

RAKENNETTAVUUSSELVITYS

HELSINKI-TALLINNA RAUTATIIETUNNELI

GEOTEKNINEN OSASTO
KIINTEISTÖVIRASTO
HELSINGIN KAUPUNKI

5.5.2008 / GEO 6734

FEASIBILITY STUDY

HELSINKI-TALLINN RAILWAY TUNNEL

GEOTECHNICAL DIVISION
REAL ESTATE DEPARTMENT
CITY OF HELSINKI

5 MAY 2008 / GEO 6734

1 KALLIOPERÄ VÄLILLÄ HELSINKI-TALLINNA

1.1 Käytetty aineisto

Kovaa kiteistä kallioperää Suomenlahden ympäristössä kuvaava geologinen kallioperäkarta on julkaistu vuonna 1994. Tekijöinä ovat olleet Suomen, Viron ja Venäjän geologiset tutkimuslaitokset (Precambrian basement of the Gulf of Finland and surrounding area 1 : 1,000,000, ISBN 951-690-527-7).

Kiinteistöviraston geotekninen osasto on tutkinut ja suunnitellut 1980-luvulla toteutetun puhdistettujen jätevesien poistotunnelin, joka ulottuu Viikin puhdistamolta Katajaluodon eteläpuolelle. Tunnelin pituus on 17 km, josta 8 km on merialueella. Tunnelin sijainti ja profiili selviävät yleispiirustuksista kartta GEO 2783.101, 1 : 10 000 ja pituusleikkaus GEO 2785.301, 1 : 10 000 / 1 : 1 000.

1 BEDROCK IN THE AREA EXTENDING FROM HELSINKI TO TALLINN

1.1 Material utilised

The bedrock map depicting the hard crystalline bedrock in and around the Gulf of Finland was published in 1994 by the Geological Surveys of Finland, Estonia and Russia (Precambrian Basement of the Gulf of Finland and Surrounding Area 1:1,000,000, ISBN 951-690-527-7).

The Geotechnical Division of the City of Helsinki Real Estate Department carried out the site investigations and created the plans for the cleaned wastewater outlet tunnel, which was built in the 1980s and extends from the Viikki wastewater treatment works to the area south of Katajaluoto. The tunnel measures 17 km, of which 8 km are in the sea area. The tunnel's location and profile are described in the general drawings, map GEO 2783.101, 1:10,000, and longitudinal section GEO 2785.301, 1:10,000 / 1:1,000.

1.2 Kallioperä Helsingissä

Helsingissä kallioperä koostuu pääasiassa graniitista, kiille- ja kvartsimaasälpägneisistä ja metavulkaniiteista. Kallioperässä on harvakseltaan ruhjevyyhykkeitä, joissa on rikko-naista kalliota ja rapautuneisuutta. Näiden vyyhykkeiden leveys on muutamasta metristä muutama kymmeneen metriin. Helsingin edustalla kallioperä on samankaltaista, mikä on voitu todeta sekä saarista että Katajalaudon edustalle ulottuvasta puhdistettujen jätevesien poistotunnelista.

Rakennettavuuden kannalta Helsingin kallioperä soveltuu erinomaisesti tunnelirakentamiseen ja Helsingin alueella ja läheisyydessä löytyy myös kohteita, joissa tunnelin lähtö voidaan sijoittaa tulvarajan yläpuolelle.

Vuoden 2008 alussa voidaan kalliotunnelien rakentamiskustannusten arviona käyttää 110 €/m³ (ALV 0%) sisältäen louhinnan ja lujituksen. Rautatietunneli, jonka poikkileikkaus olisi noin 200 m², maksaisi tänä päivänä 22 milj. €/km. Rakentamis-kustannus perustuu viimeisimpiin Helsingin kaupungin urakkasopimuksiin. Tätä yksikköhintaa voidaan käyttää rautatietunnelin kustannusarviossa lähinnä Helsingin alueella.

1.2 Bedrock in Helsinki

The bedrock in Helsinki mainly consists of granite, mica gneiss and quartz-feldspar gneiss and metavolcanics. The bedrock contains a few weakness zones where the rock is fractured and weathered. The width of these zones varies from a few metres to a few dozen metres. The bedrock off the shore of Helsinki is similar, a fact confirmed by surveys on nearby islands and by the cleaned wastewater outlet tunnel extending off the shore of Katajaluoto.

The bedrock in Helsinki is excellently suited to the construction of tunnels, and there are locations within the Helsinki area and its vicinity where the tunnel's entrance can be built above the flood level.

At the start of 2008, the estimate for the rock tunnels' construction costs was EUR 110 per cubic metre (VAT 0%), including rock quarrying and supporting. The railway tunnel, whose cross-section would have an area of about 200 square metres, would cost EUR 22 million per kilometre if it were built today. The construction costs are based on the latest construction contracts of the City of Helsinki. This unit price can mainly be applied to the tunnel's cost estimate in the Helsinki area.

1.3 Kallioperä Helsingin ja Tallinnan välisellä merialueella

Suomenlahden alla kallioperän on kuvattu koostuvan pääasiassa graniitista, kiillegneisistä ja metavulkaniiteista. Liuskeisuuden suunnaksi on esitetty itä-länsi eli se poikkeaa vain vähän manneralueilla havaituista suunnista.

Geologisella kartalla on esitetty Helsingin edustalle merialueelle huomattava rannikon suuntainen siirros- ja ruhjevyyhyke. Muita vastaavia vyyhkeitä ei Helsingin ja Tallinnan väliselle merialueelle ole kartassa ennakoitu.

Merialueen kallioperätulkinta perustuu oletuksiin, jotka on varmistettu kairauksin vain rannikon läheisyydessä.

Suomen, Viron ja Venäjän geologisten tutkimuslaitosten vuonna 1994 julkaisemassa kallioperäkartassa on otaksuttu, että kiteisen kallioperän pinta laskee suhteellisen tasaisesti Helsingistä kohti Tallinnaa. Mikäli tämä oletus pitäisi paikkansa, voitaisiin rautatietunneli toteuttaa merialueelle siten, että linja laskee Helsingin edustalta läheltä merenpinnan tasoa noin tasolle 200 metriä merenpinnan alapuolelle Tallinnan suuntaan.

1.3 Bedrock in the sea area between Helsinki and Tallinn

The bedrock under the Gulf of Finland has been described as mostly consisting of granite, mica gneiss and metavolcanics. The bedrock's foliation is in an east-west direction and therefore only deviates slightly from the foliation on the mainlands.

The geological map features a considerable weakness zone running parallel to the coast in the sea area off Helsinki. No other similar zones in the sea area between Helsinki and Tallinn have been marked on the map.

The interpretation of the sea area's bedrock conditions is based on assumptions that have been verified using drilling holes in the vicinity of the coast.

The bedrock map published by the Geological Surveys of Finland, Estonia and Russia in 1994 is based on the assumption that the surface of crystalline Precambrian bedrock descends at a relatively steady rate from Helsinki towards Tallinn. If this assumption is true, the railway tunnel could be built in the sea area in such a way that the tunnel would descend from the coast off Helsinki in the direction of Tallinn from close to sea level to a depth of 200 metres below sea level.

1.4 Kallioperä Tallinnan läheisyydessä

Viron puolella kiteinen kallioperä on kartan mukaan sedimenttikivien peittämänä Naissaassa ja siitä etelään. Tallinnassa kova kallioperä on lähes 200 metrin syvyydessä maanpinnasta, mikä on selvitetty lukuisilla sedimenttikivien lävistävillä kairauksilla. Tutkimuksissa on todettu merialueella Naissaa- ren ja Tallinnan alueella useiden kilometrien laajuinen rapakivi-tyyppisen graniitin massiivi. Edelleen kairauksilla on todettu sedimenttikivien alla muita kiteisen kallioperän kivilajeja kuten metavulkaniitteja, kiillegneissia ja graniittia.

Rakennettavuuden kannalta sedimenttikivi on huomattavasti kalliimpaa. Vastaavissa olosuhteissa tehdyistä tunneleista Ruotsina ja Tanskan välillä sekä toisaalta Keski-Euroopassa voidaan arvioida, että rakentamiskustannukset olisivat Helsinkiin verrattuna selvästi korkeammat.

Vedenalaisia tunneleita rakennetaan myös teräsbetonielementeistä, mikäli liikenneväylän profiili ei mahdollista tunnelin sijoittamista kallioon. Kantakaupungista Laajasaloon suuntautuvan joukkoliikenne-yhteyden osalta tehtiin 02/2008 päivätyä alustavaa rakennetekninen yleissuunnitelma, jonka mukaan Helsingin vesialueella elementtitunnelin rakentamiskustannus on noin 600 €/m³ (ALV 0%). Uпотetun rautatietunnelin kustannusarvio olisi noin 120 milj. €/km.

Sedimenttikivessä tehdyt tunnelit ovat olleet upotettuja tunneleita halvempia, joten voidaan olettaa, että myös Tallinnan sedimenttikiveen toteutettu rautatietunneli olisi hintaluokassa alle 100 milj. €/km, mutta yli 40 milj. €/km.

Pehmeässä sedimenttikivessä olisi edullisinta toteuttaa tunnelin nosto maanpintaan mahdollisimman lyhyellä matkalla. Sedimenttikivessä käytetään nykyisin yleisesti täysprofiiliporausta (TBM), mutta myös perinteinen louhintaan perustuva menetelmää käytetään. TBM on pehmeässä kivessä perinteistä menetelmää nopeampi ja vähemmän ympäristöä häiritsevä. Hintasuhde louhinnan ja TBM:n välillä selviää vasta urakkakilpailuvaiheessa.

1.4 Bedrock in the vicinity of Tallinn

According to the map, the crystalline Precambrian rock on the Estonian side is covered with sedimentary rocks on the island of Naissaar and the area to the south of it. In Tallinn the hard bedrock is at a depth of almost 200 metres from the surface, which has been confirmed with several drillings through the sedimentary rock. Surveys have shown that the sea area around Naissaar and Tallinn contains a massive area of rapakivi-type granite extending over several kilometres. Furthermore, drillings have indicated that other rock types found in crystalline bedrock, such as metavolcanics, mica gneiss and granite, are to be found under the sedimentary rock.

The construction of a tunnel in sedimentary rock is substantially more expensive. Based on experiences from tunnels excavated in similar conditions between Sweden and Denmark and elsewhere in Central Europe, it can be estimated that construction costs would be significantly higher than in and near Helsinki.

Underwater tunnels can also be constructed using prefabricated reinforced concrete elements if a transit connection's profile does not allow the tunnel to be built in bedrock. A preliminary technical construction general plan for a mass transit connection from Helsinki City Centre to the District of Laajasalo was completed in February 2008. According to the plan, the construction costs of an immersed concrete tunnel in the sea area in Helsinki would amount to about EUR 600 per cubic metre (VAT 0%). The construction cost estimate for an immersed railway tunnel would be about EUR 120 million per kilometre.

Tunnels built in sedimentary rock have been cheaper than immersed tunnels, so it can be assumed that a railway tunnel excavated in the sedimentary rock in Tallinn would also fall within the price category of less than EUR 100 million per kilometre but more than EUR 40 million per kilometre.

The most economical option in the case of soft sedimentary rock would be to have the tunnel ascend to ground level over the shortest distance possible. Nowadays, full-face tunnel boring and tunnel boring machines (TBM) are generally utilised in construction carried out in sedimentary rock, although drill and blast method (D&B) is also used. TBM is faster than D&B in soft rock and causes less harm to the environment. The difference between the cost of D&B and the cost of the TBM will become known in the contract tendering stage.

2 JATKOTUTKIMUSTARPEET RAUTATIETUNNELIN RAKENTAMISMAHDOLLISUUKSIEN ARVIOIMISEKSI

Rakennettavuuden arvioinnin kannalta ensisijaisia ovat merialueelle sijoittuvat geofysikaaliset tutkimukset, kuten reflektio- ja refraktioseismiset tutkimukset. Ensimmäisessä vaiheessa tulisi pyrkiä selvittämään kalliopinnan syvyyttä ja pinnanmuotoja. Mahdollisesti tällöin löytyy merkittäviä syvänteitä tai vaihtelevan kalliotopografian alueita, joilla on merkitystä tunnelirakentamisen kannalta.

Tutkimusten ohjelmointi on järkevintä tehdä vaiheittain tarkentaen ja varautumalla tutkimusten kuluessa tapahtuviin määrällisiin muutostarpeisiin.

Kiinteistöviraston geotekninen osasto antaa tarvittavaa asiantuntijaohjausta suunnittelu- ja tutkimustyöhön.

Ilkka Vähäaho
osastopäällikkö

Pekka Raudasmaa
geologi

2 THE NEED FOR FURTHER SURVEYS IN ORDER TO ASSESS THE FEASIBILITY OF CONSTRUCTING THE RAILWAY TUNNEL

Geophysical investigations such as reflection and refraction seismic investigations conducted in the sea area form the primary method of assessing the feasibility of the tunnel. The depth and surface patterns of the bedrock should be studied at the initial stage. These surveys would possibly reveal considerable depressions or areas of varying bedrock topography that would have an impact on the construction of the tunnel.

The most logical option would be to plan the investigations in stages, adding detail and making provisions for any changes in the number of surveys needed along the way.

The Geotechnical Division of the City of Helsinki Real Estate Department will provide the necessary expert guidance for the planning and survey work.

Ilkka Vähäaho
General Manager

Pekka Raudasmaa
Geologist