

Esko Kuusisto & Jari Hakala

Suomen järvien syvyysuhteet

The bathymetry of Finland's lakes

Hydrografisen toimiston alkuvuosikymmeninä Suomessa oli kaksi yli sadan metrin syvyistä järveä. Euroopan suurimmasta järvestä, Laatokasta, vajaa puolet kuului Suomeen, mukaan lukien järven syvin kohta: 230 metriä. Kuusamon kuulu rotkojärvi, Paanajärvi, oli 128 metrin syvyinen.

Nämä mahtavat syvänteet siirtyivät toisen maailmansodan jälkeen Neuvostoliiton pohjattomaan syliin. Sata metriä ylittävät lukemat sinnittelivät vielä 1970-luvulla Merenkululaitoksen julkaisemissa kartoissa: Päijänne 104 m, Suvasvesi 102 m. Hydrologian toimiston tekemissä tarkistuksissa ne kuitenkin katosivat: Päijänne 95 m, Suvasvesi 90 m. Niiden väliin sijoittuu Inari, 92 m. Siinäpä maamme kolme syvintä järveä, kunnes toisin todistetaan.

Suomen järvien syvyyskartoitukset alkoivat vuonna 1856 Tampereen Pyhäjärveltä. Työstä vastasivat sotalaivaston perämieskuntaan kuuluneet upseerit. Luotauslinjat kulkivat niemestä niemeen; kartta piirrettiin mittakaavassa 1:42 000. Tärkein syy kartoitusten käynnistymiseen oli kehittyvän sisävesiliikenteen turvallisuus. Niinpä ensin keskityttiin ensin Järvi-Suomen lukuisien ulapoiden välisiin salmiin ja kapeikoihin.

Päijänne kartoitettiin pääosin vuosina 1879–85 ja 1903–05. Tulosten perusteella piirrettiin kartta, jolta J. J. Sederholm määrittä järven tilavuuden vuonna 1932. Kuivasta karttalehdestä saksittiin erilleen kukin 10 metrin syvyysvyöhyke ja suikaleet punnittiin. Koko Päijänne painoi 18,464 g ja esimerkiksi 20–30 metrin vyöhyke 3,261 g. Sen ala oli siten 19,6115 % koko järven alasta eli 217,9800 km². Tämä ei suuresti poikkeaa nykyisestä käsityksestä – tekijät toki olivat rohkeita ilmoittaessaan tuloksen monella desimaalilla.

In the starting decades of the Hydrographical Bureau, Finland had two lakes which were over one hundred metres deep. Of Europe's largest lake, Ladoga, half belonged to Finland, according to readings the lake's deepest part is 230 metres. Paanajärvi, a ravine lake in Kuusamo is 128 metres deep.

These very depths moved after the Second World War into the arms of the Soviet Union. Readings of over one hundred metres were published on National Board of Navigation maps in the 1970s for Päijänne 104 m and Suvasvesi 102 m. These disappeared upon examinations by the Hydrological Office: Päijänne 95 m and Suvasvesi 90 m. Between these was placed Inari 92 m. These are our country's deepest lakes until otherwise proved wrong.

The depth charting of Finland's lakes began in 1856 from Tampere's Pyhäjärvi. The work was undertaken by war ship officers. Sounding lines travelled from headland to headland; a map was drawn to the scale 1:42 000. The most important reason for the charting was develop the safety of inland water transportation. The focus was first on the numerous straits and narrows.

Päijänne was charted mainly in the years 1879–85 and 1903–05. This was the basis of a charted map of which J. J. Sederholm defined the volume of the lake in 1932. A dry map paper was cut separately for each 10 metre depth zone and the strips were weighed. The whole of Päijänne weighed 18.464 g and for example the 20–30 m zone 3.261 g. Its area was thus 19.6115% of the whole lake area or 217.9800 km². This is not a great exception from the present viewpoint – the makers truly had courage in announcing the results to so many decimals.

Aaro Hellaakoski kartoitti 1930-luvulla eteläisen Suur-Saimaan 1458 neliökilometrin laajuudelta. Hän laati myös luettelon vuoteen 1940 mennessä kartoitetuista yli 5 km² laajuisista Suomen järvistä. Niitä oli 23, yhteispinta-alaltaan runsaat 4 500 km². Suurimmat olivat Päijänne, Oulujärvi, Näsijärvi ja Kitkajärvet. Myös eräitä varsin pieniä järviä oli jo kartoitettu, muun muassa Virroilla sijaitsevat Torisevan rotkojärvet.

Toisen maailmansodan jälkeen syvyyskartoitukset jatkuivat, mutta työ ei ollut kovin laajaa. Kun vesihallitus oli perustettu vuonna 1970, hydrologian toimistossa koettiin syvyystietojen aukot merkittäviksi ja yhteistyö maanmittaushallituksen kanssa käynnistyi. Tätä helpotti korkea työttömyys – huomattava osa kartoituksista tehtiin alkuvuosina työllisyystöinä talvikautena vesipiirien johdolla. Kohteina olivat periaatteessa kaikki yli hehtaarin kokoiset järvet, joita ei oltu aiemmin kartoitettu.

Mittaustekniikka mullistuu

Merkittävä menetelmäkehitys tapahtui 1980-luvun puolivälissä, jolloin paikantimeksi saatiin takymetri. Tällä laitteella seurattiin luotausveneen kulkua rannalta ja ajetun reitin koordinaatteja tallennettiin laitteen muistiin. Samalla reitin syvyysprofiili kirjautui piirtävän kaikuluotaimen paperille. Takymetrejä käytettiin jonkin verran myös talvikartoituksissa luotauslinjojen paikantamiseen.

Ensimmäiset GPS-sovellukset otettiin käyttöön 1990-luvun alkupuolella. Nyt pystyttiin seuraamaan luotausveneen kulkua reaaliaikaisesti samalla kun luotauslinjojen sijainti tallennettiin muistiin. Paikannuslaite vastaanottaa satelliiteilta signaalit, joiden perusteella laite laskee oman sijaintinsa maapallolla WGS-84-koordinaatistossa. Menetelmä edellyttää GPS-vastaanottimen ohella myös kiinteän tukiaseman, jolloin päästään 1–5 metrin paikannustarkkuuteen.

Vuonna 1995 saatiin käyttöön tietokonepohjainen kartoitusjärjestelmä, joka mahdollisti täysin digitaalisen syvyysaineiston tuotannon. Luotauslaitteisto sisältää kaikki paikka- ja syvyystiedon hankintaan, käsittelyyn ja tallennukseen tarvittavat komponentit.

Aaro Hellaakoski charted, in the 1930s, the South Greater-Saimaa as a 1458 square kilometre expanse. He also made charts of lakes of over 5 km², which were bathymetrically mapped by 1940. There were 23 of those, with a total surface area of a fair 4500 km². The greatest were Päijänne, Oulujärvi, Näsijärvi and Kitkajärvi. Some quite small lakes were also already charted, amongst others the Toriseva ravine lakes situated in the parish of Virrat.

After the Second World War, depth charting continued, but the work was not very broad. When the water administration was founded in 1970, the Hydrological Office experienced significant depth information gaps and co-operation with the National Board of Survey began. This was eased by the high unemployment – a noticeable part of charting was made in the early years by unemployed people in winter season under the guidance of regional water districts. The sites were in principle all over hectare sized lakes, which were not earlier charted.

Measurement technique upheavals

A significant method development happened in mid-1980s, when a tachometre was obtained to determine the exact locations. This device monitored the sounding boat's travels and the route co-ordinates were recorded into its memory. At the same time, the route's depth profile register was sketched to the echo sounder's paper. The tachometer was used in some amount also in winter charting of sounding line's locations.

The first GPS applications were also taken into use at the beginning of the 1990s. It was now possible to follow the sounding boats in real time, while at the same time the sounding line's position was recorded to memory. The device received satellite signals, on which basis it calculated its own position in the world by WGS-84 co-ordination. The method required, besides the GPS receiver, also a fixed support station, whereupon the location could be found with a 1–5 metre precision.

In 1995, a computer based charting system came into use, which made possible a fully digital production of bathymetric maps. The sounding device contained all location and depth information acquisi-

Paikkatieto saadaan ulkoiselta GPS-sensorilta ja paikannuksessa on käytössä reaaliaikainen differentiaali-GPS. Siihen vaadittava korjaus saadaan Yleisradion lähettämästä RDS-signaalista.

Menetelmissä tapahtui siis parissa vuosikymmenessä melkoinen vallankumous niin tarkkuuden kuin erityisesti mittausnopeuden osalta. Silti 'antiikkinen' ja hidas talvikartoituskin on yhä jossain määrin käytössä. Suomen järvien koko ja muoto vaihtelevat suuresti, mikä rajoittaa täysdigitaalisen menetelmän käyttöä. Myöskään kalustoa ei pystytä kuljettamaan kaikkiin kohteisiin.

Suomen ympäristökeskuksessa syvyystiedot talletetaan järverkisteriin. Se sisältää perustiedot kaikista yli hehtaarin kokoisista järivistä. Näitä tietoja ovat muun muassa järven sijaintikunta, vesipinta-ala, rantaviivan pituus ja valuma-aluejaon mukainen järvinumero. Kutakin rekisterin järveä koskevat tiedot muodostavat järvikortin; niihin on alettu lisätä myös syvyysuhteiden pääpiirteet sisältäviä karttoja.

Suurimmat keskisyvydet

Järverkisteriin sisältyy tällä hetkellä yli 6 000 järven syvyystietoja. Taulukossa s. 78 on esitetty yli 15 metrin keskisyvyyteen yltävät järvet, joita on vain 12. Tämä ei 188 000 järven maassa ole kovin paljon, monessa EU:n vähäjärvisessä maassa niitä on paljon enemmän.

Keskisyvyyden tilaston kärjessä oli vuosikymmenten ajan Artjärven Pyhäjärvi, 20,8 m. Vuonna 2000 tehdyssä kartoituksessa ykköseksi kohosi Ruokolahdella sijaitseva Suuri Jukajärvi, joka nimestään huolimatta on vain 360 hehtaarin laajuinen. Silti tämän järven keskisyvyys on peräti 23,0 m. Kesällä 2007 kärkikymmennikköön kipusi kooltaan lampisarjaan kuuluva Keski-Toriseva. Odotimme sille jopa mitalisijoitusta, mutta niin korkealle se ei päässyt.

Kolarin Pakasaivon pyöreän osan keskisyvyys on peräti 30 m, mutta pitkä lahti pudottaa koko järven keskisyvyyden noin 10 metriin. Useat suurjärvien altaat sijoittuisivat erillisinä tähän tilastoon; Päijänteen Ristiselän keskisyvyys on 21,3 m ja Kihisselän 20,5 m, Suur-Saimaan Paasiveden samoin 20,5 m. Kilpisjärven

tions, handling and recording required components. The location information was received from an external GPS sensor and in the locator was used a real time differential GPS.

With these developments, quite a revolution occurred in two decades in both precision and particularly measurement speed. Nevertheless the "antique" and slow winter charting is in some amount still in use. Finland's lakes' size and shape vary greatly, which limits the use of the fully digital method. Also the equipment is not always possible to transport to all sites.

The depth information in Finnish Environment Institute is recorded in the lake register. It includes basic information from all lakes that are over a hectare in size. This information contains amongst others the lakes location, water surface area, shoreline length and identification number base on the division of drainage areas.

Largest mean depths

The lake register includes, at the moment, depth information of over 6 000 lakes. The table includes lakes exceeding 15 metres in mean depth, of which there are only 12. In a country of 188 000 lakes this is not a large number, many EU countries with a scarcity of lakes there are much more of these exceedances.

At the top of the mean depth statistics was for several decades Artjärvi's Pyhäjärvi, 20.8 m. In a charting made in 2000, the deepest was claimed by Ruokolhti's Suuri (large) Jukajärvi, which no matter the name is only 360 hectare in area. Nevertheless, this lake's mean depth is quite 23.0 m. In the summer of 2007, into the top ten crept a ravine pond in Middle Finland known Keski-Toriseva. We even expected a medal position, but it never reached that high.

The mean depth of Kolari's Pakasaivo's circular part is some 30 m, but the long bay decreases the mean depth of the whole lake to about 10 m. Many large lake basins are positioned apart in these statistics. Päijänne's Ristiselkä's mean depth is 21.3 m and Kihisselkä's 20.5 m, Greater-Saimaa's Paasivesi's is the same at 20.5 m, Kilpisjärvi's Alajärvi's mean depth is 22.4 m, but the main basin decreases the whole lake's reading to under 20 m.

Kartoitetut järvet, joiden keskisyvyys on vähintään 15 metriä.

Bathymetrically mapped lakes with a mean depth of at least 15 metres.

Järvi Lake	Purkupaikan sijaintikunta Municipality of outlet	Keskisyvyys (m) Mean depth (m)
Suuri Jukajärvi	Ruokolahti	23.0
Pyhäjärvi	Artjärvi	20.8
Iso-Simi	Pohja	20.0
Kilpisjärvi	Enontekiö	19.5
Toisvesi	Virrat	19.5
Valkiajärvi	Kitee	16.6
Isojärvi	Kuhmoinen	16.4
Vuohijärvi	Valkeala	16.3
Keski-Toriseva	Virrat	16.2
Kovero	Ruovesi	15.9
Sonnanjärvi	Jaala	15.6
Päijänne	Asikkala	15.2

Alajärven keskisyvyys on 22,4 m, mutta pääallas pudottaa koko järven osalta lukeman alle 20 metriin.

Kansainvälisissä tilastoissa Suomi ei kunnostaudu järvien suurissa syvyyksissä, ehkä pikemminkin niiden mataluudessa. Pienissä järvissä ja lammissa alle metrin keskisyvyys on hyvin yleinen. Yli neliökilometrin laajuisia järviä, joiden keskisyvyys jää tämän rajan alle, tunnetaan noin 50. Suurimmat ovat Näläntöjärvi (12,9 km²) ja Luupuvesi (7,0 km²) Kiuruvedellä sekä Sysmäjärvi (6,9 km²) Liperin ja Outokummun rajalla.

Monien järvien mataluus ihmisen aiheuttamaa. Suomessa on laskettu noin kolmentuhannen järven pinta-ala. Osa saatiin kuivatua kokonaan, mutta suuri joukko järviä päätyi tilaan, jossa rehevöityminen oli väistämätöntä vesitilavuuden ja keskisyvyyden pienennyttyä. Eräät näistä järvistä ovat kuitenkin nykyään hyviä lintujärviä. Tunnettu esimerkki on myös Tammelan Kojjärvi, ympäristöliikkeen virstanpylväs 1970-luvulta.

Kaikki järvenkuivatushankkeet eivät toteutuneet. Pohdiskelu kohdistui jopa suuriin järvialtaisiin kuten Säkylän Pyhäjärveen: ”Kerran tulee varmaan hyvän viljelyskelpoisen maan arvo Lounais-Suomessa nousemaan niin korkeaksi, että tämä, tässä pääpiir-

teissään hahmoteltu kuivaus toteutetaan, kasvatetaan viljaa siinä missä nyt kalaa.” Tämä Teknillisessä Aikakauslehdessä vuonna 1925 julkaistu arvio ei osunut ihan oikeaan.

Tulevaisuudennäkymiä

Vuoden 2006 lopussa Suomen yli hehtaarin kokoisten järvien pinta-ala oli syvyyskartoitettu 26 100 km² eli 80 prosenttia. Osalle kartoitetusta vesipinta-alasta on kuitenkin tarpeen tehdä uudis- ja täydennyskartoituksia syvyysaineistojen kattavuuden ja tarkkuuden parantamiseksi. Luotaamaton osuus pienenee noin 300 km² vuodessa.

Tulevaisuudessa syvyyksien määritys voitaneen toteuttaa nykyistä nopeammilla ja tarkemmilla menetelmillä. Ilma-aluksesta tehtävä laserkeilaus on jo mahdollista matalilla, alle 10 syvyisillä vesialueilla, kun vedessä ei ole suuremmin epäpuhtauksia. Toistaiseksi tätä menetelmää ei ole Suomen sisävesillä kuitenkaan käytetty. Nykyisilläkin menetelmillä ainakin kaikkien yli 50 ha kokoisten järvien syvyysuhteet tunnetaan runsaan kymmenen vuoden kuluksena. Ongelmallisimpia ovat suurjärvien melko kattavat, mutta osittain epätarkat syvyystiedot. Niiden parissa on syvyyskartoittajilla haastetta pitkälle tulevaisuuteen.



Nykyistä syvyyskartoitustekniikkaa: RDGPS-paikannusjärjestelmä yhdistettynä tallentavaan kaikuluotauslaitteistoon.

The present depth charting technique: RDGPS-location system, incorporated to a recording echo sounding device.

In international statistics, Finland does not distinguish itself in large lake depths, maybe rather in their shallowness. In small lakes and ponds, a mean depth of under a metre is very general. There are about 50 lakes that are over a square kilometre in area but whose mean depth remains under this limit. The largest are Nälantöjärvi (12.9 km²) and Luuppuvesi (7.0 km²) in Kiuruvesi plus Sysmäjärvi (6.9 km²) on the border of Liperi and Outokumpu.

The shallowness of many lakes is caused by man. The surface of about three thousand lakes has been lowered in Finland. Quite many of those have totally dried, but a large group has ended in a situation, where becoming eutropic was inevitable due to a decrease in water

volume and mean depth. A number of these lakes are however nowadays good sites for birds. A known example is also Tammela's Koijärvi, an environmental milestone from the 1970s.

Not all lake drying projects have been realised. Discussions were even directed at the largest lake basins such as Säskylä's Pyhäjärvi.

"One day, the value of good arable land in the south West Finland will rise so high, that crops will be grown there where there is now fish." This published estimation in a technical magazine in 1925 has not been exactly correct.

Future outlook

At the end of 2006, Finland's over hectare sized lakes were depth charted at 26 100 km² or 80 percent. Part of these lakes are however in the need for renewed full chartings to improve the covering and precision of the bathymetric materials. Unsounded areas are decreasing by about 300 km² a year.

In the future, the measurement of depths can be realised by still quicker and more precise methods. Laser scanning made from the air is already possible for shallow, under 10 metre water areas, when the water does not have great impurities. So far, this method is not however used in Finland's inland waters. With present methods, at least the depths of all lakes over 50 hectare in size will be known in a fair ten years. More problematic are the quite covered but in part inexact depth information of large lakes. These are to depth-charted, a challenge into the future.