

JHS 163 Suomen korkeusjärjestelmä N2000

Liite 2. Aiemmat korkeusjärjestelmät ja niiden väliset muunnokset

Versio: 1.1

Julkaistu: 10.10.2019

Voimassaoloaika: toistaiseksi

1 Aiemmat suomalaiset korkeusjärjestelmät

Jääkausien aikana maankuori painui jäämassojen painosta satoja metrejä. Jäämassojen poistuttua maankuori alkoi palautua takaisin alkuperäiseen muotoonsa. Tämä maankohoaminen jatkuu yhä ja sen suuruus vaihtelee eri puolilla Suomea vaihdellen Kaakkois-Suomen ja Lapin muutamasta millimetristä vuodessa Merenkurkun lähes senttimetriin vuodessa.

Korkeusjärjestelmää tulee ajantasaistaa aika ajoin, koska korkeudet ja korkeuserot muuttuvat maankohoamisen vuoksi. Perinteisesti uuden korkeusjärjestelmän muodostaminen on perustunut tarkkavaaitukseen. Suomessa on tehty kolme tarkkavaaitusta, joiden tuloksista on muodostettu NN-, N43-, N60- ja N2000 -korkeusjärjestelmät.

NN-korkeusjärjestelmä

Tie- ja vesirakennusten ylihallitus suoritti ensimmäisen tarkkavaaituksen vuosina 1892-1910. Vaaituslinjojen yhteispituus oli yli 5000 kilometriä ja ne kattoivat lähinnä eteläisen Suomen. Vaaituksen tuloksena muodostettiin NN-korkeusjärjestelmä (Normaali Nolla), jonka nollakorkeudeksi valittiin Helsingin Katajanokan siltaan kiinnitetyn vesiasteikon nollapiste (Blomqvist ja Renqvist 1910). Myöhemmin todettiin, että nollakorkeus oli 109 mm Helsingin vuosien 1904-1909 havainnoista lasketun keskivedenpinnan alapuolella (Kääriäinen, 1963 ja 1966). NN-korkeusjärjestelmää käytetään mm. vanhoissa voimassa olevissa vesioikeuden päätöksissä.

N43-korkeusjärjestelmä

Maankohoamisen johdosta Geodeettinen laitos aloitti vuonna 1935 toisen tarkkavaaituksen. Jotta toisen tarkkavaaituksen tulokset saatiin nopeasti käyttöön, luotiin väliaikainen N43-korkeusjärjestelmä. Sen lähtökorkeudeksi otettiin Pasilassa sijaitsevalle pisteelle 35007 johdettu NN-korkeus. Maankohoamisen johdosta keskivedenpinta Helsingissä sivuutti NN-järjestelmän nollakorkeuden vuonna 1943, joten N43-korkeudet ilmoittavat siis likimäärin Helsingin keskivedenpinnasta laskettuja korkeuksia vuonna 1943. Vuosi 1943 on myös toisen tarkkavaaituksen keskihetki N43-järjestelmään käytettyjen havaintojen osalta.

N43-järjestelmä laajeni mittausten edetessä. Edellisen silmukan tuloksena saatuja pisteiden korkeuksia pidettiin tasoituksessa kiinteinä ja uudet pisteet pakotettiin jo laskettuihin korkeuksiin. N43-korkeuksia ei ole siis johdettu koko verkon tasoituksesta. Laskennassa ei huomioitu maan kohoamista ja kallistumista.

N60-korkeusjärjestelmä

Toisen tarkkavaaituksen pääosa saatiin vaaittua vuoteen 1955 mennessä linjalle Aavasaksa-Rovaniemi-Kemijärvi. Linjojen pituus oli yli 6200 kilometriä ja ne sisälsivät ensimmäisen tarkkavaaituksen linjat. Vaaitusverkon tasoituksen tuloksena saatiin korkeuserot vuonna 1960 ja maankohoamisen suuruus kullakin kiintopisteellä. N60-järjestelmän lähtökorkeudeksi valittiin Helsingin teoreettinen keskivedenpinta vuoden 1960 alussa (Kääriäinen, 1963 ja 1966).

Lapissa tarkkavaaituksia suoritettiin ensin vuosina 1953-1972 ja näiden mittausten aikana luotiin väliaikainen LN-korkeusjärjestelmäpakottamalla uudet silmukat ilman maannousukorjauksia linjan Aavasaksa-Rovaniemi-Kemijärvi N60-korkeuksiin. Vuosina 1973-1975 tehdyt

uusintavaatukset mahdollistivat maankohoamislukujen määrittämisen, jolloin LN-korkeudet voitiin korvata N60-korkeuksilla (Takalo, 1977; Takalo ja Mäkinen, 1983)

Ahvenanmaa liitettiin N60-järjestelmään vuosina 1962-1975 tehdyillä vaaituksilla (Kakkuri ja Kääriäinen, 1977), joihin ei liitetty maannouskorjausta.

2 Muunnokset korkeusjärjestelmien välillä

Seuraavassa esitetään muunnokset N2000:n ja aiempien korkeusjärjestelmien välillä N60-N2000.

Valtakunnallinen muunnos N60- ja N2000-korkeusjärjestelmien välillä on määritetty valituista korkeuskiintopisteistä muodostetun kolmioverkon avulla. Näin muunnoksesta saatiin jatkuva ilman epäjatkuvuuskohtia. Muunnoksen neliökeskivirhe on pienempi kuin 5 mm. Muunnos on toteutettu Maanmittauslaitoksen muunnospalveluun: <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>. Muunnokseen liittyvät aineistot ovat saatavissa: <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntevalle-kayttajalle/koordinaattimuunnokset>.

2.1 N60-N2000

2.1.1 Kolmiomenetelmän periaate

Kolmiomenetelmällä suoritettavaa muunnosta varten muunnospisteistöstä on muodostettu kolmioverkko. Muunnospisteistö käsittää yhteensä 568 sekä N60- että N2000- korkeusjärjestelmässä tunnettua pistettä. Kolmiot on esitetty kuvassa 1.

Muunnospisteiksi on valittu ensi sijassa Geodeettisen laitoksen kolmannen tarkkavaaituksen 1. luokan korkeuskiintopisteitä. Kattavuuden parantamiseksi verkossa on myös Maanmittauslaitoksen 2. luokan korkeuskiintopisteitä sekä Lapin käsivarren alueella myös 3. luokan korkeuskiintopisteitä. Merialueelle ja valtakunnan rajojen ulkopuolelle on määritetty 87 virtuaalista pistettä, koska muunnospisteiksi sopivia korkeuskiintopisteitä ei ole kaikkialla saaristossa eikä lähellä valtakunnan rajaa. Virtuaalipisteiden siirtokorjauksia laskettaessa on lähtöarvoina käytetty lähimpiä todellisten muunnospisteiden muunnosarvoja huomioiden lisäksi maannousun vaikutus alueella.

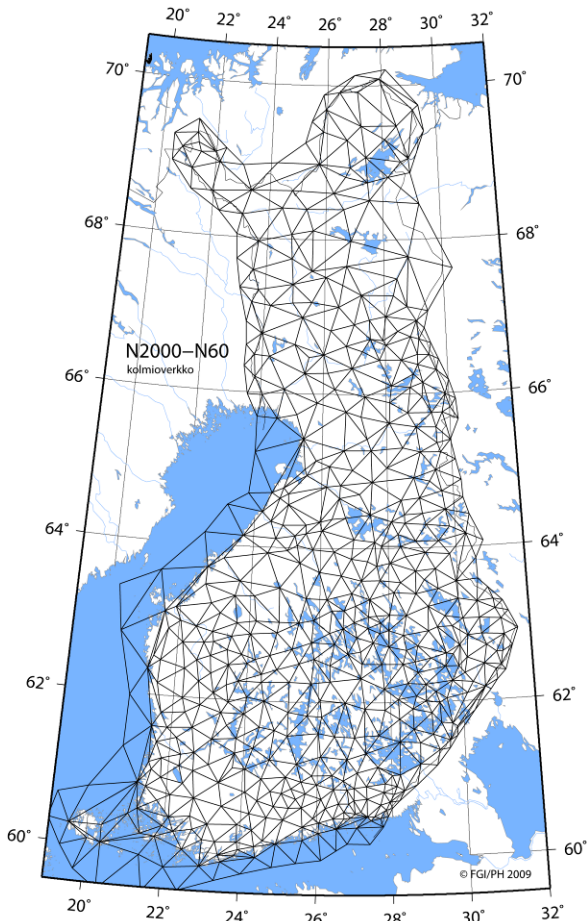
Korkeusmuunnos perustuu kolmioista muodostuviin muunnospintoihin (tasopintoihin), jotka määrittävät järjestelmien välisen siirtokorjauksen tasokoordinaattien funktiona. Menetelmä on yksinkertainen ja riittävän tarkka. Muunnospisteistä muodostetaan kolmioita, joiden kulmissa sijaitsevien korkeuskiintopisteiden siirtokorjauksista (N60- ja N2000-korkeuksien välinen ero) lasketaan jokaiselle kolmiolle muunnosparametrit. Kolmion sisällä siirtokorjaus lasketaan haluttuun sijaintiin kyseisen kolmion muunnosparametrien avulla. Yksittäisen muunnoskolmion siirtokorjauksen antava yhtälö on siis muotoa:

$$Ax + By + C = z,$$

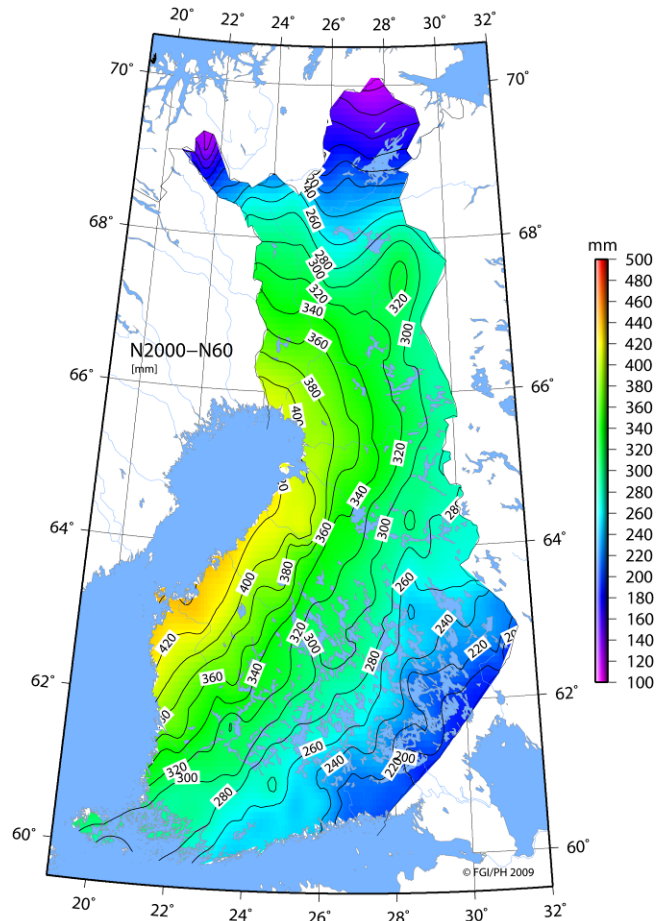
jossa x ja y ovat pisteen tasokoordinaatit ja A, B, C vakioita, jotka täytyy määrittää erikseen kaikille kolmioille. z on siirtokorjaus järjestelmien välillä. Kolmion kulmissa sijaitsevista muunnospisteistä saadaan kolme yhtälöä, jolloin vakiot pystytään ratkaisemaan.

2.1.2 Muunnoksen tarkkuus

Muunnoksen neliökeskivirhe on pienempi kuin 5 mm. Tarkkuutta on testattu muuntamalla kaikki 1. ja 2. luokan korkeuskiintopisteet ja vertaamalla niitä pisteiden tasoitettuihin korkeusarvoihin. 1. luokan pisteillä muunnetun ja tasoitetun korkeuden erotuksen neliökeskivirhe oli 4,2 mm ja 2. luokan pisteillä 4,7 mm. Ero oli 99%:lla 1. luokan pisteistä alle 15 mm ja vastaavasti 2. luokan pisteillä alle 20 mm.



Kuva 1: N2000-N60 muunnospisteistön kolmioverkko



Kuva 2: N2000-N60 muunnosarvot ($H_{N2000} - H_{N60}$) [mm]

2.2 N43-N2000

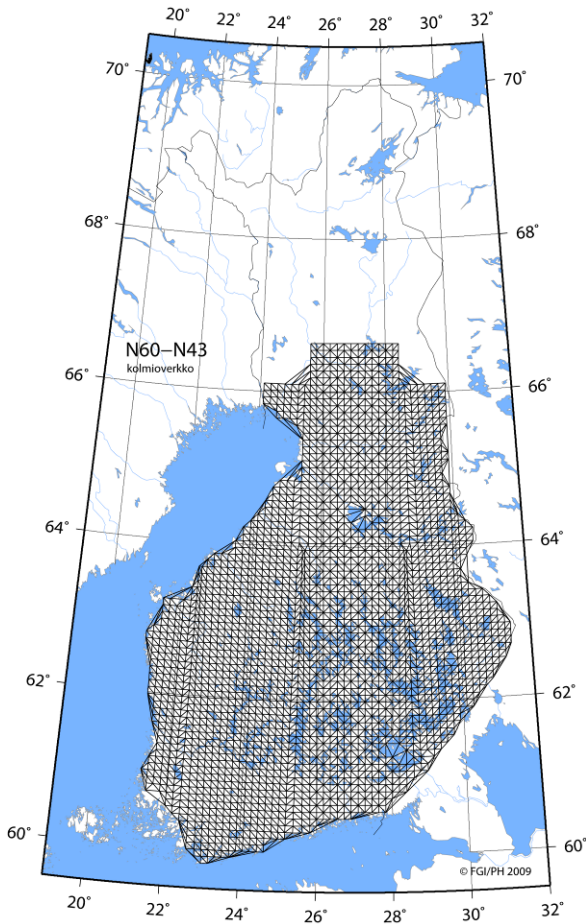
Muunnosta N43 ja N2000 välillä ei ole suoraan määritelty mutta se voidaan suorittaa ketjuttamalla N43-N60 ja N60-N2000.

2.3 N43-N60

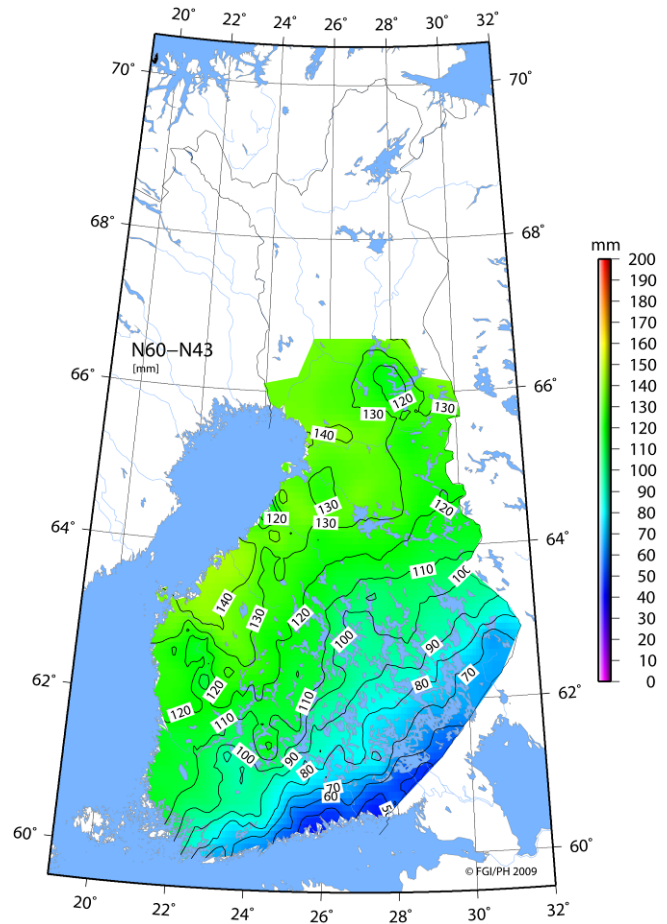
Muunnos perustuu karttalehdittäin laskettuihin korkeusjärjestelmien välisiin eroihin (Maanmittauslaitoksen karttapaino, 1985), joissa on vakiosiirtokorjaus karttalehden alueella. Niistä on johdettu kolmioittainen muunnos vastaavalla tavalla kuin kuin N60- ja N2000-korkeusjärjestelmien välisessä muunnoksessa.. Kolmioverkon kärkipisteet sijaitsevat kunkin sellaisen karttalehden keskipisteessä, jolle on laskettu siirtokorjaus. Myös sisävesistöjen alueelle, jonne muunnosparametreja ei karttalehdittäin ole, saatiin näin muunnosparametrit ja muunnoksesta karttalehtien reunojen yli jatkuva.

Varsinainen muunnos suoritetaan etsimällä aluksi muunnettavan pisteen rajaava kolmio. Tämän jälkeen lasketaan siirtokorjaus sovittamalla taso kolmion kärkipisteissä olevien siirtokorjausten välille ja määrittämällä tason avulla korkeus (= lineaarisella interpolaatiolla) haluttuun sijaintiin kolmion sisällä.

Muunnoksen valtakunnallista tarkkuutta ei ole testattu, mutta tarkkuutta voi arvioida itse valitsemalla halutulta alueelta pisteet, joille on olemassa sekä N43- että N60-korkeus ja laskemalla näille pisteille siirtokorjaukset sekä kolmioittaisella muunnoksella (esim. Maanmittauslaitoksen koordinaattimuunnospalvelulla) että kiintopisteiden vaaituista korkeuksista. Suosituksena on testata ainakin reuna-alueita sekä pari pistettä verkon sisimmistä kolmioista.



Kuva 3: N60-N43 muunnospisteistön kolmioverkko

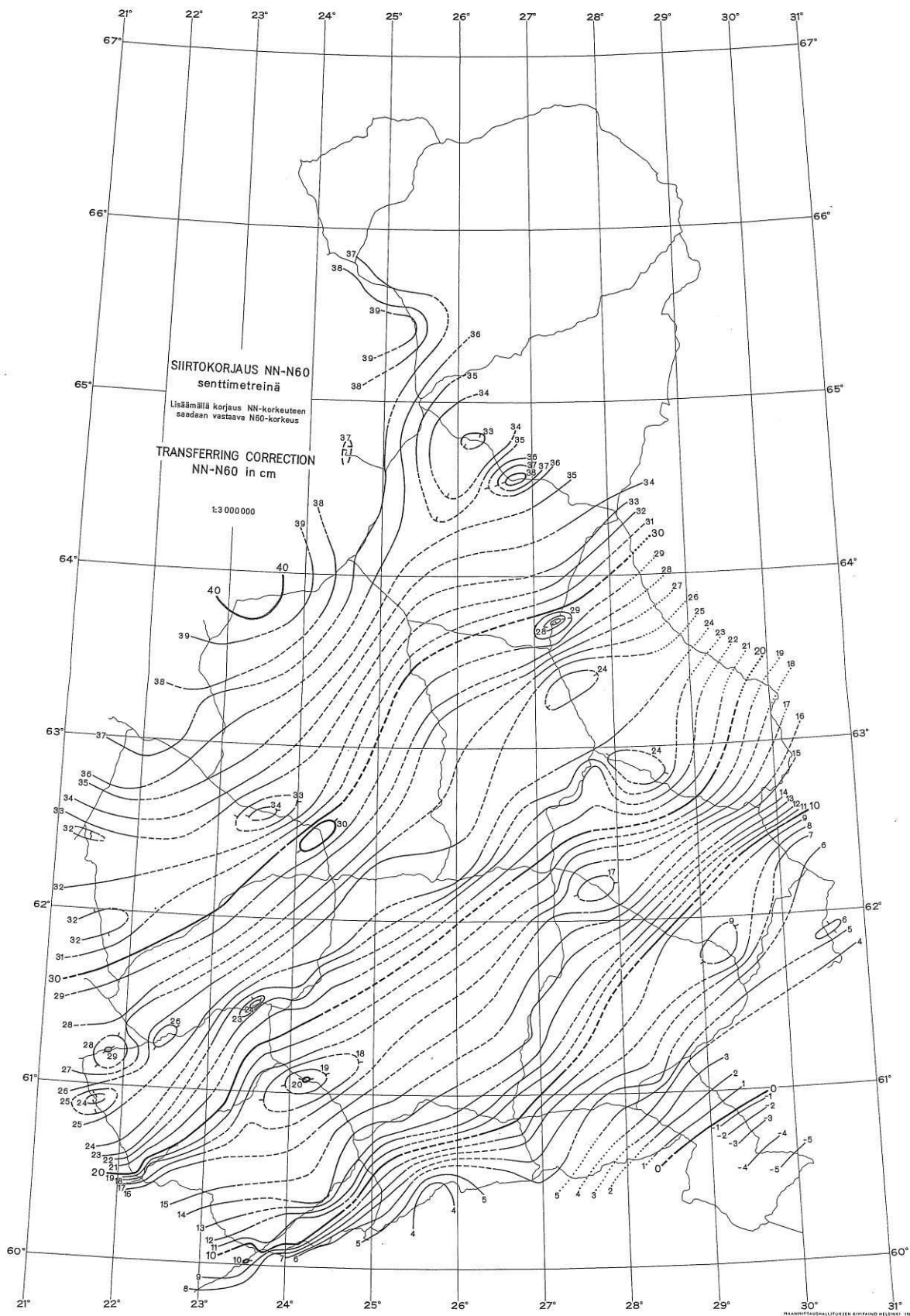


Kuva 4: N60-N43 muunnosarvot ($H_{N60} - H_{N43}$) [mm]

2.4 NN-N43, NN-N60, NN-N2000

Virallisia muunnoksia NN-järjestelmästä uudempiin järjestelmiin ei ole laskettu. Sen sijaan Suomen toisen tarkkavaaituksen yhteydessä julkaistiin siirtokorjauskartta NN-järjestelmästä N60-järjestelmään (Kääriäinen, 1963). Se on esitetty kuvassa 5, Siitä voidaan arvioida likimääräinen siirtokorjaus. N60-järjestelmästä päästään sitten sekä N43 että N2000-järjestelmään kuten kohdissa 2.3. ja 2.1 on kuvattu. Tarkemman siirtokorjauksen voi määrittää, jos lähialueelta löytyy kiintopisteitä, joilla on vaaitut korkeudet sekä NN-järjestelmässä että jossakin uudemmissa järjestelmistä. Parhaiten tähän soveltuvat tarkkavaaituksen kiintopisteet. Siirtokorjauksen voi estimoida yhden, luotettavammin usean pisteen avulla.

JUHTA - Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta



Kuva 5: NN-N60 siirtokorjaus [cm]

JUHTA - Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta

Lähteet:

Ahola M., Musto M. (2011): Valtakunnallinen N60-N2000-muunnos. Maanmittaus 86:2 (2011).

Blomqvist E., Renqvist H. (1910): Das Präcisionsnivellement Finlands 1892-1910. Fennia 31:2, 1-265.

Kakkuri J., Kääriäinen J. (1977): The Second Levelling of Finland for the Aland archipelago. Suomen Geodeettisen laitoksen julkaisuja, N:o 82, Helsinki. 55 s.

Kääriäinen, E., 1963: Suomen toisen tarkkavaaituksen kiintopisteluettelo I. Suomen Geodeettisen laitoksen julkaisuja N:o 57. Helsinki, 164 s.

Kääriäinen E. (1966) The Second Levelling of Finland in 1935-1955. Suomen Geodeettisen laitoksen julkaisuja N:o 61. Helsinki, 313 s.

Takalo M. (1977): Suomen Toisen tarkkavaaituksen kiintopisteluettelo II. Benchmark list II of the Second Levelling of Finland. Suomen Geodeettisen laitoksen julkaisuja, N:o 83, Helsinki. 150 s.

Takalo M., Mäkinen J. (1983): The Second Levelling of Finland for Lapland. Suomen Geodeettisen laitoksen julkaisuja, N:o 99. Helsinki. 144 s.