestic and foreign markets (the Baltic countries).

*Kymen Red* is an even and fine-grained, non-foliated red granite (Fig. 7K). It is well-suited, e.g. for monuments and as building material for both indoor and outdoor applications mainly in the domestic markets. The granite is quarried from one quarry.

*Spectrolite* is a coarse-grained, non-foliated deep grey or black anorthosite with individual, sparkling, iridescent spectrolite (plagioclase), crystals, ranging from 0.5 to 10 cm in size (Fig. 7L). Spectrolite is a well-known gemstone type all over the world, but also used as natural stone, especially for table tops and interior decoration.

## 6 GEOTECHNICAL FEATURES OF THE GRANITES IN THE WIBORG BATHOLITH

Fracture pattern in the main granites in the Wiborg batholith, wiborgite and pyterlite, is mainly orthogonal with two vertical fracture directions perpendicular to each other accompanied with well-developed sheeting (Fig. 9). Occasional



**Figure 8.** Selected buildings where the main granites from the Wiborg batholith have been used. A. Metso Library, Tampere, Finland (*Baltic Brown*, 1986). B. Core Pacific City, Taipei, Taiwan (*Eagle Red*, 2001). C. Ager Brygge, Oslo, Norway (*Carmen Red*, 1989). D. UPM, Helsinki, Finland (*Baltic Green*, 2012). Photos: A, C, D: Olavi Selonen, B: Palin Granit Oy.

**Kuva 8.** Keskeisimpien Kaakkos-Suomen rapakivialueen kivilaatujen käyttökohteita. A. Kirjasto Metso, Tampere (*Baltic Brown*, 1986). B. Core Pacific City, Taipei, Taiwan (*Eagle Red*, 2001). C. Ager Brygge, Oslo (*Carmen Red*, 1989). D. UPM, Helsinki (*Baltic Green*, 2012). Kuvat: A, C, D: Olavi Selonen, B: Palin Granit Oy.



**Figure 9.** Orthogonal fracture pattern in pyterlite in the Wiborg batholith. Photo: Paavo Härmä.

**Kuva 9.** Kuutiollista rakoilua pyterliitissä Kaakkos-Suomen rapakivialueella. Kuva: Paavo Härmä.

diagonal patterns occur. The fractures can be both open and closed, but the main fractures are often open. The similar style of the subsurface horizontal fracturing is confirmed by GPR measurements and core drilling (e.g. Luodes 2015). The main vertical fractures in the Wiborg batholith are trending in NW–SE and SW–NE directions.

The physical properties of the granites in the Wiborg batholith indicate durability and resistance to weather and wear (Table 1). Coarse-grained ovoid-bearing Finnish rapakivi granites have been used in buildings and constructions in Saint Petersburg, Russia since the end of the 1700's (see, Chapter 4.2). There, the weathering of granite is restricted to a few millimetres depth at the stone surface and does not affect the strength or durability of the granite elements (Panova et al. 2014). In recent freeze-thaw ageing tests (56 cycles, 1 % NaCl), only low-decay processes were observed in rapakivi granites (Luodes et al. 2017).

The durability of the granites is defined by the typical silicate mineral composition (Table 1) with the absence of sulphides and the occurrence of only a few soft minerals (such as, e.g. biotite) in combination with the homogeneity of the rock and the general microscopic soundness.

The homogeneity of the rapakivi granites with no preferred mineral orientation implies that the

durability properties are isotropic, i.e. fairly equal in all directions of the stone. The high content of quartz (hardness) gives the stones good ability to accept glossy polishing. Surface treatments for the granites in the Wiborg batholith include split, bush hammered, flamed, shot blasted, matt polished, and polished finishes. The high quartz content also gives the granites good ability to accept a flamed finish.

The cleavability of the coarse-grained granites in the Wiborg batholith is only fair, while the cleavability of the even and fine and medium-grained granites is good. The produced granites are unweathered.

See Table 1 for geotechnical features of the main granite qualities in the Wiborg batholith (see further [www.suomalainenkivi.fi](http://www.suomalainenkivi.fi)). For geotechnical features of natural stones in general, see Siegesmund & Snethlake (2014).

## 7 LEFTOVER STONES

Granite quarrying produces leftover rock, which cannot be directly used as primary sales products of the quarry (Romu 2014). The rock can in parts of the quarry be too fractured or of a heterogeneous appearance to satisfy the high quality criteria of the primary production. The leftover is a raw material resource that is stored in the quarry area for subsequent use.

The granitic leftover stone is inert as material (Luodes et al. 2011). It is composed of the same rock material as the primary products and the technical quality of it is the same as that of the primary products (Luodes et al. 2012). No ore metals, such as sulphides, are found in the granite leftover, and the siliceous composition of granite indicates no leaching. Hence, the leftover blocks or storage of them constitutes no risk to the environment or to the human health (Heikkinen et al. 2007, Luodes et al. 2012).

Leftover stone reserves in the Wiborg batholith amount to approx. 13 million m<sup>3</sup> with an annual growth of 300 000–500 000 m<sup>3</sup>, depending on the market situation. Utilization targets for

**Table 1.** Geotechnical properties of the main stone qualities produced in the Wiborg batholith.  $Pfs$  = potassium feldspar,  $Pl$  = plagioclase,  $Qtz$  = quartz,  $Am$  = amphibole.

Sources: Geological Survey of Finland, The Finnish Natural Stone Association, this study.

**Taulukko 1. Kaakkos-Suomen rapakivivaluelta lounaitavien keskeisimpien kivilatuujen geoteknisia ominaisuuksia.  $Pfs$  = kalimaasälpä,  $Pl$  = plagioklaasi,  $Qtz$  = kvarts,  $Am$  = amfiboli. Lähde: Geologian tutkimuslaitto ry, tämä tutkimus.**

Rock type	Baltic Brown	Carmen Red	Karelia Red	Eagle Red	Baltic Green	New Balmoral	Myrskylä Red
Wiborgite	Pyterlite	Pyterlite	Pyterlite	Pyterlite/wiborgite	Pyterlite/wiborgite	Even-grained rapakivi granite	Even-grained rapakivi granite
$Pfs, Pl, Qtz$	$Pfs, Qtz, Pl$	$Pfs, Qtz, Pl$	$Pfs, Qtz, Pl$	$Pfs, Pl, Qtz, Am$	$Pfs, Pl$	$Qtz, Pfs, Pl$	$Qtz, Pfs, Pl$
Brown/non-foliated	Red/non-foliated	Red/non-foliated	Red/non-foliated	Green/non-foliated	Red/non-foliated	Red/non-foliated	Red/non-foliated
Small	Small	Small	Small	Small	Small	Small	Small
All uses outdoor and indoor	All uses outdoor and indoor	All uses outdoor and indoor, especially paving and environmental stone					
Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
High	High	High	High	High	High	High	High
Orthogonal	Orthogonal	Orthogonal	Orthogonal	Orthogonal	Orthogonal	Orthogonal/diagonal	Orthogonal/diagonal
Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Good	Good
None	None	None	None	None	None	None	None
Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
Polished, matt, shot blasted, flamed, bush hammered, split	Polished, matt, shot blasted, flamed, bush hammered, split	Polished, matt, shot blasted, flamed, bush hammered, split	Polished, matt, shot blasted, flamed, bush hammered, split	Polished, matt, shot blasted, flamed, bush hammered, split	Polished, matt, shot blasted, flamed, bush hammered, split	Polished, matt, flamed, bush hammered	Polished, matt, flamed, bush hammered, split
0.16	0.10	0.18	0.15	0.15	0.13	0.11	0.09
13755							
Apparent density ( $\text{kg/m}^3$ ), EN 1936	2680	2630	2630	2630	2660	2620	2630
Flexural strength (MPa), EN 12372	12.0/10.3*	11.7/11.8*	11.5/12.7*	12.4/11.6*	10.6/9.5*	12.6/12.9*	12.6
Frost resistance, change of flexural strength (%) EN 12371	+6.8**	0.0**	-1**	+2.2**	-3.4**	+0.9**	+5.6**
Compressive strength (MPa), EN 1926	151/139*	132/143**	147/143*	149/162*	177/170*	167/166*	201
Abrasion resistance (mm), EN 14157	17	15	16	16	16	15	18
Breaking load at dowel hole (N), EN 13364	2450	1700	2500	2500	1950	2700	2850

\*after 56 freeze/thaw cycles (1% NaCl)

\*\*after 48 freeze/thaw cycles

the leftover from the Wiborg batholith include aggregate production (road constructions<sup>5</sup>, foundations of buildings etc.), environmental construction (rubble walls, road embankments, yards and parks etc.), and water construction (e.g. harbour structures).

See Fig. 10 for targets where the leftover stone from the Wiborg batholith has been used. See also Räisänen et al. (2007) for a thorough study of the leftover rocks in the Wiborg batholith, and Selonen (2017b) for recent utilization targets.

## 8 FUTURE POTENTIAL FOR NATURAL STONE IN THE WIBORG BATHOLITH

The natural stone potential of the Wiborg batholith has been defined by several projects, consisting individual steps of desk study, regional scale prospecting (field mapping), detailed site investigations, and sampling (Härmä & Selonen 2000, Härmä 2001, Härmä et al. 2001, Härmä 2003a, Härmä 2003b, Härmä & Selonen 2008, Härmä et al. 2013, Luodes et al. 2014, Härmä et al. 2015, Luodes et al. 2015, Medda et al. 2015, Härmä et al. 2016, Härmä & Selonen 2017).

See also Table 2 for the prerequisites for feasible natural stone.

Based on the exploration studies, the main rock types in the Wiborg batholith – the wiborgite and pyterlite – have a good future potential for natural stone (Table 3).

### 8.1 Wiborgite

The wiborgite has a good future potential for natural stone. The granite has typically a low frequency of fractures (Fig. 11), and sites with

fracturing sparse enough for extraction can easily be identified. Generally, the colour of granite is brown or dark brown with occasional shades of reddish or greenish brown. In localised areas, the rock can be light brown or dark green.

### 8.2 Pyterlite

The pyterlite has a good future potential for natural stone. Density of fractures is typically low, allowing extraction. The general colour of the granite is red or pale red with sporadic variations of bluish red, brownish red, brown or green.

### 8.3 Porphyritic rapakivi granite

The porphyritic rapakivi granite has a fair potential for natural stone due to the limited distribution of the rock (to the northern part of the batholith).

### 8.4 Even-grained rapakivi granite

The potential of the even-grained rapakivi granite for natural stone is fair, challenged by the relatively dense fracturing.

### 8.5 Aplitic rapakivi granite

The density of fractures in the aplitic rapakivi granite is too high that it could be used in current production of natural stone.

### 8.6 Anorthosite

The anorthosite has a good potential for gemstone production, but apparently a limited potential for natural stone production, because of the dense fracturing. A focused exploration project is needed for defining the exact future potential of the anorthosite for natural stone (Härmä & Selonen 2017).

<sup>5</sup> It should be noted that aggregate made from granitic leftover can be used in addition to use as bound base course in roads, also in asphalt in built-up areas (speed limit less than 60 km/h) with low traffic impact (average daily traffic of, e.g. 500–2500 vehicles) (Vuorinen 2002).



**Figure 10.** A selection of targets manufactured with leftover stone from the Wiborg batholith. A. Rock aggregate, Kotka. B. Benches, Sapokka Water Garden, Kotka. C. Wall, Virolahti. D. Monument, Kotka. E. Wall, Lappeenranta. F. Wall, Kotka. Photos: A, E: Olavi Selonen, B: Anne Vilkki-Lanu, C: Palin Granit Oy, D: Paavo Härmä, F: Linjaporaus Lehtinen Oy.

**Kuva 10.** Sivukivistä valmistettuja kohteita Kaakkos-Suomen rapakivialueella. A. Murske, Kotka. B. Istuinpenkit, Sapokan Vesipuisto, Kotka. C. Muuri, Virolahti. D. Monumentti, Kotka. E. Muuri, Lappeenranta. F. Muuri, Kotka. Kuvat: A, E: Olavi Selonen, B: Anne Vilkki-Lanu, C: Palin Granit Oy, D: Paavo Härmä, F: Linjaporaus Lehtinen Oy.

**Table 2.** Requirements for suitable natural stone. Modified from Romu (2014).**Taulukko 2.** Rakennuskiven etsinnässä arvioitavia tekijöitä. Romua (2014) mukaillen.

Geological requirements	<ul style="list-style-type: none"> <li>homogeneity of colour and appearance of stone (one-coloured/multi-coloured)</li> <li>soundness of bedrock (block size of 2-15 m<sup>3</sup>)</li> <li>size of the prospect</li> <li>mineralogy</li> </ul>
Technical requirements	<ul style="list-style-type: none"> <li>physical properties (e.g. density, water absorption)</li> <li>mechanical properties (e.g. durability properties)</li> <li>production (quarrying/processing)</li> </ul>
Infrastructural requirements	<ul style="list-style-type: none"> <li>legislation</li> <li>location of the prospect in relation to environment (noise, dust, vibration, waters)</li> <li>location of the prospect in relation to roads</li> <li>availability of labour</li> </ul>
Commercial requirements	<ul style="list-style-type: none"> <li>interesting appearance and colour</li> <li>price and fashion</li> <li>product selection</li> <li>market and competition</li> </ul>

**Table 3.** The main properties of the rock types of the Wiborg batholith in assessment for natural stone suitability. Based on the exploration studies mentioned in the text. See text also for further explanation and Table 2.**Taulukko 3.** Kaakkos-Suomen rapakivialueen kivilajien ominaisuuksia rakennuskiven esiintymäärvioinnissa. Lähde: Kirjallisuusluettelossa mainitut etsintätutkimukset. Katso myös Taulukko 2.

Granite type	Fracturing	Colour	Inconsistencies in appearance	Future potential
Wiborgite	<ul style="list-style-type: none"> <li>Orthogonal fracture pattern.</li> <li>Spacing of the vertical fractures up to 6–7 meters.</li> <li>Spacing of the horizontal fractures 2–4 m.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Brown or dark brown with shades of reddish or greenish brown.</li> <li>In localised areas light brown or green.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Occasional mafic and felsic inclusions, aplite and pegmatite dykes, quartz veins.</li> </ul>	• Good
Pyterlite	<ul style="list-style-type: none"> <li>Orthogonal fracture pattern.</li> <li>Up to 5 meters spacing of vertical fractures.</li> <li>Spacing of horizontal fractures 2–4 m.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Red or pale red with sporadic variations towards bluish red, brownish red, brown or green.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Occasional felsic and mafic inclusions, quartz veins, aplite and pegmatite dykes.</li> </ul>	• Good
Porphyritic rapakivi granite	<ul style="list-style-type: none"> <li>Orthogonal fracture pattern.</li> <li>Maximum spacing of the vertical fractures approx. 4 m, spacing of the horizontal fractures 2–3 m.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Red, but light red, grey, or bluish red varieties occur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Red colorization around some fractures.</li> <li>Occasional aplite dykes.</li> </ul>	• Fair
Even-grained rapakivi granite	<ul style="list-style-type: none"> <li>Orthogonal fracture pattern, in places diagonal fracturing.</li> <li>Maximum spacing of vertical fractures 3 m and of horizontal fractures 2 m.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Red or grey colour, but brown and dark green types occur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Red colorization around some fractures.</li> <li>Occasional small intrusions and dykes of aplite, single small mafic inclusions.</li> </ul>	• Fair
Aplitic rapakivi granite	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dense and diagonal fracture pattern (1–2 m spacing).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Red or grey colour.</li> </ul>		• Non
Anorthosite	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dense and diagonal fracture pattern (1–3 m spacing).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Black with variations towards grey.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Whitish plagioclase minerals (“milk”).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Good for gemstone, detailed exploration needed for natural stone potential.</li> </ul>



**Figure 11.** Sound viborgite in a prospect in the eastern part of the Wiborg batholith. Photo: Olavi Selonen.

**Kuva 11.** Ehjää viborgiittia potentiaalisessa kohteessa Kaakkois-Suomen rapakivialueen itäosassa. Kuva: Olavi Selonen.

## 9 CONCLUDING COMMENTS

The Wiborg rapakivi granite batholith comprises the main production area for granitic natural stone in Finland with centuries long tradition of stone quarrying. Stone qualities like *Baltic Brown*, *Carmen Red*, *Karelia Red*, and *Eagle Red* have gained reputation at the global stone market as being classical Finnish natural stone materials.

The use of stone from the Wiborg batholith is based on the unique visual expression with the rapakivi structure and on durability and long life cycle. The batholith represents a unique production area in the world: rapakivi granites are found also in other parts of the world, but extracted for natural stone in much smaller quantities than in Finland.

The batholith shows good reserves for future quarrying.

## ACKNOWLEDGEMENTS

City gardener Heikki Laaksonen (City of Kotka) gave information on the construction of the city of Kotka. Prof. Carl Ehlers (Åbo Akademi University) critically commented on our paper. Their contributions are highly valued.

Prof. Andrey Bulakh (State University of Saint Petersburg) is thanked for fruitful discussions and invaluable information on the applications of Finnish granites in the city of Saint Petersburg. Prof. Elena Panova (State University of Saint Petersburg), geologists Heikki Pirinen and Fredrik Karell (both Geological Survey of Finland), and Raimo Tankka (formerly Finska Stenindustri Ab and Granicon Oy) are thanked for technical help during making the report. Kirsti Keskisaari (Geological Survey of Finland) is acknowledged for preparing the maps.

Finally, we thank the Finnish Natural Stone Association for the possibility to publish this report.

## REFERENCES

- Arponen, E. & Rämö, T. 2005.** Ylämaalta löytyneet uudentyyppinen seoskivi. KIVI 4, 6–7. (in Finnish).
- Arponen, E., Härmä, P., Selonen, O., Luodes, H. & Pokki J. 2009.** Anorthosite and spectrolite in the Wiborg rapakivi granite batholith and the lithological control of spectrolite deposits. Geological Survey of Finland, Report of Investigation 178. Espoo, Finland. 41 p. (in Finnish with English summary).
- Bulakh, A. & Abakumova, N. 2014a.** Stone Town Guide St Petersburg Nr. 1. ENPI Report. 28 p. [http://newprojects.gtk.fi/ENPI/results/history/city\\_guides.html](http://newprojects.gtk.fi/ENPI/results/history/city_guides.html) [1.10.2017]
- Bulakh, A. & Abakumova, N. 2014b.** Stone Town Guide St Petersburg Nr. 2. ENPI Report. 35 p. [http://newprojects.gtk.fi/ENPI/results/history/city\\_guides.html](http://newprojects.gtk.fi/ENPI/results/history/city_guides.html) [1.10.2017]
- Bulakh, A. & Abakumova, N. 2014c.** Stone Town Guide St Petersburg Nr. 3. ENPI Report. 33 p. [http://newprojects.gtk.fi/ENPI/results/history/city\\_guides.html](http://newprojects.gtk.fi/ENPI/results/history/city_guides.html) [1.10.2017]
- Bulakh, A. & Abakumova, N. 2014d.** Stone Town Guide St Petersburg Nr. 4. ENPI Report. 25 p. [http://newprojects.gtk.fi/ENPI/results/history/city\\_guides.html](http://newprojects.gtk.fi/ENPI/results/history/city_guides.html) [1.10.2017]
- Bulakh, A. & Abakumova, N. 2014e.** Stone Town Guide St Petersburg Nr. 5. ENPI Report. 47 p. [http://newprojects.gtk.fi/ENPI/results/history/city\\_guides.html](http://newprojects.gtk.fi/ENPI/results/history/city_guides.html) [1.10.2017]
- Bulakh, A.G., Abakumova, N.B. & Romanovsky, J.V. 2010.** St. Petersburg – A History in Stone. University Press. St Petersburg, Russia. 173 p.
- Enqvist, J. 2007.** Virolahti. Osa II. Historiallisen ajan muinaisjäännösten inventointi 3.–28.9.2007. Museovirasto, rakennushistorian ja arkeologian osastot. Helsinki, Finland. 118 p. (in Finnish).
- Haapala, I. & Rämö, O.T. 1990.** Petrogenesis of the Proterozoic rapakivi granites of Finland. In: Stein, H.J. & Hannah, J.L. (eds.) Ore-bearing granite systems; Petrogenesis and mineralizing processes. Geological Society of America Special Paper 246, 275–286.
- Haapala, I. & Rämö, O.T. 1992.** Tectonic setting and origin of the Proterozoic rapakivi granites of southeastern Fennoscandia. Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences, 83, 165–171.
- Haapala, I. & Lukkari, S. 2005.** Petrological and geochemical evolution of the Kymi stock, a topaz granite cupola within the Wiborg rapakivi batholith, Finland. Lithos 80, 347–362.
- Härmä, P. 2001.** Etelä-Karjalan rakennuskivivarojen etsintäkartoitus 1998–2001. Raportti KA 33/01/2. Geological Survey of Finland. Espoo, Finland. 19 p. (in Finnish).
- Härmä, P. 2003a.** Itä-Uudenmaan rakennuskivivarojen etsintäkartoitus, osa I. Itä-Uudenmaan liitto. Julkaisu 62. Porvoo, Finland. 19 p. (in Finnish).
- Härmä, P. 2003b.** Itä-Uudenmaan rakennuskivivarojen etsintäkartoitus, osa II. Itä-Uudenmaan liitto. Julkaisu 80. Porvoo, Finland. 16 p. (in Finnish).
- Härmä, P. & Selonen, O. 2000.** Kymenlaakson rakennuskivivarojen kartoitus. Kymenlaakson liiton julkaisuja B:118. Suomen Kiviteollisuus Oy. Kymenlaakson liitto. Karhula, Finland. 24 p. (in Finnish).
- Härmä, P. & Selonen, O. 2008.** Surface weathering of rapakivi granite outcrops – implications for natural stone exploration and quality evaluation. Estonian Journal of Earth Sciences 57, 3, 135–148.
- Härmä, P. & Selonen, O. 2017.** Spectrolite – a unique natural stone from Finland. Geotechnical report 4. The Finnish Natural Stone Association. Helsinki, Finland. 33 p. [http://www.suomalainenkivi.fi/wp-content/uploads/2017/03/geotechnical\\_report4\\_web.pdf](http://www.suomalainenkivi.fi/wp-content/uploads/2017/03/geotechnical_report4_web.pdf) [5.9.2017]
- Härmä, P., Selonen, O. & Luodes, H. 2001.** Prospecting of bedrock resources – dimension stones in a rapakivi granite area, a case history. In: Kuula-Väisänen, P. & Uusinoka, R. (eds.) Proceedings of Aggregate 2001 – Environment and Economy. Helsinki, Finland 6–8 August 2001. Volume 1. Publication number 50 of Tampere University of Technology. Laboratory of engineering geology. Tampere, Finland. 175–179.
- Härmä, P., Airo, M.-L. & Selonen, O. 2013.** The use of airborne geophysics in exploration for natural stone. Mineral deposits research for a high-tech world. 12<sup>th</sup> SGA Biennal Meeting 2013. Proceedings. Volume 4, 1796–1798.
- Härmä, P., Selonen, O. & Luodes, H. 2015.** The Wiborg granite batholith – the main production

- area for granite in Finland. In: G. Lollino et al. (eds.) Engineering Geology for Society and Territory – Volume 5, 259–262.
- Härmä, P., Huotari-Halkosaari, T. & Selonen, O. 2016.** The use of geophysical methods in assessment of natural stone prospects. In: Staboullis S., Karvonen T. & Kujanpää A. (eds.) Bulletin of the Geological Society of Finland, Special Volume: Abstracts of The 32<sup>nd</sup> Nordic Geological Winter Meeting 13<sup>th</sup>–15<sup>th</sup> January 2016, Helsinki, Finland. 122–123.
- Heikkinen, P.M., Aatos, S., Nikkarinen, M. & Taipale, R. 2007.** Luonnonkivistuotannon sivukiviin liittyvät ympäristövaikutukset ja ympäristökelpoisuuden testaaminen. Itä-Suomen luonnonkivialan koulutus- ja tutkimusympäristön kehittämishanke. Geologian tutkimuskeskus, Itä-Suomen yksikkö, S/49/0000/2007/53, arkistoraportti. Kuopio, Finland. 41 p. (in Finnish).
- Heinonen, A. 2012.** Isotopic evidence for the origin of Proterozoic massif-type anorthosites and their relation to rapakivi granites in southern Finland and northern Brazil. Academic dissertation. University of Helsinki. Department of Geosciences and Geography. Department of Geosciences and Geography A18, Helsinki, Finland.
- Heldal, T. & Selonen, O. 2003.** History and heritage. In: Selonen, O. & Suominen, V. (Eds.) Nordic Stone. Geological Science series. UNESCO publishing. Paris, France. 13–18.
- Hirn, S. 1963.** Strövtåg i Österled. Kulturhistoriska studier. Bidrag till kännedom av Finlands natur och folk 108. Finska Vetenskaps-Societen, Helsingfors, Finland. 279 p. (in Swedish).
- Jackson, J.A. (ed.) 1997.** Glossary of geology. 4 th edition. American Geological Institute. Alexandria, Virginia, United States. 769 p.
- Karell, F. 2013.** Structure-related magnetic fabric studies: Implications for deformed and undeformed Precambrian rocks. Academic dissertation. Åbo Akademi University. Department of natural sciences, geology and mineralogy. Geological Survey of Finland. Espoo, Finland.
- Karell, F., Ehlers, C., Airo, M-L. & Selonen, O. 2009.** Intrusion mechanisms and magnetic fabrics of the Vehmaa rapakivi granite batholith in SW Finland. *Geotectonic Research* 96, 1, 53–68.
- Karell, F., Ehlers, C. & Airo, M-L. 2014.** Emplacement and magnetic fabrics of rapakivi granite intrusions within Wiborg and Åland rapakivi granite batholiths in Finland. *Tectonophysics* 614, 31–43.
- Kaukiainen, Y. 2016.** Punaiset pilarit. Suomalainen graniitti tsaarien Pietarissa. Suomalaisen Kirjallisuuden Seura. Helsinki, Finland. 154 p. (in Finnish).
- Laitakari, I. & Simonen, A. 1963.** Geological map of Finland 1:100 000. Explanation to the map of rocks, sheet 3022 Lapinjärvi. Geological Survey of Finland. Helsinki, Finland. 48 p. (in Finnish with an English summary).
- Laitala, M. 1984.** Pre-Quaternary rocks of the Pellinki and Porvoo map-sheet areas. Geological map of Finland 1:100 000. Explanation to the maps of Pre-Quaternary rocks. Sheets 3012 Pellinki and 3021 Porvoo. Geological Survey of Finland. Espoo, Finland. 53 p. (in Finnish with an English summary).
- Lehijärvi, M. 1964.** Geological map of Finland 1:100 000. Explanation to the map of rocks, sheet 3111 Lahti. Geological Survey of Finland. Helsinki, Finland. 40 p. (in Finnish with an English summary).
- Lehijärvi, M. & Tyrväinen A. 1969.** Geological map of Finland. Maps of Pre-Quaternary Rocks 1:100 000 Sheet 3114 Vuohijärvi – Suomen geologinen kartta. Kallioperäkartta 1:100 000 Lehti 3114 Vuohijärvi. Geological Survey of Finland. Espoo, Finland.
- Luodes, H. 2015.** Ground penetrating radar and assessment of natural stone. Geological Survey of Finland, Report of Investigation 223. Espoo, Finland. 46 p.
- Luodes, H., Härmä, P., Pirinen, H. & Selonen, O. 2015.** Assessment of potential natural stone deposits. In: G. Lollino et al. (eds.) Engineering Geology for Society and Territory – Volume 5, 243–246.
- Luodes, H., Huotari-Halkosaari, T., Sutinen, H., Härmä, P. & Selonen, O. 2014.** Document of best practices on natural stone evaluation and research. ENPI report. 24 p. [http://newprojects.gtk.fi/export/sites/projects/ENPI/results/documents/Document\\_of\\_best\\_practices\\_on\\_natural\\_stone.pdf](http://newprojects.gtk.fi/export/sites/projects/ENPI/results/documents/Document_of_best_practices_on_natural_stone.pdf) [6.11.2017]
- Luodes, H., Kauppila, P.M., Luodes, N., Aatos, S., Kallioinen, J., Luukkanen, S. & Aalto, J. 2012.** Characteristics and the environmental ac-

- ceptability of the natural stone quarrying waste rocks. Bull. Eng. Geol. Environ., 71, 257–261.
- Luodes H., Kauppila P., Karlsson T., Nikkarinen M., Aatos S., Tornivaara A., Wahlström M. & Kaartinen T. 2011.** Kaivannaisjätteen luokittelu pysyväksi – Louhinnassa muodostuvat sivukivet. Suomen ympäristö 21/2011. Ympäristöministeriö. Helsinki, Finland. 32 p. (in Finnish).
- Luodes, N., Panova, E. & Bellobede, R. 2017.** Characterization of natural stone material used in the Nordic eastern urban and costal environment. Environ Earth Sci 76:328. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6630-9>
- Medda, P., Leinonen, S., Selonen, O., Gareddu, N. & Siotto, G. 2015.** A feasibility study of a potential dimension stone occurrence of brown granite in Nopala (Finland). Marmomacchine 4, 38–71.
- Muinonen, M. 2014.** Stone Town Guide Lappeenranta. ENPI Report. 60 p. [http://projects gtk.fi/export/sites/projects/ENPI/results/documents/lappeenranta\\_town\\_guide.pdf](http://projects gtk.fi/export/sites/projects/ENPI/results/documents/lappeenranta_town_guide.pdf) [30.9.2017]
- Nykänen, O. & Meriläinen, K. 1991.** Pre-Quaternary rocks of the Imatra map-sheet area. Geological map of Finland 1:100 000. Explanation to the maps of Pre-Quaternary rocks. Sheet 4111, 4112 Imatra. Geological Survey of Finland. Espoo, Finland. 44 p. (in Finnish with an English summary).
- Paajanen, I. 2014.** Stone Town Guide Kotka. ENPI Report. 44 p. [http://projects gtk.fi/export/sites/projects/ENPI/results/documents/kotka\\_town\\_guide.pdf](http://projects gtk.fi/export/sites/projects/ENPI/results/documents/kotka_town_guide.pdf) [30.9.2017]
- Panova, E. G., Vlasov, D. Y. & Luodes, H. (eds.) 2014.** Evaluation of the durability of granite in architectural monuments. Geological Survey of Finland, Report of investigation 214. Espoo, Finland. 79 p.
- Pokki, J., Kohonen, J., Rämö, O.T. & Andersen, T. 2013.** The Suursaari conglomerate (SE Fennoscandian shield; Russia) — Indication of cratonic conditions and rapid reworking of quartz arenitic cover at the outset of the emplacement of the rapakivi granites at ca. 1.65 Ga. Precambrian Research 233, 132–143.
- Puntanen, P. & Talka, A. 1999.** Ylämaan historia. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä, Finland. 155 p. (in Finnish).
- Räisänen M., Venäläinen P., Lehto H., Härmä P., Vuori S., Ojalainen J., Kuula-Väisänen P., Komulainen H., Kauppinen-Räisänen H. & Vallius P. 2007.** The utilization of leftover stones from dimension stone quarries in southeastern Finland. Geological Survey of Finland, Report of Investigation 169. Espoo, Finland. 64 p. (in Finnish with an English summary).
- Rämö, O.T. 1991.** Petrogenesis of the Proterozoic rapakivi granites and related basic rocks of southeastern Fennoscandia: Nd and Pb isotopic and general geochemical constraints. Geological Survey of Finland, Bulletin 355, 161 p.
- Rämö, O.T. & Haapala, I. 1995.** One hundred years of Rapakivi Granite. Mineralogy and Petrology 52, 129–185.
- Rämö, O.T. & Haapala, I. 2005.** Rapakivi granites. In: Lehtinen, M., Nurmi, P.A. & Rämö, O.T. (eds.) Precambrian Geology of Finland – Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield. Elsevier B.V. Amsterdam, Netherlands. 533–562.
- Rämö, O.T., Turkki, V., Mänttäri, I., Heinonen, A., Larjamo, K. and Lahaye, Y. 2014.** Age and isotopic fingerprints of some plutonic rocks in the Wiborg rapakivi granite batholith with special reference to the dark wiborgite of the Ristisaari Island. Bulletin of the Geological Society of Finland 86, 71–91.
- Rask, M. 2001.** Rakennuskivet. In: Virkkunen, M., Partanen, S.J. & Rask, M. (toim.) Suomen kivet. Oy Edita Ab. Helsinki, Finland. 119–160. (in Finnish).
- Ringbom, Å. 2010.** Åländska kyrkor berättar. Nytt ljus på medeltida konst, arkitektur och historia. Vaasa Graphics. Vasa, Finland. 160 p. (in Swedish).
- Romu, I. (ed.) 2014.** Best environmental practices (BEP) for natural stone production. The Finnish Environment 5/2014. Ministry of Environment. Helsinki, Finland. 133 p. (in Finnish with an English and a Swedish summary).
- Selonen, O. 2017a.** Suomalaiset luonnonkivimateriaalit. Tekninen tiedote nro 2. Third edition. Finnish Natural Stone Association. Helsinki, Finland. 26 p. (in Finnish). <http://www.suomalainenkivi.fi/wp-content/uploads/2017/02/materiaaliopas2017-www.pdf> [6.10.2017]
- Selonen, O. 2017b.** Sivukivet hyödyksi Kotkassa. Suomalainen Kivi 1, 22–24. (in Finnish).

- Selonen, O. & Härmä, P. 2003.** Stone resources and distribution: Finland. In: Selonen, O. & Suominen, V. (Eds.) Nordic Stone. Geological Science series, UNESCO publishing, Paris, France. 19–29.
- Selonen, O., Ehlers C., Luodes H., & Härmä, P. 2014.** Exploration methods for granitic natural stones – geological and topographical aspects from case studies in Finland. Bulletin of the Geological Society of Finland 86, 5–22.
- Selonen, O., Ehlers, C., Luodes, H., Härmä, P. & Karell, F. 2016.** The Vehmaa rapakivi granite batholith – production area for Balmoral Red granites in southwestern Finland. Geotechnical report 1. The Finnish Natural Stone Association. Helsinki, Finland. 47 p. [http://www.suomalainenkivi.fi/wp-content/uploads/2016/07/geotechnical\\_report\\_1\\_web3.pdf](http://www.suomalainenkivi.fi/wp-content/uploads/2016/07/geotechnical_report_1_web3.pdf) [31.8.2017]
- Siegesmund, S. & Snethlake, R. (eds.) 2014.** Stone in architecture. Properties, durability. 5<sup>th</sup> edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 550 p.
- Simonen, A. 1987.** Pre-Quaternary rocks of the map-sheet areas of the rapakivi massif in SE Finland. Geological map of Finland 1:100 000, Explanation to the maps of Pre-Quaternary rocks, sheets 3023 + 3014, 3024, 3041, 3042, 3044, 3113, 3131 and 3133. Geological Survey of Finland, Espoo, Finland. 49 p. (in Finnish with an English summary).
- Simonen, A. & Tyrväinen, A. 1981.** Pre-Quaternary rocks of the Savitaipale map-sheet area. Geological map of Finland 1:100 000. Explanation to the maps of Pre-Quaternary rocks. Sheet 3132 Savitaipale. Geological Survey of Finland. Espoo, Finland. 29 p. (in Finnish with an English summary).
- Suomalainen Kivi 2017.** Finnish natural stones. <http://www.suomalainenkivi.fi/en/finnish-natural-stones/> [6.10.2017].
- Villar, A. 2017.** Thermal and hydrothermal influence of rapakivi igneous activity on Late-Svecofennian granites in southeastern Finland. Master's Thesis. University of Turku. Faculty of Mathematics and Natural Sciences. Department of Geography and Geology. Turku, Finland.
- Vorma, A. 1965.** Geological map of Finland 1:100 000. Explanation to the map of rocks, sheet 3134 Lappeenranta. Geological Survey of Finland. Helsinki, Finland. 72 p. (in Finnish with an English summary).
- Vorma, A. 1972.** On the contact aureole of the Wiborg rapakivi granite massif in southeastern Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 255, 28 p.
- Vuorinen, J. 2002.** Rakennuskivilouhimoiden sivukiven käyttö asfalttipäällysteen kiviaineekseen kaupunkiolosuhteissa. Projektin tulokset vuosilta 1999-2002. Loppuraportti. Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Rakennus- ja yhdyskuntateknikka. Tutkimusraportti RTE3090/02. Helsinki, Finland. 60 p. (in Finnish).

## YHTEENVETO: KAAKKOIS-SUOMEN RAPAKIVIGRANIITIALUEEN RAKENNUSKIVET

### Johdanto

Kaakkoris-Suomen rapakivigraniittialue eli nk. Viipurin batoliitti<sup>1</sup> on perinteinen suomalainen rakennuskiven tuotantoalue. Laajamittainen kivenlouhinta alkoi jo 1700-luvun loppupuolella, kun Venäjällä tarvittiin suuria määriä graniittia vastaperustetun Pietarin kaupungin rakentamiseen. Virolahden ja Haminan punaisista graniittiä käytettiin kaupungin siltoihin, kanavien rakenneisiin, talojen perustuksiin, laitureihin, katujen päällystyksiin jne. Siitä lähtien alue on ollut tärkeä suomalaisen kiviteollisuuden raaka-ainevaranto, ja varsinkin 1970-luvulta, jolloin havaittiin Ylämaan ruskean graniitin tuotantopotentiaali.

Nykyään alue on Suomen graniittisten rakennuskiven päätuotantopaikka. Siellä louhitaan pääasiassa ruskeita ja punaisia, karkearakeisia porfyrysia graniitteja, joissa esiintyy rapakivelle tyypillisiä pyöreitä kalimaasälppärakeita. *Baltic Brown*, *Carmen Red*, *Karelia Red* ja *Eagle Red* ovat maailman kivimarkkinoilla tunnettuja suomalaisia kivilatuja ja soveltuват usein projekteihin, joissa tarvitaan suuria määriä tasalaatuista kiveä. Alue edustaa ainutlaatuista rakennuskiven tuotantoalueutta koko maailmassa; rapakivigraniitteja esiintyy muuallaakin kuin Suomessa, mutta tuotantomäärit ovat huomattavasti vähäisempiä.

Tässä raportissa kuvataan Kaakkoris-Suomen rapakivigraniittialueen kivilajeja ja niiden rakennuskiviominaisuksia sekä kerrotaan alueen kivenlouhinnan historiasta ja nykyisestä tuotannosta. Lisäksi kuvataan graniittien geoteknisiä ominaisuuksia ja alueen tulevaisuuden potentiaalia. Raportin tarkoituksena on antaa perustiedot alueen kivilajeista ja rakennuskivistä. Raportissa on lisäksi laaja kirjallisuusluettelo lisätiedon hankkimiseksi.

### Kaakkoris-Suomen rapakivialueen yleispiirteitä

Rapakivigraniitit esiintyvät Suomessa neljänä suurena alueena (Ahvenanmaa, Laitila, Vehmaa ja Kaakkoris-Suomen rapakivialue) (Kuva 1) sekä useana pienempänä muodostumana. Geologisesti suuria alueita kutsutaan batoliiteiksi ja pienempiä alueita stokeiksi<sup>2</sup>.

Kaakkoris-Suomen rapakivialue käsittää noin 18 000 km<sup>2</sup> suuruisen alueen Kaakkoris-Suomessa Geologian tutkimuskeskuksen julkaisemilla kallioperäkartioilla 3014, 3021, 3022, 3023, 3024, 3041, 3042, 3044, 3111, 3113, 3114, 3131, 3132, 3133, 3134, 4111 ja 4112. Rapakivialue ulottuu idässä Karjalan Kannakselle Venäjällä ja etelässä Suomenlahden alle (Kuvat 1 ja 2). Heti alueen pohjoispuolella sijaitsevat Ahveniston ja Suomenniemen rapakiviesiintymät (Kuva 2).

Kaakkoris-Suomen rapakivialue koostuu rapakivigraniitin erilaisista muunnoksista, jotka eroavat toisistaan selvimmin petrografisen rakenteen perusteella. Mineraalikoostumuksen perusteella ne ovat kaikki graniitteja. Levinneimmät kivilajit ovat viborgiitti, pyterliitti, porfyryinen rapakivigraniitti, tasarakeinen rapakivigraniitti ja porfyryinen apliitti (Kuva 2). Viborgiitti kattaa lähes 80 % koko rapakivialueesta, kun taas muut kivilajit esiintyvät enimmäkseen pieninä intruusioina.

Kaakkoris-Suomen rapakivialueen iäksi on määritetty 1646–1627 miljoonaa vuotta (Ma). Se on jonkin verran vanhempi kuin Lounais-Suomen rapakivialueet. Kaakkoris-Suomen rapakivialue leikkää terävästi ympäröivää vanhempaa, 1900–1830 Ma vanhaa kallioperää, joka koostuu mm. migmatiitisista kiileliuskeista, amfiboliiteista ja kvartsimaasälppäliuskeista sekä gabroista, granodioriiteista ja kaliumrikkaista graniiteista.

Intrudoituessaan Kaakkoris-Suomen rapakivi on aiheuttanut metamorfisia muutoksia vanhemmissa kivissä aina viiden kilometrin etäisyydelle asti kontaktista. Paikoilleen asettuessaan rapakivigra-

<sup>1</sup> Batoliitti on laaja, yhdestä tai useammasta kivilajista koostuva syväkivialue, jonka pinta-ala on yli 100 km<sup>2</sup> (<http://www.geologinenseura.fi/suomenkalliopera/SANASTO.pdf>)

<sup>2</sup> Stokki on maanpintaleikkauksessa muodoltaan pyöreähkö diskordantti syväkivi-intruusio, jonka pinta-ala on alle 100 km<sup>2</sup> (<http://www.geologinenseura.fi/suomenkalliopera/SANASTO.pdf>)

niitti-intruusion lämpötila on ollut noin 800 °C. Vanhempi kiviä tavataan rapakivialueen sisällä nk. kattokellukkeina, eli kalliolohkoina, jotka ovat pudonneet rapakivimagmaan sen tunkeutuessa ylöspäin maankuoressa. Osaa näistä vanhemmista kivistä on käytetty rakennuskivi- ja teollisuusmineraalituotannon raaka-aineina.

## Kaakkos-Suomen rapakivialueen kivilajit

### Viborgiitti

Kaakkos-Suomen rapakivialueen pääkivilaji on viborgiitti ("normaali rapakivi"), jota tavataan laajoina alueina koko rapakivialueella (Kuva 2). Graniitilla on tyypillinen rapakiven rakenne; siinä esiintyy tiheästi pyöreitä kalimaasälppärakeita eli ovoideja (keskim. 2–4 cm halkaisijaltaan), joita kehystää plagioklaasireunus (Kuva 3A). Ovoitit voivat paikoin olla kooltaan 1–10 cm. Niiden määrä myös vaihtelee, ja paikoin niitä voi olla hyvin harvassa. Yleensä välimassaa kivessä on kuitenkin vain 25–30 %. Viborgiitin pääväri on ruskea tai tummanruskea. Päämineraaleina ovat kvartsi, kalimaasälppä, plagioklaasi ja sarvivälke.

*Tumma viborgiitti* on graniittimuunnos, joka on väriltään tummanruskeaa tai tummanharmaata, tai näiden sekoitusta. Ovoideja tummassa viborgiitissa on tavanomaista vähemmän, ja niiden koko voi vaihdella (Kuva 3B). Kivessä tavataan enemmän plagioklaasia ja sarvivälkettä kuin normaalissa viborgiitissa. Muutoin mineraalikostumukset ovat samankaltaisia. Tummaa viborgiittiä esiintyy rapakivialueen luoteisosissa (Kuva 2).

### Pyterliitti

Pyterliitti on porfyrinen rapakivigraniitti, jossa esiintyy tiheässä pyöreitä, halkaisijaltaan 2–5 cm:n kokoisia kalimaasälppäovoideja (Kuva 3C). Pyterliitti on toiseksi levinnein graniittimuunnos ja esiintyy erilaisinä intrusioina rapakivialueella (Kuva 2).

Pyterliitin välimassa on keskirakeista. Tärkeimmät mineraalit ovat kalimaasälppä, plagioklaasi, kvart-

si ja biotiitti. Tässä kivilajissa ovoideista puuttuu yleensä plagioklaasikehä (Kuva 3C); vain satunaan ne voivat olla kehällisiä. Joskus kivessä voidaan tavata kulmikkaita suurempia kalimaasälppärakeita. Pyterliitti voi paikoin vaihettua viborgiitiiksi tai porfyyrikeksi rapakivigraniittiiksi. Kivessä voi esiintyä myös tasirakeisia, karkeita- tai keskirakeisia rapakivigraniittiosueita. Pyterliitin päävärit ovat punainen ja vaaleanpunainen.

### Porfyyrinen rapakivigraniitti

Porfyyrisessä rapakivigraniitissa tavataan suurehkoja kulmikkaita kalimaasälppärakeita (1–3 cm) keskirakeisessa perusmassassa. Kiven päävärit ovat punainen ja harmaa. Punaista graniittia tavataan lähinnä rapakivialueen pohjoisosassa kun taas harmaata alueen itäosassa (ns. Sinkon graniitti) (Kuva 2). Tärkeimmät mineraalit ovat kalimaasälppä, plagioklaasi, kvartsi ja biotiitti.

### Tasarakeiset rapakivigraniitit

Kaakkos-Suomen rapakivialueella tavataan erilaisia tasirakeisia rapakivimuunnoksia. *Tasarakeinen tumma rapakivi ("tiriliitti")* koostuu pääasiassa kvartsista, plagioklaasista ja kalimaasälvästä. Tummina mineraaleina tavataan oliviinia, pyrokseenia, sarvivälkettä ja biotiittia. Kivessä voi siellä täällä esiintyä suuria kalimaasälppä- ja plagioklaasiharakeita.

*Tasarakeisessa sarvivälkerapakivessä* (ns. *Lappeen graniitti*) tummina mineraaleina ovat sarvivälke ja biotiitti. Oliviinia ja pyrokseenia tavataan satunaan. Kivessä voi esiintyä reunuksellisia tai reunuksettomia kalimaasälppäovoideja. Kiven väri on punainen tai ruskeanpunainen.

*Punaisen tasirakeisen biotiittirapakiven* päämineraalit ovat kalimaasälppä, kvartsi, plagioklaasi ja biotiitti. Pienirakeinen kivi on yleensä rakenteeltaan tasalaatuinen (Kuva 3D), mutta paikoin voidaan tavata plagioklaasikehällisiä kalimaasälppäovoideja sekä suurempia kulmikkaita maasälppärakeita.

*Kymin harmaa rapakivi* (Kuva 2) on vaalean harmaata topaasipitoista kiveä, jonka keskiosat ovat porfyyristä ja reunaosat tasarakeista graniittia (Kuva 3E). Kymin harmaassa graniitissa on enemmän plagioklaasia kuin tasarakeisessa biotiittirapakivessä.

### *Porfyyrinen apliitti*

Porfyyrinen apliitti on kivilaji, joka sisältää satunnaisia plagioklaasikehällisiä kalimaasälppävoideja pienirakeisessa apliittisessa välimassassa (Kuva 3F). Porfyyrisen apliitin väri on punainen tai harmaa.

### *Muut kivilajit*

Kaakkois-Suomen rapakivialueen eteläosissa tavataan pystyasentoisia luode-kaakkosuuntaisia leikkaavia punaisia tai punaruskeita *kvartsiporfyrijuonia*. Hajarakeina juonissa esiintyy kulmikasta kalimaasälppää ja tummaa kvartsia. Kontaktit vanhempaa rapakiveä vastaan ovat tiiviit ja pienirakeiset.

Kaakkois-Suomen rapakivialueella esiintyy myös leikkaavia ja pystyasentoisia *kvartsijuonia*, jotka ovat pääasiassa luode-kaakkosuuntisia (Kuva 3G) sekä *pegmatiitti- ja apliittijuonia*, jotka ovat pääasiassa sekä luode-kaakko- että lounais-koilissuuntisia. Näiden lisäksi tavataan muutaman kymmenen senttimetrin läpimitaisia kidesykeröitä eli miaroliitisia onteloita. Ne ovat karkeita pegmatiittisia osueita, joiden keskellä on ontelo. Maasälppää ja kvartsia on kiteytynyt ontelon seinämiin.

*Anortosiitti* on tumma mafinen kivilaji, jota esiintyy Kaakkois-Suomen rapakivialueen itäosassa (Kuva 2). Se on karkearakeista, harmaata tai sinimustaa kiveä (Kuva 3H), jolla on ofiittinen rakenne. Anortosiitit voidaan käsittää suuriksi sulkeumiksi rapakivialueen sisällä. Niihin on löydetty kuusi kappaletta, joiden pinta-alat vaihtelevat 0,1–1,5 km<sup>2</sup>. Viisi näistä sijaitsee viborgiitin ja tasarakeisen rapakivigraniitin kontaktissa. Anortosiitissa oleva plagioklaasi (An<sub>50–70</sub>) iridisoi voimakkaasti spektrin väreissä, siksi mineraalia kutsutaan ”spektroliitiksi” (Kuva 3H).

## Louhinnan historiaa

### *Paikallisten graniittien käyttö*

Paikallisia kivilajeja käytettiin tyypillisesti *keskiaikaisten nk. harmaavirkirkkojen* rakentamisessa. Näitä kirkkoja on Suomessa satakunta eri puolilla maata; Ahvenanmaalta aina Itä-Suomeen. Rakentaminen kattaa suurin piirtein ajanjakson 1200-luvun alkupuolelta 1500-luvun puoliväliin asti. Kaakkois-Suomen rapakivialueella keskiaikaisia kirkkoja on Haminassa ja Pyhtäälässä. Näissä kirkissa ei kuitenkaan luonnonkivirakenteita enää ole näkyvillä. Sen sijaan 1500-luvulla rakennetussa Virolahden sakaristossa paikalliset graniitit ovat nähtävissä (Kuva 4A).

Ruotsin ja Venäjän välisen sodan (1788–1790) jälkeen Venäjä alkoi vahvistaa Vanhan Suomen puolustusta Pietarin suojelemiseksi luomalla kolmesta sisäkkäisestä linnoitusketjusta muodostuneen järjestelmän (”*Kaakkois-Suomen linnoitusjärjestelmä*”). Kaakkois-Suomen rapakivialueella tähän järjestelmään kuuluvia linnoituksia ovat mm. Kotkan linnoitukset: Ruotsinsalmi (1790–1808) ja Kymmlinna (1791–1792 ja 1800-luvun alku), Haminan linnoitus (1722–1809) ja Lappeenrannan linnoitus (1790-luvun alku). Linnoitusten rakennusmateriaali oli ensisijaisesti paikallista graniitia (Kuva 4B), mutta myös puuta ja tiiltä käytettiin. Myös ensimmäisen maailmansodan aikana rakennettiin linnoituksia, mm. Lappeenrannassa.

*Saimaan kanava* on noin 43 km pitkä rakennettu vesiväylä, joka yhdistää Saimaan järven Kaakkois-Suomessa ja Suomenlahden Viipurin lähellä. Kanava rakennettiin vuosina 1845–1856, sitä on kunnostettu ja uudistettu vuosina 1926–1939 ja 1964–1968. Kanava on vuorattu paikallisesti louthuilla graniittilohkareilla, myös alkuperäiset sulkukammiot valmistettiin lähigraniitista.

Toisen maailmansodan aikana (1940–41 ja 1944) Suomessa tehtiin hyvin laajamittaisia linnoitustöitä, kun noin 1200 km pitkä *Salpalinja* (*Suomen Salpa*) rakennettiin pitkin itärajaa Suomenlahdelta aina Jäämerelle asti. Rakentamisen vilkkain aika oli keväällä 1941, jolloin linjalla työskenteli 35 000 miestä sekä 2000 lotta muonittajina. Kun

rakennustyöt päätyivät vuoden 1944 lopulla, valmiina oli 728 betonista tai kallioon louhittua kantalinnoitetta sekä 3 000 puista kenttälinnoitetta. Paikallisesti louhittua luonnonkiveä (graniittia ja muita kivilajeja) on käytetty kaikkialla rakenteissa: panssariesteissä (Kuva 4C), linnoitteissa ja kaivannoissa. Luonnonkiviä käytettiin myös rakenteiden naamioimiseen. Salpalinjan linnoitusrakenteita löytyy yli 30 kunnasta, mutta erityisesti Lappeenrannasta ja sen ympäristöstä.

*Kotkan kaupungin rakentaminen* 1900-luvun taitteessa edustaa erityisen kiinnostavaa vaihetta paikallisten graniittien käytön historiassa, kun yli kymmenen kilometriä kaupungin katuja päällystettiin nupukivilä (Kuva 4D). Katujen päällystys tehtiin kaupungin häitäaputöinä, jotka alkoivat jo 1800-luvun loppupuolella ja olivat vilkkaimmillaan 1930-luvun alussa. Katukivet louhittiin ja valmistettiin Metsolan alueen louhimoilla, kaupungin luoteisosassa. Samaa graniittia on käytetty myös kaupungin rakennuksissa perustuksina ja rakennuskivenä. Katso myös sivu 34.

### Pietarin rakentaminen

Taakkos-Suomen rapakivialueen louhinnan historian tärkein ajanjakso sijoittuu 1700-luvun loppupuolelle vastaperustetun Pietarin kaupungin rakentamisen yhteyteen. Nevajoen suulle perustetun kaupungin läheisyydessä ei ollut kovaa rakennuskiveä saatavilla, joten kivet piti tuoda kauempaan, mm. Taakkos-Suomen rapakivialueelta. Kiveä louhittiin Pietaria varten Virolahdella, Haminassa (Kuva 2) ja Viipurin ympäristössä.

Virolahden louhinta-alueet ovat olleet esim. Pyterlahti (Hevoniemi), Hämeenkylä, Korpisaari, Karhusaari ja Hailniemi. Haminassa on louhittu esim. Kuosalossa, Pitkä-Kotkan saarella. Joistakin näistä paikoista peräisin olevaa graniittia on todennäköisesti käytetty jo 1600-luvulla Tallinnan ja Narvan linnoituksissa Virossa.

Virolahden ja Haminan graniittia käytettiin Pietarissa mm. talojen perustuksissa, katukivinä, Nevajoen silta- ja kanavarakenteissa sekä laitureissa. Tunnettuja suomalaisen graniitin kohteita Pietarissa 1700-luvun lopulta ovat mm. Pietarin taidea-

katemian (1764–1768) kivijalka, Pietari-Paavalin linnoituksen (1779–1787) seinämät Nevajoella, Marmoripalatsin (1768–1785) korkea kivijalka (Kuva 5A) sekä Pietarin tiedekeskuksen päärauha (Kuva 5B).

Myöhemmältä ajalta kuuluisia kohteita Pietarissa ovat Iisakin kirkko (1818–1858) ja Aleksanteri I:n muistopatsas (1829–1834) (Kuvat 5C ja 5D). Iisakin kirkossa on 112 monoliittista punaista pylväästä, jotka on tehty Suomenlahden graniiteista. Aleksanteri I:n muistomerki koostuu puolestaan pääasiassa yhdestä monoliittisesta pylväästä, joka on veistetty Pyterlahden Hevonniemen graniitista. Monoliitin halkaisija on noin 3,5 m ja korkeus 25,6 m.

Kivenlouhinta ja -jalostus Pietarin rakentamista varten jatkuvat Taakkos-Suomessa aina 1900-luvun alkupuolelle asti ja antoivat luultavasti parhaimmillaan työtä noin 3000 kivimiehelle. Louhitun ja viedyn kiven kokonaismäärä nousi todennäköisesti yli miljoonan kuution.

### Teollinen toiminta

1900-luvun alusta 1970-luvun alkuun graniittia louhittiin Taakkos-Suomen rapakivialueella vain tietyillä alueilla kotimaan markkinoita ja vientiä varten. Tärkeimpä louhinta-alueita olivat: Simola (vihreä graniitti, 1890–60-luku), Tani (punainen graniitti, *Premier Pink, Tani Mahogany*, 1910–60-luku), Myrskylä (punainen graniitti, *Raynham Red, Mahogany Red*, 1920-) ja Kotka (punainen graniitti, *Kored Granite, Kotka Red*, 1920-).

Suuren mittakaavan teollinen kivenlouhinta alkoi 1970-luvun alussa kun Lehdon Kiviliike Oy havaitsi Ylämaan ruskean graniitin (*Baltic Brown*) tuotantopotentiaalin. Yhtiö aloitti ruskean graniitin louhinnan vuonna 1971 Lahnajärven kylässä. Sen jälkeen Ylämaalla aloittivat muutamaa vuotta myöhemmin Baltic Granit Oy Parkkolan kylässä, Suomen Kiviteollisuus Oy Husun kylässä, Louhinta Tiilinen Ky Lahnajärven kylässä sekä viimein Palin Granit Oy Lahnajärven kylässä vuonna 1987. Samaan aikaan monet näistä yrityksistä louhivat punaista graniittia Virolahdessa ja Kotkassa.

*Baltic Brownin* "löytäminen" 1970-luvulla sattui samaan aikaan, kun suomalaisen kivenlouhinnan (ja jalostuksen) teknologia kehittyi voimakkaasti. Tämä yhdessä hyvän kysynnän ja hyvän tarjonnan ansiosta johti suomalaisen "raakakiven" viennin ja koko suomalaisen kiviteollisuuden huomattavaan kasvuun. Ylämaallakin toiminta oli aktiivista alusta alkaen ja esim. 1980-luvulla louhimoita oli toiminnessa jo kymmenenkunta (Kuva 6). Samaan aikaan Ylämaalta louhittiin myös vihreää graniittia (*Baltic Green*).

1970-luvulta lähtien muita tärkeitä teollisen mittakaavan louhintapaikkoja ovat: Kotka (*Eagle Red*), Virolahti (*Carmen Red*, *Karelia Red*), Anjalankoski (*Carmen Red*, *Karelia Red*) ja Savitaipale (*Karelian Brown*, *Baltic Brown*, nyttemmin toiminta loppunut). Nykyään Kaakkoris-Suomen rapakivistäalueesta on kasvanut Suomen tärkein graniittisen rakennuskiven louhinta-alue sekä yksi maailman tärkeimmistä ruskean graniitin louhinta-alueista. Graniittien geologiset ominaisuudet mahdollistavat suuren vuotuisen raamisahakokoisten ja tasalaatuisten lohkareiden tuotantomäärän.

#### Nykisin tuotannossa olevat rakennuskivet

Viborgiitti ja pyterliitti ovat tärkeimmät kivilajit, joita hyödynnetään rakennuskivinä Kaakkoris-Suomen rapakivistäalueella (Kuva 2). Kuvassa 7 esitetään kaupalliset kivilaadut ja Kuvassa 8 rakennuksia, joissa keskeisimpä kivilatuja on käytetty.

#### *Baltic Brown*

*Baltic Brown* eli *Ylämaan ruskea* on yleisväristään ruskea, karkearakeinen ja suuntautumaton graniitti (Kuva 7A). Sen ulkonäköä luonnehtivat yksittäiset suuret (halkaisijaltaan 15–50 mm) pyöreät kalimaasämpärakeet, joita ympäröi plagioklaasikehä. Kiven värväiseltä on vähäistä, kulutuksen ja säänkestävyyss hyvä ja se soveltuu kaikkiin käyttökohteisiin sisällä ja ulkona, myös suuriin projekteihin. Graniittia louhitaan Ylämaalta useasta louhimosta (Kansikuva) ja lisäksi myös Luumäeltä ja Miehikkälästä (Kuva 2). Kiveä viedään ulkomaille,

erityisesti Kiinaan, mutta myös Italiaan, Espanjaan ja Egyptiin.

#### *Carmen Red/Karelia Red*<sup>3</sup>

*Carmen Red/Karelia Red* eli *Virolahden punainen* on karkearakeinen ja suuntautumaton punainen graniitti (Kuvat 7B ja 7C). Sen ulkonäköä hallitsevat muuta raekokoa suuremmat (halkaisijaltaan 2–5 cm) pyöreät kalimaasämpärakeet. Graniitin kulutus- ja säänkestävyyss on hyvä ja sitä voidaan käyttää kaikkiin käyttökohteisiin sekä sisällä että ulkona, myös suuriin projekteihin. Värväiseltä on vähäistä. Kiveä louhitaan Virolahdelta, jossa on useita louhimoita sekä myös Anjalankoskelta (Kuva 2). Graniittia viedään erityisesti Kiinaan, Taiwaniin ja Espanjaan.

#### *Eagle Red*

*Eagle Red* eli *Kotkan punainen* on punaista, keski- ja karkearakeista ja suuntautumatonta graniittia (Kuva 7D). Kivessä tavataan halkaisijaltaan 1,5–3 cm:n kokoisia pyöreitä kalimaasämpärakeita. Graniitin kulutus- ja säänkestävyyss on hyvä ja värin vaihtelu vähäistä. Se sopii kaikkiin käyttökohteisiin ulkona ja sisällä, myös suuriin projekteihin. Kiveä tuotetaan kahdesta louhimosta Kotkan ja Pyhtään rajalta (Kuva 2). Sitä viedään Eurooppaan (pääasiassa Italiaan).

#### *Baltic Green*

*Baltic Green* eli *Ylämaan vihreää* on karkearakeinen, suuntautumaton ja yleisväristään tumman vihreää graniitti (Kuva 7E). Graniittia luonnehtivat muuta raekokoa suuremmat pyöreät kalimaasämpärakeet (läpimaltaan 1,5–3 cm). Kiven kulutus- ja säänkestävyyss on hyvä. Sitä voidaan käyttää kaikkiin kohteisiin sekä sisällä että ulkona. Väri vaihtelee vain vähän. Kiveä tuotetaan Ylämaan Sirkjärveltä ja Rantamäestä ja sitä viedään mm. Puolaan, Baltiaan ja Venäjälle.

<sup>3</sup> Carmen Red ja Karelia Red ovat samankaltaisen materiaalin eri tuotenimiä (vrt. Taulukko 1).

### New Balmoral

*New Balmoral* eli *Valkealan punainen* on pienirakeinen ja suuntautumaton punainen graniitti (Kuva 7F). Sen kulutus- ja säänkestävyys on hyvä ja värvivaihtelu vähäistä. Kivi soveltuu kaikkiin käyttökohteisiin sisällä ja ulkona sekä myös monumenttiutantoon. Sitä louhitaan Valkealan Pihlajasaaresta, jossa on yksi louhimo.

### Myrskylä Red

*Myrskylä Red* eli *Myrskylän punainen* on pienirakeista ja suuntautumatonta graniittia (Kuva 7G), jonka kulutus- ja säänkestävyys on hyvä ja värin vaihtelu vähäistä. Se soveltuu erityisesti hyvän lohkeavuuden ansiosta ympäristörakentamiseen kuten portaisiin, muureihin, reunakiviksi, katukiviksi ja laatoiksi. Myös hiotut ja kiillotetut tuotteet, tasot ja laatat, sisällä ja ulkona ovat mahdollisia. Kiveä louhitaan yhdestä louhimosta.

### Muut kivilaadut

*Brownhill* on Savitaipaleen Ruskiavuoren pallograniittia (Kuva 7H). Pallojen välimassa on tavallisesti keskirakeista graniittia, mutta sen raekoko vaihtelee laajasti ja paikoin siinä on karkearakeisia kvartsirikkaita kohtia. Kivistä on tehty pieniä pöytäasuja, kulhoja, vateja ym. pienesineitä. Kiven väri vaihtelee vaalean ruskeanharmaasta harmaaseen. Esiintymä on pieni ja kiven saatavuus on rajallista.

*Karelia Beige* on punertava tai beige porfyyrinen, karkearakeinen ja suuntautumaton graniitti (Kuva 7I). Kiven sään- ja kulutuskestävyys on hyvä, värin vaihtelu vähäistä. Graniitti sopii kaikkiin kohteisiin sisä- ja ulkokäyttöön. Sitä käytetään pääasiassa kotimaan markkinoilla. Graniittia louhitaan yhdestä louhimosta.

*Kymen Brown* eli *Myllykosken ruskea* on ruskea, karkearakeinen ja suuntautumaton graniitti, jonka ulkonäköä luonnehtivat yksittäiset keskikokoiset pyöreät kalimaasälppärakeet (Kuva 7J). Kivellä on hyvä kestävyys ja se sopii sekä sisä- että ulkokäyttöön. Värin vaihtelu on vähäistä. Kiveä louhitaan

yhdestä louhimosta ja sitä käytetään kotimaan markkinoilla sekä viedään esim. Baltian maihin.

*Kymen Red* eli *Haapalan punainen* on punainen pienirakeinen ja suuntautumaton graniitti (Kuva 7K). Sillä on hyvä kestävyys ja se soveltuu mm. muistomerkeihin ja ympäristökiveksi sekä rakennusmateriaaliksi niin sisä- kuin ulkokohdeissa. Värvivaihtelu on vähäistä. Graniittia louhitaan yhdestä louhimosta.

*Spektroliitti* on karkearakeista ja suuntautumaton kiveä, jonka yleisvaikutelma on tumma (Kuva 7L). Perusväristään kivi on musta tai tummanharmaa. Yksittäisiä, sinertäviä/kellertäviä ja kimaltelevia spektroliittikiteitä esiintyy tummassa taustamassassa. Kiteiden koko vaihtelee 0,5–10 cm. Paikoin kivessä voidaan nähdä suurempia vaaleita alueita (nk. "maitoa"). *Spektroliitti* soveltuu erityisesti sisustukseen pöytä- ja työtasoiksi. Värikäätä spektroliittikiteitä käytetään korukivinä.

### Kaakkos-Suomen rapakivialueen graniittien geoteknisiä ominaisuuksia

Kaakkos-Suomen rapakivialueen pääkivilajien, viborgiitin ja pyterliitin, rakoilu on pääasiassa kuutiollista, jossa esiintyy kaksi toisiaan vastaan kohtisuoraan olevaa pystyrakoilusuuntaa sekä vaakarakoilusuunta (Kuva 9). Satunnaisesti tavataan poikittaista diagonaalista rakoilua. Raot voivat olla sekä avoimia että tiiviitä, mutta pääraot ovat usein avonaisia. Vaakarakoilun tyyli syvemmällä kallioperässä on pystytty varmistamaan maatutkamittauksin ja timanttikairauksin. Pystyrakojen pääsuunnat Kaakkos-Suomen rapakivialueella ovat luode–kaakko ja lounais–koillinen.

Kaakkos-Suomen rapakivialueen graniittien fysiikaaliset ominaisuudet kerto vat kivien kestävyydestä ja vastustuskyyvystä säättää ja kulutusta vastaan. Kiviä on käytetty kaikkiin kohteisiin niin sisällä kuin ulkona. Viimeaisissa tutkimuksissa on osoitettu, että rapautumisen vaikutukset graniitissa ja erityisesti rapakivigraniitissa rajoittuvat kiven pintaosaan, muutaman millimetrin syvyyteen. Rapautumisilmiö on pääasiassa visualinen, eikä vaikuta kivielementtien kestävyyteen.

Graniittien kestävyyteen vaikuttaa niiden tyypillinen silikaattinen mineraalikoostumus (Taulukko 1). Kivissä ei ole sulfideja; ja pehmeiden mineraalien, kuten biotiitin määrä on alhainen. Lisäksi kivilajit ovat homogeenisia ja mikroskooppisesti yleisesti ehjiä.

Rapakivigraniittien homogenisuus ja suuntautumattomuus merkitsee sitä, että kestävysminaisuuDET ovat isotrooppisia eli melko samanlaisia kaikkiin suuntiin kivessä. Korkeasta kvartsipitoisuudesta johtuvan kovuuden johdosta kiviin saadaan hyvä kiilto. Soveltuvat pintakäsittelyvaihtoehdot ovat lohkominen, ristipäähakkauS, poltto, kuulapuhallus, mattahionta ja kiillotus.

Kaakkois-Suomen rapakivialueen karkearakkeisten graniittien lohkeavuus on vain kohdalaista, kun taas pieni- ja keskirakeisten graniittien lohkottavuus on hyvä. Tuotannossa olevat graniitit ovat rapautumattomia.

Taulukossa 1 esitetään keskeisimpien Kaakkois-Suomen rapakivialueen graniittien geotekniisiä ominaisuuksia, katso myös [www.suomalainen-kivi.fi](http://www.suomalainen-kivi.fi)

## Sivukivet

Rakennuskiven lounhinnassa syntyy tuotantoon sopimaton ns. sivukiveä, joka joudutaan varastointaan louhimoiden läheisyyteen. Sivukivi ei täytä luonnonkivituotteelle asetettuja korkeita laatuvaatimuksia. Se voi olla ulkonäöllisesti vaihtelevaa tai kooltaan liian pientä.

Graniittinen sivukivi on materiaalina inerttiä eli pysyvää ja koostuu samasta kiviaineksesta kuin varsinaisen tuotantokivikin. Sivukiven mekaaniset ja fysikaaliset ominaisuudet ovat myös hyvin samankaltaiset tuotantokiven kanssa. Sivukivi ei sisällä malmimineraaleja ja johtuen tyypillisestä silikaattisesta mineraalikoostumuksesta liukeneemista ei tapahdu. Sivukiven varastoinnista tai itse sivukivilohkareista ei aiheudu haittaa ympäristölle tai ihmisen terveydelle.

Kaakkois-Suomen rapakivialueella on sivukivivaroita noin 13 miljoonaa m<sup>3</sup>. Vuosittain alueella

muodostuu noin 300 000–500 000 m<sup>3</sup> sivukiviä riippuen markkinatilanteesta. Kaakkois-Suomen sivukivien käyttökohteita ovat esim. kiviaineskäyttö, ympäristörakentamisen kohteet, tienrakentaminen sekä vesi- ja satamarakentaminen. Sivukiviä hyödynnetään myös louhimolla toiminnan aikana teiden, varasto- ja lastausalueiden tekemiseen. Sivukivistä valmistettuja kohteita esitetään Kuvassa 10.

Kaakkois-Suomen sivukivien hyödyntämistä on kattavasti selvittänyt Räisänen et al. vuonna 2007.

## Kaakkois-Suomen rapakivialueen kivilajien potentiaalisuus rakennuskivenä

Kaakkois-Suomen rapakivialueella on tehty useita rakennuskiven etsintätutkimuksia (Katso kirjallisuusluettelo sekä Taulukko 2 rakennuskiven soveltuvuuskriteereistä). Potentiaalisimpia kivilajeja ovat voimakkaan väriiset, tasalaatuiset ja vahvan värikontrastin omaavat erityyppiset graniitit. Potentiaalisia rakennuskiviä löytyy eniten viborgiista ja pyterliitistä. Kiinnostavimpia värijä ovat voimakkaan punainen, ruskea tai vihreä. Kaakkois-Suomen rapakivialueen kivilajien ominaisuuksia rakennuskiven esiintymäarvioinnissa esitetään Taulukossa 3.

*Viborgiitin* väri on ruskea tai tummanruskea. Harvinaisempia värijä ovat vaaleanruskea, punaruskea tai tummanvihreä. Viborgiitin rakoilu on kuutiollista. Raot voivat olla sekä avonaisia että tiiviitää. Pääraot ovat useimmiten avonaisia. Rakoilu on yleisesti harvaa (Kuva 11), kalliopaljastumilla havaittava pystyrakojen väli voi olla 6–7 m ja vaakarakojen väli 2–4 m. Viborgiitin tulevaisuuden potentiaalisuus rakennuskivenä on hyvä.

*Pyterliitin* väri on yleensä punaista tai vaaleanpunaisista, paikoin voi esiintyä sinertävän punaisia, ruskean punaisia, ruskeita tai vihreitä muunnoksia. Pyterliitin rakoilu on yleensä kuutiollista. Raot voivat olla sekä avonaisia että tiiviitää. Pääraot ovat useimmiten avonaisia. Rakoilu on yleisesti harvaa, kalliopaljastumilla havaittava pystyrakojen väli on enimmillään 5 m ja vaakarakojen väli 2–4 m. Pyterliitin tulevaisuuden potentiaalisuus rakennuskivenä on hyvä.

*Porfyryisen rapakivigraniitin* väri on yleensä punainen, paikoin harmaa, vaalean punainen tai sinertävän punainen. Rakoilu on kuutiollista. Raot voivat olla sekä avonaisia että tiiviitä. Pääraot ovat yleensä avonaisia. Pystyrakojen väli on enimmillään 4 m ja vaakarakojen väli 2–3 m. *Porfyryisen rapakivigraniitin* potentiaalisuus rakennuskivenä on kohtalainen johtuen sen rajallisesta alueellisesta levinneisyystä.

*Tasarakeisen rapakivigraniitin* väri on yleensä punainen tai harmaa. Ruskeita tai tummanvihreitä tyypejä löytyy myös. Graniitti on pääasiassa kuutiollisesti rakoillutta, mutta myös monisuuntainen rakoilua voi esiintyä. Pystysuoran rakoilun väli enimmillään 3 m ja vaakarakojen 2 m. *Tasarakeisen rapakivigraniitin* potentiaali rakennuskivenä on kohtalainen johtuen kiven rajallisesta eheydestä.

*Porfyryisen apliitin* väri on punainen tai harmaa. Rakoilun tiheys on 1–2 metriä. Kivi on liian tiheästi rakoillutta soveltuakseen rakennuskivituotantoon.

*Spektroliitin* potentiaalisuus korukivituotantoon on hyvä, mutta näyttäisi olevan rajallinen rakennus-

kivituotantoon tiheän rakoilun takia. *Spektroliitin* varsinaisen rakennuskivipotentiaalin selvittämiseksi tarvittaisiin kohdennettu ja yksityiskohtainen etsintätutkimus.

## Lopuksi

Vuosisataiset kivenlouhinnan perinteet omaava Kaakkos-Suomen rapakivigraniittialue on Suomen tärkein graniittisen rakennuskiven tuotantoalue. Kivilaadut kuten *Baltic Brown*, *Carmen Red*, *Karelia Red* ja *Eagle Red* ovat saavuttaneet mainetta globaalilla kivimarkkinoilla klassisina suomalaisina luonnonkivimateriaaleina. Kivien käyttö perustuu graniittien ainutlaatuiseen rapakivirakenteen muodostamaan visuaaliseen ilmeeseen sekä kestävyyteen ja pitkään elinkaareen. Alue edustaa ainutlaatuista tuotantoalueutta maailmassa: rapakivigraniitteja esiintyy myös muualla maapallolla, mutta niitä lounaitaan hyvin vähäisiä määriä verrattuna suomalaiseen tuotantoon. Kaakkos-Suomen rapakivialueella on hyvät varannot rakennuskiven louhinnalle myös tulevaisuudessakin.

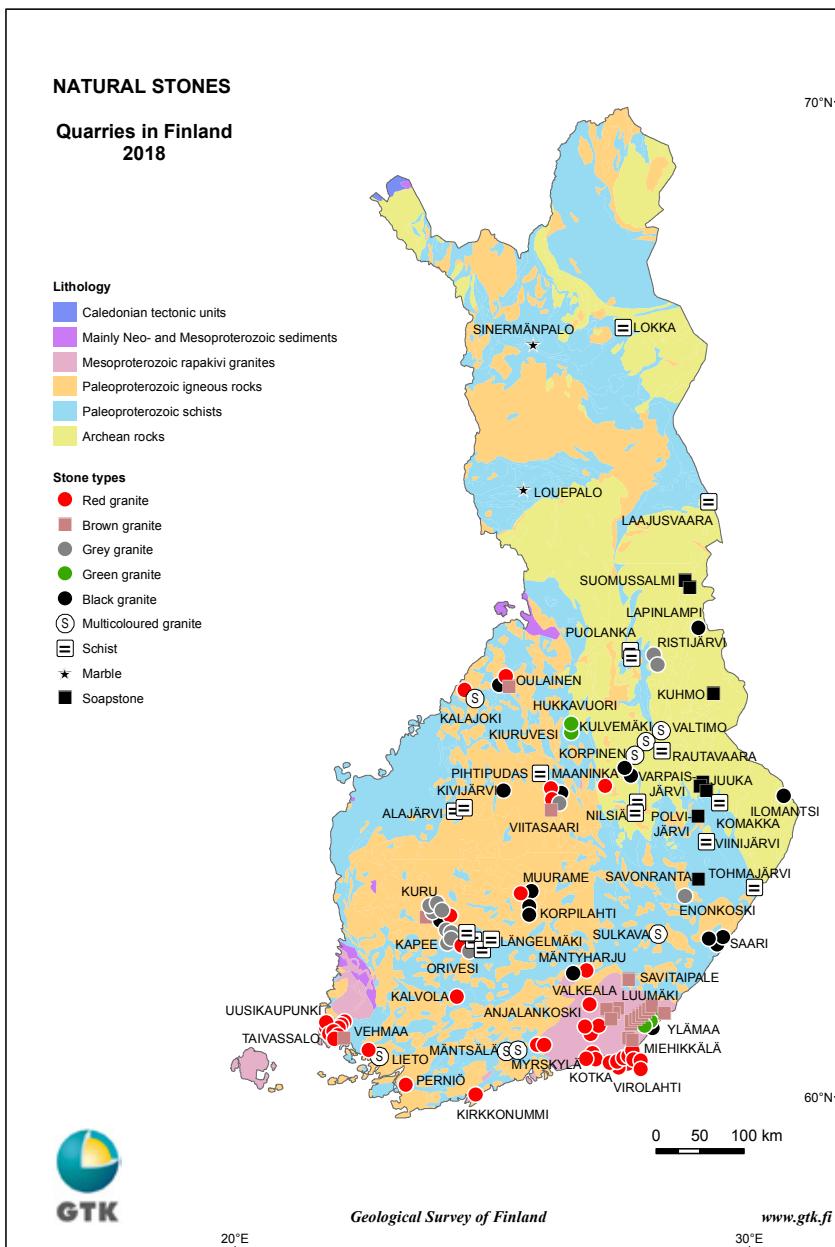


“*LANTEX*” sculptured by Kairi Meos in Eagle Red granite. Kotka, Finland.

“*LANTEX*”, veistänyt Kairi Meos Kotkan punaisesta graniitista. Kotka.

## APPENDIX

**Appendix. 1.** Licenced areas for natural stone quarries in Finland in 2018, and the main natural stone companies operating within the Wiborg rapakivi granite batholith.

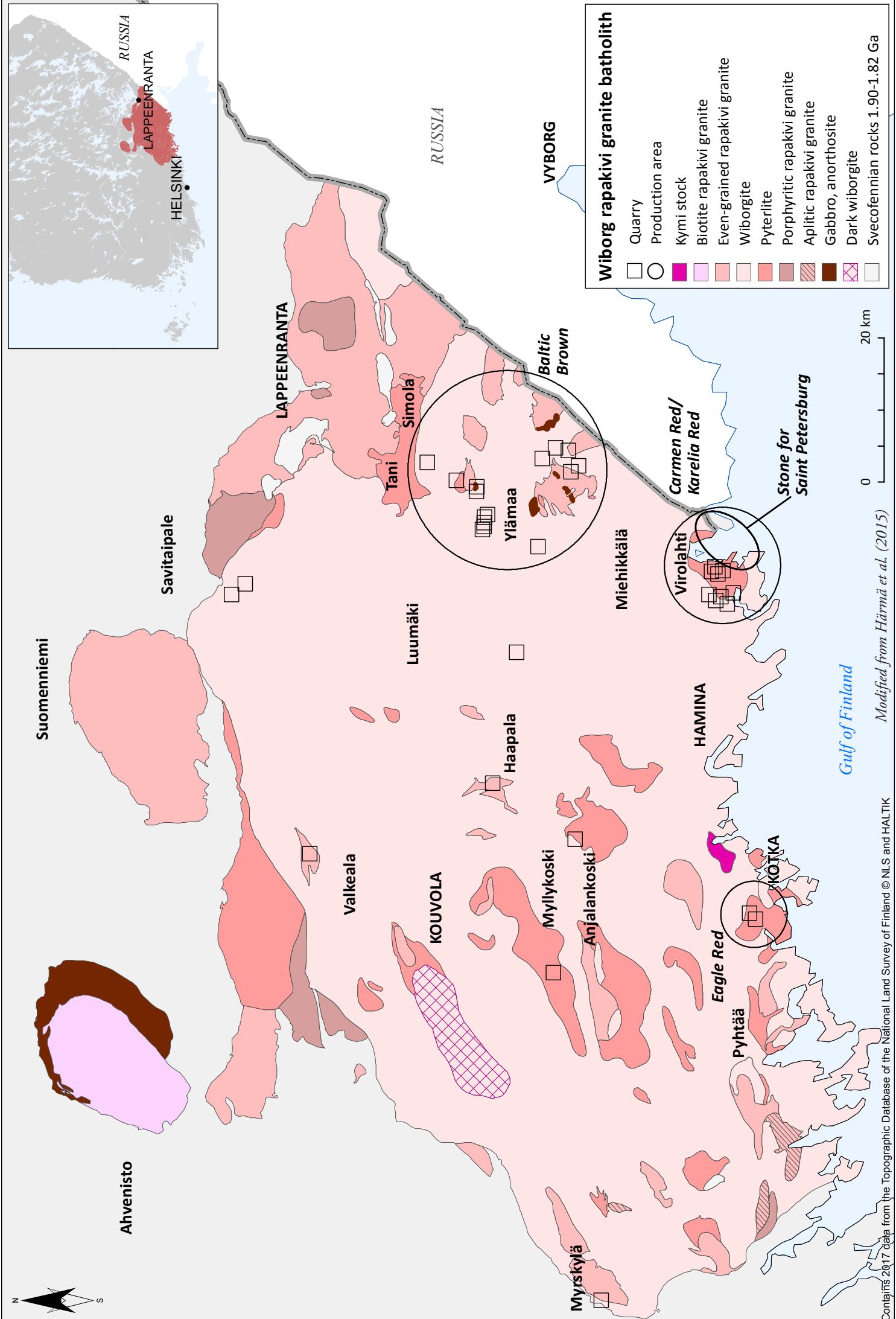


- Finska Stenindustri Ab ([www.finskastone.fi](http://www.finskastone.fi))
- Granicon Oy ([www.granicon.com](http://www.granicon.com))
- Iitin Graniitti Oy ([www.iitingraniitti.fi](http://www.iitingraniitti.fi))
- Interrock Oy ([www.interrock.fi](http://www.interrock.fi))
- JK-Louhinta Oy ([www.jklouhinta.fi](http://www.jklouhinta.fi))
- Kivikokko Oy ([www.hautakivi.com](http://www.hautakivi.com))
- Kymen Granite Oy ([www.kymengranite.com](http://www.kymengranite.com))
- Kymen Kivipojat Oy ([www.kymenkivipojatoy.fi](http://www.kymenkivipojatoy.fi))
- Linjaporaus Lehtinen Oy ([www.linjaporaus.fi](http://www.linjaporaus.fi))
- Louhinta Lampi Oy ([www.louhintalampi.fi](http://www.louhintalampi.fi))
- LT-Granit Oy ([www.ylamaagroup.fi](http://www.ylamaagroup.fi))
- Palin Granit Oy ([www.palingranit.com](http://www.palingranit.com))
- Sorvikivi Oy ([www.sorvikivi.com](http://www.sorvikivi.com))
- TG-Granit Oy ([www.tggranit.fi](http://www.tggranit.fi))
- Vikmanin Kivi Oy ([www.vikmaninkivi.fi](http://www.vikmaninkivi.fi))
- Ylämaa Massive Granite Oy ([www.ylamaamassivegranite.fi](http://www.ylamaamassivegranite.fi))
- Ylämaan Graniitti Oy ([www.ylamaangraniitti.fi](http://www.ylamaangraniitti.fi))



A granitic monument is erected in Metsola in honour of the paving stone workers by the city of Kotka. The sculpture is designed by Heikki Häiväoja and was unveiled on 17 May 1978. Photo: Olavi Selonen.

*Kotkan kaupunki on pystytänyt Metsolan kaupunginosaan vanhalle nupukivityömaa-alueelle graniittisen muistomerkin nupukivimiesten työn kunniaksi. Veistoksen on suunnitellut Heikki Häiväoja ja se kuvaaa nupukiven irrottamista kiviaihista. Monumentti paljastettiin 17.5.1978.*  
*Kuva: Olavi Selonen.*





Eteläranta 10, 10<sup>th</sup> floor  
P.O. Box 381  
FIN-00131 Helsinki  
[www.suomalainenkivi.fi](http://www.suomalainenkivi.fi)