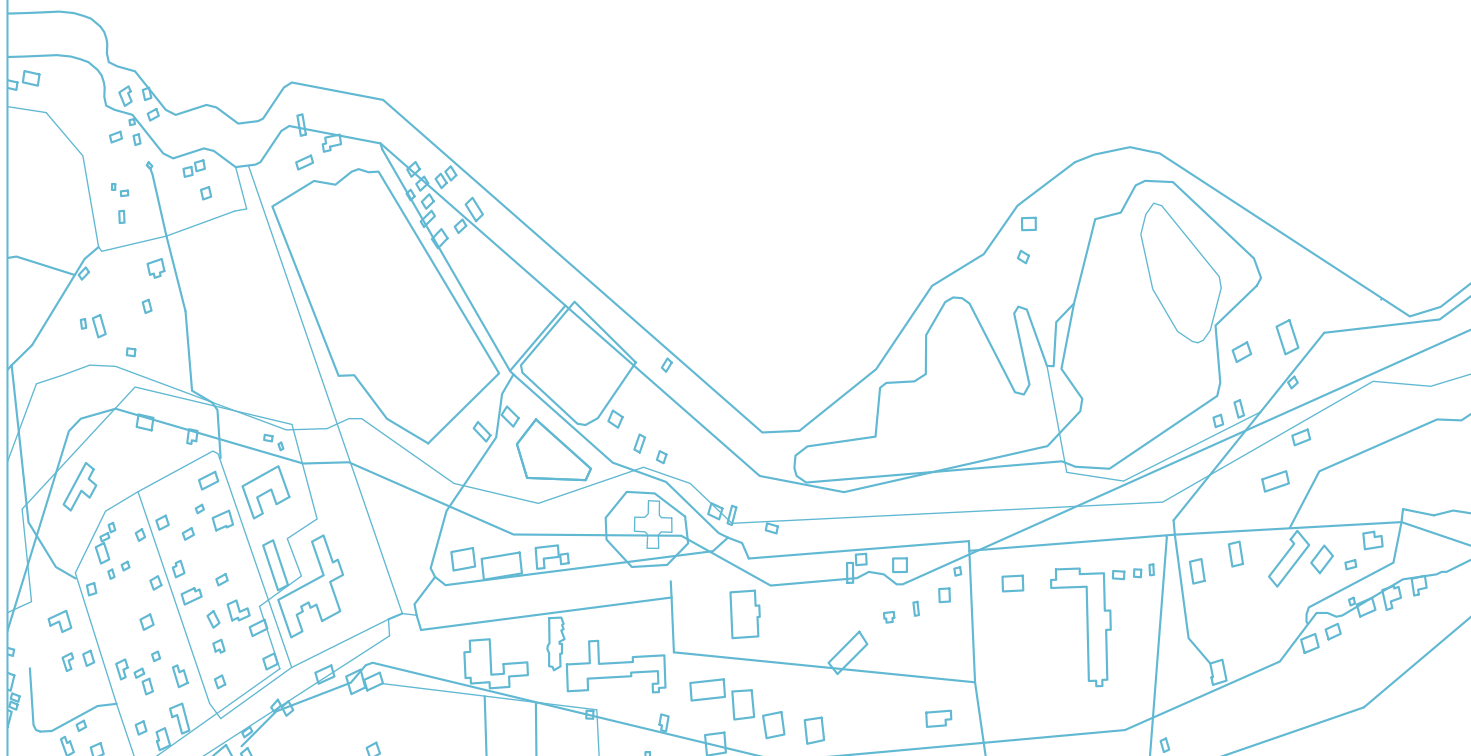




MAANMITTAUSLAITOS

Kiinteistörekisterikartan rajamerkkien sijaintitarkkuus

Maanmittauslaitoksen julkaisusarja nro 112



Tekijät Kehittämiskeskus/KRKlaatu-projekti	
Julkaisun nimi Kiinteistörekisterikartan rajamerkkien sijaintitarkkuus	
Julkaisusarjan nimi ja numero Maanmittauslaitoksen julkaisusarja nro 112	Julkaisija/kustantaja Maanmittauslaitos, kehittämiskeskus
<p>Tiivistelmä</p> <p>Maanmittauslaitos (MML) sai vuonna 2011 valmiiksi valtakunnallisen kiinteistörekisterikartan (KR-kartta) perusparannuksen, jossa kiinteistöjen rajamerkeille määritettiin tarkemmat koordinaatit.</p> <p>KR-kartan rajamerkkien todellista sijaintarkkuutta selvitettiin mittaamalla uudelleen otannalla poimittujen rajamerkkien koordinaatit ja vertaamalla niitä aikaisemmin määritettyihin koordinaatteihin. 1750 rajamerkkiä mitattiin uudestaan.</p> <p>Tarkastusmittaukset osoittivat, että rajamerkkien tarkkuutta kuvaavat RSK-luvut kertovat keskimäärin luotettavasti rajamerkin tarkkuudesta. Rajamerkkien koordinaattien erilaisista määrittystavoista johtuen niiden koordinaateissa ja RSK-luvuissa on hajontaa ja karkeita virheitä.</p> <p>Tarkastusmittausten ohessa todettiin, että hävinneiden rajamerkkien osuus koko maassa on arviolta viidesosa.</p> <p>Tarkastusmittausten tulokset osaltaan osoittivat, että KR-kartan rajamerkkien tarkkuuden parantamista on syytä jatkaa. Rajamerkkien sijaintitarkkuuden parantamiseksi esitetään useita konkreettisia toimenpiteitä.</p>	
Verkojulkaisun osoite http://www.maanmittauslaitos.fi/julkaisusarja	
Julkaisuvuosi 2012	Sivumäärä 31 sivua
ISBN 978-951-48-0233-1 (verkojulkaisu) ISSN 1799-2133 (verkojulkaisu)	Kieli Suomi

Tiivistelmä

Maanmittauslaitos (MML) sai vuonna 2011 valmiiksi valtakunnallisen kiinteistörekisterikartan (KR-kartta) perusparannuksen, jossa muun muassa kiinteistöjen rajamerkeille määritettiin tarkemmat koordinaatit.

KR-kartan rajamerkkien todellista sijaintitarkkuutta selvitettiin MML:ssa vuonna 2012 mittaamalla uudelleen otannalla poimittujen rajamerkkien koordinaatit. Todellinen sijaintitarkkuus määritettiin laskemalla uudelleen mitattujen koordinaattien ja kiinteistörekisterikartan aikaisempien koordinaattien erot ja vertaamalla niitä rajamerkeille alkuperäisessä mittauksessa annettuihin RSK-lukuihin.

Tarkastettavien rajamerkkien lukumäärän (otoskoko) selvittämiseksi (0,1 m:n tarkkuudella ja 95%:n todennäköisyydellä) laskettiin rajamerkkien kokonaismäärä, niiden RSK-luvut ja jakauma JAKO-järjestelmästä. Laskennan perusteella otoskooksi määräytyi 1565 kpl. Mitattavien rajamerkkien otos poimittiin systemaattisena otantana arvotuille karttalehdille ja ryvästämällä mitattavat rajamerkit karttalehdelle satunnaisesti sijoitetun pisteen ympärille. Otannan tulosten luotettavuuden parantamiseksi lisättiin mitattavien rajamerkkien määrää (lopullinen otoskoko 1650 kpl.).

Maanmittaustoimistoittain tarkastettavien rajamerkkien määrät eri toimistojen alueella suhteutettiin niiden rajamerkkien prosentuaaliseen osuuteen kaikista KR-kartan rajamerkeistä.

Tarvittavat maastomittaukset tehtiin touko-syyskuussa 2012. Yhteensä mitattiin 1750 rajamerkkiä.

Tarkastusmittaukset osoittivat, että rajamerkeille annetut RSK-luvut kertovat keskimäärin luotettavasti rajamerkin tarkkuudesta. Rajamerkille annettuun RSK-lukuun kuitenkin ei voi luottaa täysin, sillä rajamerkkien koordinaattien erilaisista määrittäytävistä johtuen koordinaateissa ja RSK-luvuissa on hajontaa. Myös karkeita virheitä todettiin niin rajamerkkien koordinaateissa kuin annetuissa RSK-luvuissakin.

Johtuen määrittelmästä RSK-luku ei kuvaa täsmällisesti rajamerkin tarkkuutta. RSK-luku antaa poikkeamille lisää tilaa, vain 63 % rajamerkeistä on kyseisen RSK-lukuarvon sisällä.

Suoritetun tarkastuksen perusteella hävinneiden rajamerkkien osuus koko maassa on arviolta viidesosa.

Tarkastusmittausten tulokset osaltaan osoittivat, että KR-kartan rajamerkkien tarkkuuden parantamista on syytä jatkaa. Rajamerkkien sijaintitarkkuuden parantamiseksi esitettiin useita konkreettisia toimenpiteitä.

Alkusanat

Kiinteistöjen ja muiden rekisteriyksiköiden rajat ja tunnukset osoittava kiinteistörekisterikartta ja sitä edeltänyt rekisterikartta ovat olleet käytössä jo vuosikymmeniä. Aluksi karttoja pidettiin ajan tasalla paperilla ja sen jälkeen muovipohjilla, joille muutosten teko oli varsin helppoa. Jo 1970-luvun lopulla Maanmittauslaitoksessa tehtiin koetöitä numeerisen rekisterikartan valmistamiseksi. Seuraavan vuosikymmenen puolella aloitettiin 1:5 000 -mittakaavaisen pohjakartan laatiminen kunnittain eri puolilla maata. Etelä- ja Keski-Suomessa ja osassa Pohjois-Suomeakin pohjakarttatuotantoon kuului olennaisena osana suurten muoviristien (signaalien) rakentaminen rajapyykeille. Ylivoimaisen valtaosan tästä suurtyöstä hoitivat maanomistajat. Signaloinnit ja niitä seuranneet ilmakuvaukset onnistuivat yleensä hyvin, ja useimmiten selvästi yli puolelle rajapyykeistä saatiin fotogrammetrisin mittauksin tarkat koordinaatit.

Satelliittipaikannuksen nopea kehitys syrjäytti 2000-luvulle tultaessa vähitellen maanomistaja-signaloinnin, joskin nyt työ oli tehtävä kokonaan Maanmittauslaitoksen omin voimin. Koordinaattien tarkkuus paranee koko ajan myös sen vuoksi, että uusien rajapyykkien lisäksi suurelle määrälle vanhoja pyykkejä mitataan maanmittaustoimituksissa tarkat koordinaatit GPS-laitteiden avulla. Luotettavaa sijaintitietoa sadoille tuhansille rajamerkeille on saatu asemakaavojen pohjakartoituksista. Maanmittauslaitoksen pitkäaikaisena tavoitteena oli, että kaikkialta Suomesta saadaan vähintään puolelle rajapyykeistä tasokoordinaatit, joiden sijaintiepävarmuutta osoittava nk. RSK-luku oli asutuilla seuduilla enintään 0,5 m ja syrjäseuduilla enintään 2,0 metriä. Tavoite saavutettiin suunnitellussa aikataulussa vuonna 2011.

RSK-luvun perusteella saadaan arvio yksittäisen rajapyykin koordinaattien tarkkuudesta. Kattavaa selvitystä ei ole aikaisemmin tehty RSK-lukujen luotettavuudesta. Sinä yhteydessä, kun rajamerkkien sijaintitarkkuuden parantamistavoite saavutettiin vuonna 2011, oli sopiva ajankohta ryhtyä selvittämään RSK-lukujen luotettavuutta. Kesän 2012 maastotöiden tulokset on nyt analysoitu ja ne on koottu tähän raporttiin. Tulokset ovat rohkaisevia: RSK-luvut ovat olleet määritelmänsä mukaiset. Noin 1600 mitatun rajamerkin joukkoon mahtui muutamia karkeita virheitä. Pahimmillaan niistä voidaan olla seurauksena, että digitaalista rekisterikarttaa käyttävä monitoimikoneen kuljettaja kaataa metsää rajan vääraltä puolelta tai että kesämökkiä aletaan rakentaa naapurin puolelle.

Projektiryhmä on tehnyt erinomaista työtä, mistä lausun parhaat kiitokseni. Suurin kiitos lankeaa raskaimman työn tehneille eli maastomittausten tekijöille.

Tuomas Lukkarinen
projektin johtoryhmän puheenjohtaja
Maanmittauslaitos keskushallinto

Sisältö

Tiivistelmä	3
Alkusanat	4
1. Johdanto	6
2. Lähtötilanne	6
2.1 RSK-luku	7
2.2. Kiinteistörekisterin rajamerkkien määrä ja niiden tarkkuus	8
2.3. Tarkastettavien rajamerkkien lukumäärä	10
3. Tarkastettavien alueiden arvonta	11
3.1. Arvonnän kulku	11
3.2. Tulosteet	12
3.3. Arvotut tarkastusalueet toimistoittain	12
4. Maastomittaukset	14
4.1. Mittausmenetelmä	14
4.2. Mittaus maastossa	14
4.3. Maastotietolomake	16
5. Tulosten tilastollinen käsittely	16
5.1. Menetelmät	16
5.2. Tulokset	17
5.2.1. KR-kartan rajamerkkien sijaintitarkkuus	17
5.2.2. KR-kartan rajamerkkien sijaintitarkkuus RSK-lukuluokittain	19
5.2.3. KR-kartan rajamerkkien sijaintitarkkuus ja tarkat RSK-luvut	20
5.2.4. Hävinneet rajamerkit	21
6. Johtopäätökset	22
6.1. Tarkastusmittausten tulokset - päätelmiä	22
6.2. Rajamerkkien sijaintitarkkuuden paraneminen	22
6.3. Jatkotoimenpiteitä KR-kartan sijaintitarkkuuden kehittämiseksi	24
7. Lähdeluettelo	25
8. Liitteet	25
Liite 1. Rajamerkkien määrittäystapaluokitus ja RSK- luvun määräytyminen	25
Liite 2. KR-kartan rajamerkkien sijaintitarkkuus selvitys maanmittaustoimistoittain	27
Liite 3. Maanmittaustoimistojen tarkastusmittausten tulostaulukot	28
Liite 4. Tilastolliset tunnusluvut:	31

1. Johdanto

Maanmittauslaitos (MML) sai vuonna 2011 valmiiksi valtakunnallisen kiinteistörekisterikartan (KR-kartta) perusparannuksen. KR-kartta on osa kiinteistötietojärjestelmää (KTJ), joka on 77 kunnan ja Maanmittauslaitoksen yhteisesti ylläpitämä valtakunnallinen järjestelmä.

Maanmittauslaitoksen ohella kiinteistörekisteriä ja kiinteistörekisterikarttaa ylläpitävät myös suurimmat kunnat asemakaava-alueilla. 2011 valmistunut perusparannus koski Maanmittauslaitoksen vastuulla olevia alueita.

KR-kartan perusparannuksessa kiinteistöjen rajamerkeille määritettiin tarkemmat koordinaatit eri menetelmin sekä selvitettiin rajamerkkien numerot ja laatu (rajamerkin tyyppi) kirjattiin ylös.

KR-kartan rajamerkkien todellista sijaintarkkuutta selvitettiin MML:ssa vuonna 2012 mittaamalla otannalla poimittujen rajamerkkien koordinaatit uudelleen. Todellinen sijaintitarkkuus määritettiin laskemalla uudelleen mitattujen koordinaattien ja kiinteistörekisterikartan aikaisempien koordinaattien erot ja vertaamalla niitä rajamerkeille alkuperäisessä mittauksessa annettuihin RSK-lukuihin.

2. Lähtötilanne

Maanmittauslaitos määrittää mitattavalle rajamerkille aina koordinaatit sekä sijaintitarkkuuden. Sijaintitarkkuus ilmoitetaan pistekeskivirheenä (RSK-lukuna). RSK-luku otettiin käyttöön sijaintitarkkuutta kuvaavana käsitteenä vuonna 1994, jolloin kaikille rekisterissä oleville rajamerkeille annettiin RSK-luku niiden määrittystavan perusteella. KR-kartan edeltäjästä MML:ssa käytettiin nimeä NKRK (numeerinen kiinteistörekisterikartta), jota tuotettiin eri puolilla maata eri menetelmillä. Eri menetelmiin pohjautuvaa määrittystapaluokitusta ja niistä edelleen rajamerkeille annettuja RSK-lukuja on selvitetty liitteessä 1.

MML:n antamassa määräyksessä mittausten tarkkuudesta ja rajamerkeistä kiinteistötoimituksissa todetaan, että rajamerkeillä ja rajapisteillä tulee olla RSK-luku. Määräys koskee myös kiinteistörekisteriä ylläpitäviä kuntia, mutta kaikilla asemakaava-alueiden rajamerkeillä ei ole RSK-lukua.

Suuri osa rajamerkkien koordinaateista on määritetty perusparannuksen yhteydessä mittaamalla ilmakuville näkyville signaloiduille (näkyvöitetyille) rajamerkeille koordinaatit. Vuonna 1979 alkanut rajamerkkien signaloinnin, ilmakuvausten ja kuvamittausten yhteydessä määritettiin noin 3–4 miljoonan rajamerkin koordinaatit. Koordinaatit ja RSK-luku on määritelty mittaamalla yli 50 prosentille rajamerkeistä.

2.1 RSK-luku

Rajamerkin RSK-luku (Rajamerkin Sijainnin pisteKeskivirhe) ilmaisee rajamerkin sijainnin keskivirheen (keskihajonnan, σ). RSK-luku on kaksiulotteinen muuttuja, joka saadaan laskettua pohjois- (N) ja itäkoordinaattien (E) keskivirheistä. RSK-luku lasketaan kaavalla:

$$RSK = \sqrt{i_i^2 + i_m^2 + l_m^2}$$

RSK-lukuun vaikuttavat liitospisteiden identifioinnin tarkkuus (i_i), mahdollinen mitattavan pisteen identifioinnin tarkkuus (i_m) ja tarkkuus (l_m), joka koostuu mittauksen lähtöpisteiden RSK-luvuista ja itse mittauksen tarkkuudesta.

RSK-luku on teoriassa lukuarvo, jonka alle päästään noin 63 %:n todennäköisyydellä toistamalla vastaavanlainen mittaus useita kertoja. Jos joukko rajamerkkejä mitataan uudelleen, noin 37 %:ssa mittauksista voi olla siis keskivirhettä (RSK-lukua) suurempi poikkeama. Keskivirheen (σ , RSK-luku) vaikutus todennäköisyyksiin, joilla päästään samaan mittaukseen toistettaessa vastaavanlaista mittausta, on

$$\begin{aligned} \pm 1,0 \times \text{RSK-luku} &\rightarrow 63\% \\ \pm 2,5 \times \text{RSK-luku} &\rightarrow 95\% \end{aligned}$$

Maanmittaustoimituksessa rajamerkin mittaaminen tapahtuu pääasiassa RTK¹-mittauksena tai takymetrimittauksena. Mittaaja antaa rajamerkille RSK-luvun mittaustilanteessa, joka tallentuu mittaustilanteeseen ja siirretään JAKO-järjestelmällä pidettävään kiinteistörekisteriin.

Rajamerkkien RSK-lukuina on käytännössä käytetty mittaus- ja määrittämenetelmästä riippuen taukukon 1 mukaisia vakiintuneita arvoja. Varovaisuussyistä (liian hyvän sijaintitarkkuuden välttämiseksi) Etelä-Suomessa on suurimpana RSK-lukuna käytetty monesti 4,0 m ja pohjoisessa 8,0 m. RSK-luku ei ole siten aina kuvannut rajamerkin todellista määritettyä sijaintitarkkuutta. Liitteessä 1 on kuvattu tarkemmin rajamerkeille eri määrittämenetelmistä johdetut RSK-luvut.

RSK-luvun arvo	Määrittämenetelmä
< 0,25 m	Maastomittaus (takymetri, RTK-mittaus)
0,25–0,32 m	Ilmakuvamittaus (signaloitu rajamerkki)
0,33–0,49 m	Tiemittausten yhteydessä, muu maastomittaus
0,5–1,0 m	Maastomittaus
1,01–3,99 m	Digitointi, toimituskartat, maastomittaus
≥ 4,0 m	Digitointi, toimituskartat

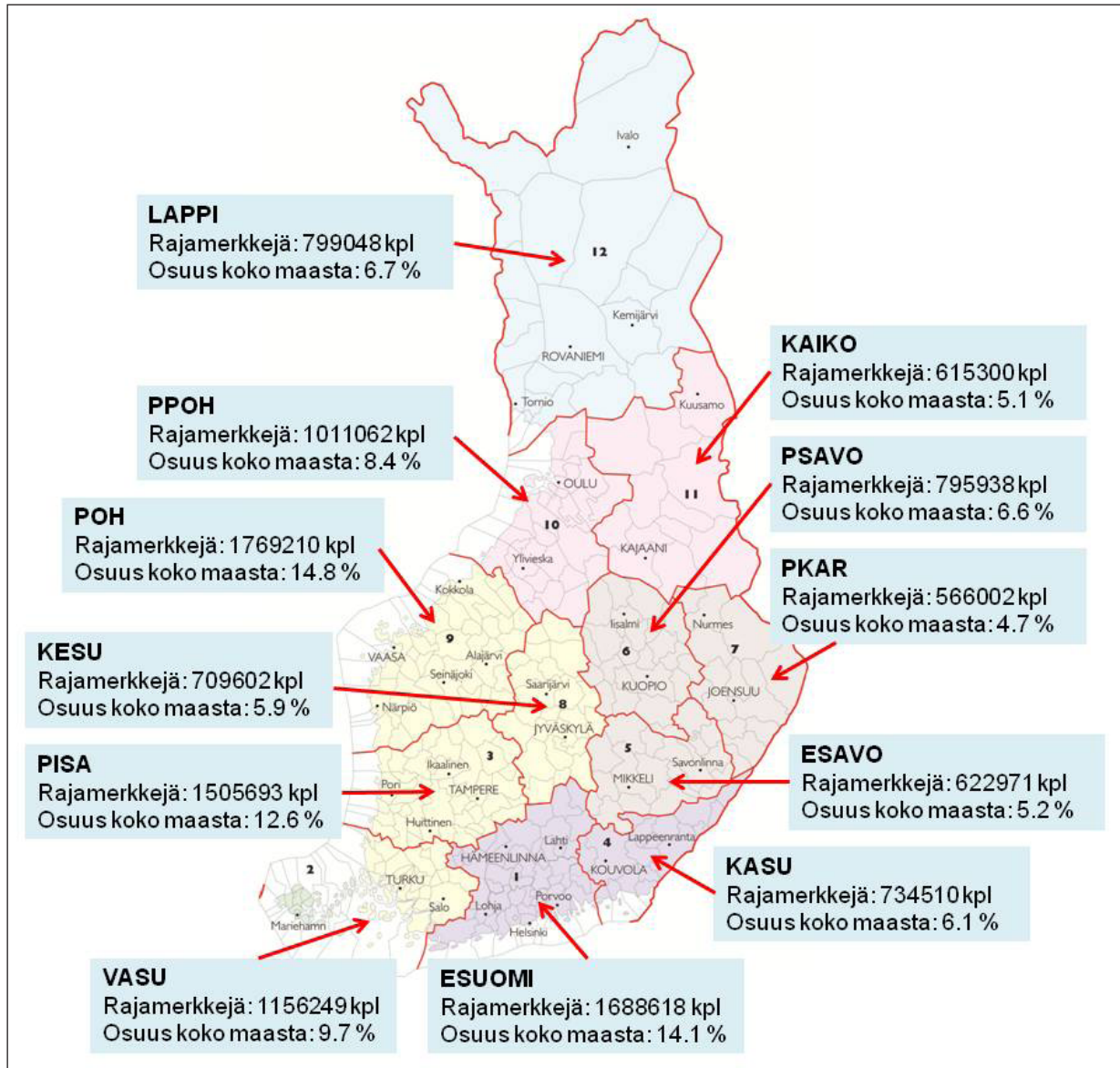
Taulukko 1. RSK-lukujen ja määrittämenetelmien yhteys.

Takymetrillä tehdyissä maastomittauksissa on jouduttu usein antamaan epätarkka RSK-luku, koska mittausta ei ole voitu sitoa tarkkoihin lähtöpisteisiin.

¹ RTK (Real Time Kinematic) on eräs satelliittimittausmenetelmä, jossa käytetään vähintään kahta satelliittivastaanotinta. Toinen vastaanotin on koordinaateiltaan tunnetulla pisteellä ja toisella vastaanottimella kartoitetaan halutut kohteet reaaliajassa. Mittauksen tarkkuus on senttimetriluokkaa (FIX-ratkaisu). RTK:ssa voidaan käyttää joko omaa tukiasemaa tai verkko-RTK menetelmää, jossa käytetään useita tukiasemia. Niiden avulla lasketaan verkkoratkaisu ja edelleen korjaustermit, joilla liikkuvan vastaanottimen paikka voidaan määrittää tehokkaasti ja luotettavasti.

2.2. Kiinteistörekisterin rajamerkkien määrä ja niiden tarkkuus

Rajamerkkien sijaintitarkkuuden selvittämistyön alkuvaiheessa laskettiin rajamerkkien kokonaismäärä sekä valtakunnallisesti että maanmittaustoimistoittain. Rajamerkkejä, joille on annettu RSK-luku, on KTJ:ssä noin 12 miljoonaa kappaletta. Niiden alueellinen jakauma (määrällinen ja prosentuaalinen osuus) on esitetty maanmittaustoimistoittain kuvassa 1.



Kuva 1. Maanmittaustoimistot ja rajamerkkien määrät niiden alueella.

Kuvan maanmittaustoimistot ovat:

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| 1 Etelä-Suomi (ESUOMI) | 7 Pohjois-Karjala (PKAR) |
| 2 Varsinais-Suomi (VASU) | 8 Keski-Suomi (KESU) |
| 3 Pirkanmaa-Satakunta (PISA) | 9 Pohjanmaa (POH) |
| 4 Kaakkois-Suomi (KASU) | 10 Pohjois-Pohjanmaa (PPOH) |
| 5 Etelä-Savo (ESAVO) | 11 Kainuu-Koillismaa (KAIKO) |
| 6 Pohjois-Savo (PSAVO) | 12 Lappi (LAPPI) |

Rajamerkkien kappalemäärät maanmittaustoimistoittain ja RSK-lukuluokkiin jaoteltuina on esitetty taulukossa 2 (syksyn 2011 tilanne).

Rajamerkkien määrät RSK-lukuluokittain (kpl)							
MMT	≤0,5 m	0,51–2,0 m	2,1–4,0 m	4,1–10,0 m	> 10,0 m	Yhteensä	% kaikista
ESUOMI	1 208 582	81 436	391 355	6 216	1 029	1 688 618	14,1
VASU	818 336	52 160	274 516	10 404	833	1 156 249	9,7
PISA	1 008 598	77 170	411 454	7 707	764	1 505 693	12,6
KASU	484 791	45 021	203 706	905	87	734 510	6,1
ESAVO	408 204	33 619	127 315	52 909	924	622 971	5,2
PSAVO	496 312	64 104	228 457	6 215	850	795 938	6,6
PKAR	349 050	58 229	106 584	51 547	592	566 002	4,7
KESU	435 078	33 378	239 093	1 789	264	709 602	5,9
POH	1 154 937	75 726	530 297	7 731	519	1 769 210	14,8
PPOH	594 429	134 748	260 703	20 552	630	1 011 062	8,4
KAIKO	408 223	102 606	48 852	54 796	823	615 300	5,1
LAPPI	351 095	244 422	42 458	158 013	3 060	799 048	6,7
Koko maa	7 717 635	1 002 619	2 864 790	378 784	10 375	11 974 203	100,0

Taulukko 2. RSK-luvullisten rajamerkkien kappalemäärät maanmittaustoimistoissa ja maanmittaustoimiston rajamerkkien osuus koko maan rajamerkeistä (%).

Eri RSK-lukuluokissa olevien rajamerkkien %-osuus MMT:n kaikista rajamerkeistä on esitetty taulukossa 3.

Rajamerkkien määrät RSK-lukuluokittain (%)					
MMT	≤0,5 m	0,51–2,0 m	2,1–4,0 m	4,1–10,0 m	> 10,0 m
ESUOMI	71,57	4,82	23,18	0,37	0,06
VASU	70,78	4,51	23,74	0,90	0,07
PISA	66,99	5,13	27,33	0,51	0,05
KASU	66,00	6,13	27,73	0,12	0,01
ESAVO	65,53	5,40	20,44	8,49	0,15
PSAVO	62,36	8,05	28,70	0,78	0,11
PKAR	61,67	10,29	18,83	9,11	0,10
KESU	61,31	4,70	33,69	0,25	0,04
POH	65,28	4,28	29,97	0,44	0,03
PPOH	58,79	13,33	25,79	2,03	0,06
KAIKO	66,35	16,68	7,94	8,91	0,13
LAPPI	43,94	30,59	5,31	19,78	0,38
Koko maa	63,38	9,49	22,72	4,31	0,10

Taulukko 3. Rajamerkkien %-osuus MMT:n sisällä.

2.3. Tarkastettavien rajamerkkien lukumäärä

Kiinteistörekisterikartan (KR-kartta) sijaintitarkkuus selvitettiin poimimalla otos rajamerkeistä. Rajamerkkien todellisen sijainnin ja sijaintivirheen mittaamiseksi projektisuunnitelman mukaisesti koko maan tasolla, 0,1 metrin tarkkuudella 95 prosentin varmuudella, tarvittava otoskoko määritettiin RSK-luvullisten rajamerkkien tilaston avulla (Taulukko 2).

Kunkin RSK-lukuluokan keskimääräiseksi sijaintivirheeksi asetettiin lukuluokkien luokkakeskukset (alle 0,5 m = 0,25 m; 0,51 – 2,0 m = 1,25 m; 2,1 – 4,0 m = 3 m; 4,1 – 10 m = 7 m ja yli 10 m = 15 m). Näitä luokkakeskuksia ja RSK-luvullisten rajamerkkien lukumääriä hyväksikäyttäen laskettiin RSK-lukujen sijaintivirheen keskiarvon estimaatiksi 1,22 m (μ) ja varianssin estimaatiksi 4,07 m (σ^2).

Tämän jälkeen hyödynnettiin keskeistä raja-arvolauseetta otoskoon määrittämisessä sijoittamalla raja-arvolauseesta johdettuun kaavaan saatu varianssin estimaatti ja projektisuunnitelman mukainen vaatimus otoksesta estimoidun rajamerkkien sijaintitarkkuuden keskiarvon maksimaalisesta poikkeamisesta: korkeintaan 0,1 m (d) 95 prosentin todennäköisyydellä. Laskennassa käytetty kaava oli:

$$n = ((z_{1-\alpha/2} \times \sigma) / d)^2$$

missä

n = mitattavan otoksen koko,

σ = populaation keskihajonnan estimaatti,

d = otoskeskiarvon poikkeama populaation keskiarvosta korkeintaan d yksikköä todennäköisyydellä $1 - \alpha$

$\alpha = 1 - 0,95 = 0,05$

$z_{1-\alpha/2} = 1,96$ (Lähde: Normitetun normaalijakauman tiheysfunktion rajaamien pinta-alojen taulukko)

Laskennan tuloksena saatiin tarkistusmitattavien rajamerkkien määräksi 1565 kpl. Mitattavien rajamerkkien otos päätettiin poimia systemaattisena otantana arvotuille karttalehdille ja ryvästämällä mitattavat rajamerkit karttalehdelle satunnaisesti sijoitetun pisteen ympärille. Koska tämä menettely saattaa heikentää otannan tulosten luotettavuutta, päätettiin lisätä mitattavien rajamerkkien määrää.

Maanmittaustoimistoittain tarkastettavien rajamerkkien määrät eri toimistojen alueella suhteutettiin niiden rajamerkkien prosentuaaliseen osuuteen kaikista KR-kartan rajamerkeistä (Taulukko 2). Toimistoittain mitattavien rajamerkkien määrää kasvatettiin pyöristämällä määriä ylöspäin tasakymmenille. Lopulliseksi otoskooksi tuli 1650 rajamerkkiä.

Vastaavalla tavalla kuin sijaintivirheen keskiarvon ja varianssin estimaatit laskettiin koko maan osalta, edellä mainitut estimaattorit määriteltiin myös maanmittaustoimistoittain. Kun lisäksi toimistoittaiset mitattavien rajamerkkien otoskoot tiedettiin, 95 prosentin todennäköisyyttä vastaavat maksimipoikkeamat voitiin laskea. Tunnuslukujen estimaatit on koottu taulukkoon 4.

Toimisto	Keskiarvo, m	Varianssi, m	Mitattavia rajamerkkien määriä vastaavat suurimmat (m) poikkeamat 95 % todennäköisyydellä.
ESUOMI	0,97	2,52	0,21
VASU	1,02	2,85	0,27
PISA	1,09	2,95	0,24
KASU	1,08	2,72	0,33
ESAVO	1,46	6,46	0,55
PSAVO	1,19	3,37	0,35
PKAR	1,50	6,59	0,59
KESU	1,25	3,35	0,37
POH	1,15	3,09	0,23
PPOH	1,24	3,70	0,33
KAIKO	1,26	5,68	0,52
LAPPI	2,09	11,54	0,65
Koko maa	1,22	4,07	0,10

Taulukko 4. Toimistoittaiset keskiarvon ja varianssin estimaatit sekä suurimmat poikkeamat 95 prosentin varmuudella.

3. Tarkastettavien alueiden arvonta

Rajamerkkien arvonta tehtiin Maanmittauslaitoksen JAKO-ympäristössä erillisellä sovellusohjelmalla. Kunkin toimiston alueelta poimittiin satunnaisesti otoksen mukainen määrä karttalehtiä (6 x 6 km). Karttalehtien arvonnassa käytettiin seuraavia reunaehtoja:

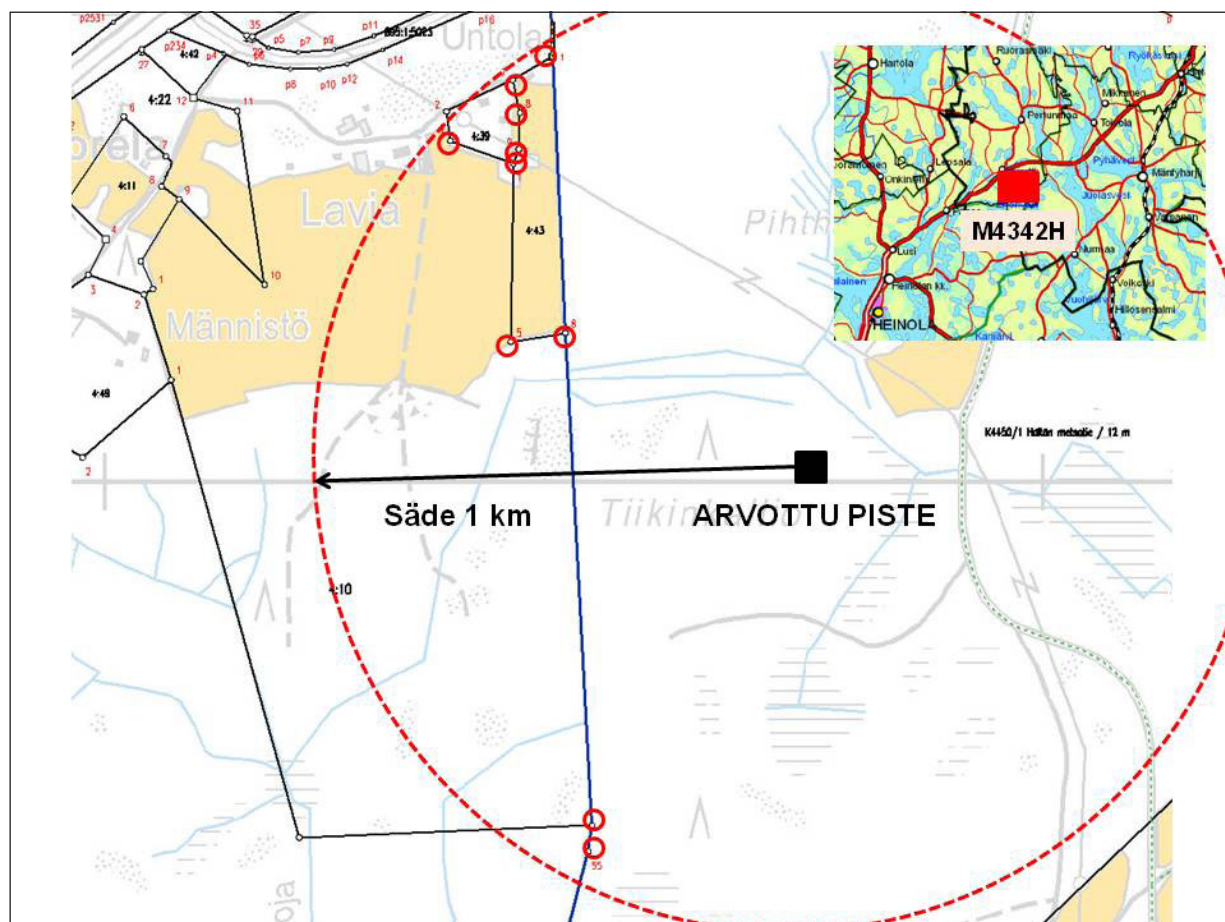
- vierekkäiset karttalehdet rajattiin pois (tarkastusalueet vähintään 12 km etäisyydellä toisistaan), jotta vältettiin ryvästen keskinäinen autokorrelaatio (saman mittaaajan ja mittausmenetelmän vaikutus rajamerkin koordinaatteihin)

- kuntien ylläpitovastuulla olevat asemakaava-alueet rajattiin pois
- tarkastusalueelle tuli olla kulkuyhteys (tie- tai lauttayhteys)
- arvotulta alueelta oli löydettävä riittävästi rajamerkkejä

Lisäksi arvottiin ylimääräisiä karttalehtiä siltä varalta, jos vielä jostain muusta syystä niitä jouduttaisiin hylkäämään.

3.1. Arvonnan kulku

Jokaiselta edelliset ehdot täyttävältä karttalehdeeltä poimittiin satunnaisesti piste, jonka ympäriltä, enintään 1 km säteeltä, poimittiin kaksikymmentä (20) lähintä rajamerkkiä. Näistä kymmenen (10) lähintä kuului varsinaiseen otokseen ja loput olivat siltä varalta, että kaikkia kymmentä ei löydetäisi tai että niitä jouduttaisiin muusta syystä hylkäämään. Rajamerkeistä poimittiin ne, jotka olivat olemassa ja joilla oli RSK-luku. Kuvassa 2 on esitetty arvonnan periaate.



Kuva 2. Tarkastettavien rajamerkkien arvonnan periaate. Punaisella ympyröidyt rajamerkit arvottiin tarkastettaviksi karttalehdeeltä M4342H.

Jos tarkastusalueelta ei arvonnassa löytynyt kahtakymmentä rajamerkkiä, arvottiin uusi tarkastusalue korkeintaan 1000 kertaa. Jos sittenkään ei löytynyt, arvottiin uusi karttalehti, josta arvottiin tarkastusalue jne.

Sekä karttalehtien että tarkastusalueiden arvonta perustui satunnaislukujen generointiin, jossa arvottu satunnaisluku skaalattiin perusjoukkonsa minimi- ja maksimiarvojen välille. Karttalehtien arvonnassa perusjoukon muodostivat karttalehtilistan alkioiden indeksit, joiden suurin arvo oli listan koon mukainen ja pienin arvo oli yksi. Arvottu satunnaisluku saatiin kelvolliseksi indeksiksi pyöristämällä se kokonaisluvuksi. Tarkastusalueen arvonnassa perusjoukkona oli karttalehden N- ja E-koordinaattien minimi- ja maksimiarvot, ts. raja-arvoina olivat nurkkapisteiden koordinaatit.

3.2. Tulosteet

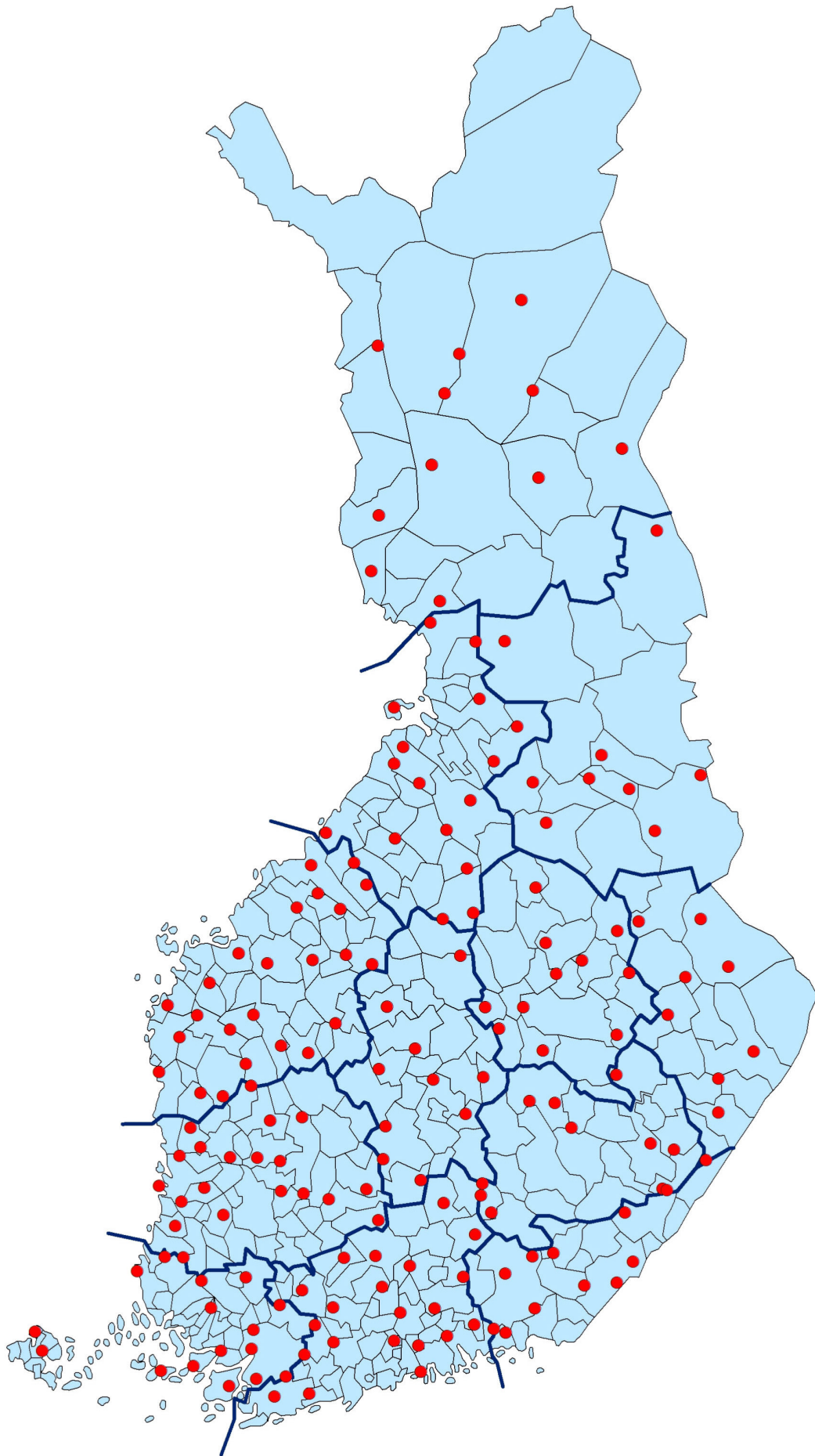
Tarkastusalueista tehtiin tulostiedosto, johon arvotut rajamerkit tulostettiin (tiedostomuoto: MML-ETRS -formaatti). Lisäksi tulostettiin omiin tiedostoihin arvottujen karttalehtien ja tarkastusalueiden nurkkakoordinaatit siten, että ne voitiin lukea JAKO-sovellukseen karttatulosteiden ottamista maastomittauksia varten.

3.3. Arvotut tarkastusalueet toimistoittain

Karttalehtiä ja varalehtiä sekä näiltä arvottuja tarkastusalueita arvottiin kaikkiaan 165 ja 66 kpl. Rajamerkkejä arvottiin siis kaikkiaan 1650 ja varalle lisäksi vielä 660. Jokaisella tarkastusalueella oli varsinaisten otosrajamerkkien (10 kpl) lisäksi varalla vielä toiset 10 rajamerkkiä, jolloin arvottujen rajamerkkien määrä oli kaikkiaan 4620. Näistä varsinaiseen otokseen oli siis arvottu 1650 rajamerkkiä. Kuvan 3 kartassa esitetään mitattujen tarkastusalueiden sijainti.

Toimisto	Tarkastusalueet (kpl)	Vara-alueet (kpl)
ESUOMI	23	9
VASU	16	6
PISA	20	8
KASU	10	4
ESAVO	9	4
PSAVO	11	4
PKAR	8	3
KESU	10	4
POH	24	10
PPOH	14	6
KAIKO	9	4
LAPPI	11	4
Yhteensä	165	66

Taulukko 5. Arvottujen tarkastusalueiden ja vara-alueiden määrät maanmittaustoimistoittain.



Kuva 3. Mitattujen tarkastusalueiden sijainnit.

4. Maastomittaukset

Maastomittaukset toteuttivat MML:n omat, eri maanmittaustoimistoista valitut mittajaat. Mittajaat valittiin eri puolilta maata, jotta mittausalueille ja niiden välillä siirtyminen olisi tehokasta. Lisäksi mittaajien valintaan vaikutti mitattavien alueiden määrä eri puolilla Suomea.

4.1. Mittausmenetelmä

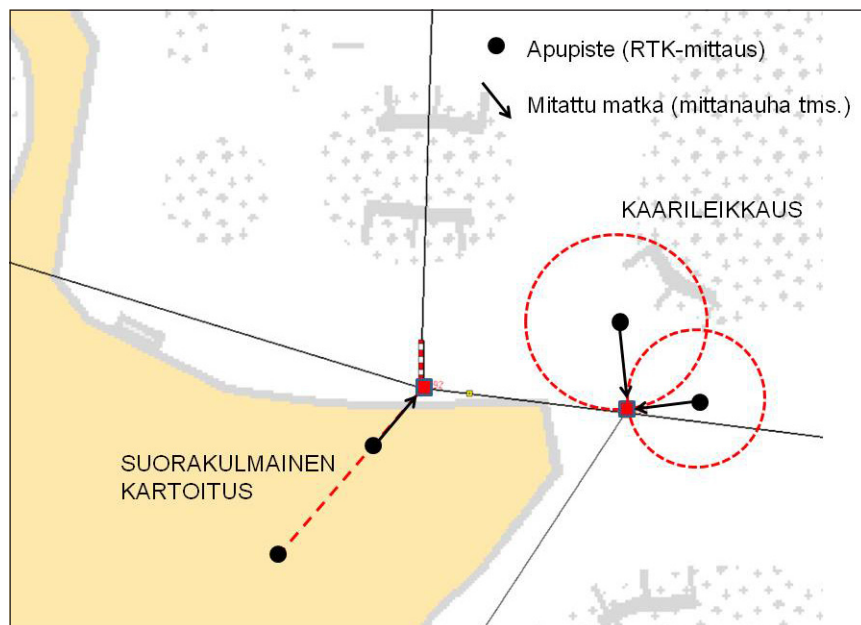
Maastomittaukset tehtiin Maanmittauslaitoksen käytössä olevilla Trimble R8 GNSS -mittauslaitteilla. Mittausmenetelmänä käytettiin verkko-RTK -mittausta, jolla saavutettava tarkkuus on senttimetriluokkaa. Mittauksessa hyödynnettiin Geotrim Oy:n hallinnoimaa VRSNet.fi -palvelua, josta RTK:ssa tarvittavat reaaliaikaiset korjausparametrit määritettiin.

4.2. Mittaus maastossa

Maastomittauksia varten mittajaat siirsivät arvonnassa saadut koordinaattitiedostot mittauslaitteeseen ja tulostivat tarvittavat kartat mukaan maastoon. Mittauslaitteeseen luotiin uusi työ jokaista tarkastettavaa aluetta varten ja siihen tallennettiin uudelleen mitattujen rajamerkkien koordinaatit.

Arvonnassa saadusta rajamerkkilistauksesta pyrittiin mittaamaan 10 ensimmäistä rajamerkkiä (niiden keskinäisellä mittausjärjestyksellä ei ollut väliä). Jos mitattavaksi aiottu rajamerkki todettiin hävinneeksi, niin sen tilalle valittiin lähinnä oleva vararajamerkki.

Verkko-RTK -mittausten tulosten luotettavuuden varmistamiseksi jokaisella mitattavalla rajamerkillä pyrittiin tekemään kolme mittausa, joiden välissä mittausapahtuma aloitettiin aina uudelleen (mittauslaitteen alustus). Lopulliseksi tulokseksi muodostui noiden kolmen mittauksen keskiarvo. Mittausolosuhteiltaan hankalissa paikoissa sallittiin vähemmän havaintoja tai käytettiin epäkeskistä mittausa (kts. Kuva 4.). Mittausapahtumasta raportoitii havaintojen lukumäärä ja epäkeskiseen mittaukseen liittyvät apumitat.



Kuva 4. RTK -mittauksessa käytetyn epäkeskisen mittauksen periaate. Mittauslaitteessa saadaan rajamerkin koordinaatit laskettua kahden mitatun apupisteen ja matkan/matkojen avulla.

Epäkeskisesti tai takymetrimittauksella määritettiin 8.5 % kaikista tarkastetuista rajamerkeistä. Taulukossa 6 esitetään maanmittaustoimistokohtaiset määrät.

Toimisto	Mitatut yhteensä kpl	Epäkeskinen mittaus kpl	Takymetrimittaus kpl	%
ESUOMI	240	36	3	16,3
VASU	163	25	0	15,3
PISA	205	40	0	19,5
KASU	103	2	7	8,7
ESAVO	102	5	9	13,7
PSAVO	116	0	0	0,0
PKAR	96	8	3	11,5
KESU	105	4	0	3,8
POH	245	6	0	2,4
PPOH	166	0	0	0,0
KAIKO	97	0	0	0,0
LAPPI	112	1	0	0,9
Yhteensä	1750	127	22	8,5

Taulukko 6. Epäkeskisesti ja takymetrillä määritettyjen rajamerkkien määrät.

4.3. Maastotietolomake

Mittaja dokumentoi maastossa erilliselle lomakkeelle mittaamiseen ja tulosten analysointiin vaikuttavia tietoja. Kuvassa 5 on esimerkki lomakkeesta. Maastossa tarkastettiin rajamerkin olemassaolon lisäksi sen numero ja laji. Mittauksen osalta dokumentoitiin, saatiinko löydetty rajamerkki mitattua tai pitkö se hylätä esim. peitteisistä maasto-olosuhteista johtuen. Mittaustapahtumasta kirjattiin mm. RTK-mittauksen alustuksien määrä. Jos rajamerkki todettiin hävinneeksi tai se hylättiin, lisätiedot ja selvitykset siitä kirjattiin erilliseen sarakkeeseen (ei esitetty kuvassa 5).

MITTAUS-ALUE (nro): L4444D MMT KASU PÄIVÄ: 26.6
 MITTAAJA: Mortti Mittari Havaintotiedosto/työ (laitteessa): L4444D

RAJAMERKKI						MITTAUS					
	Laskenta-numero	Rajamerkin numero	Olemassa	Hävinnyt	Laji	Mitattu	Alustuksien lkm.	Keskinen	Epäkeskinen	Taky	Hylätty
1	5065	9		X							
2	M5068	18	X		601	X	3	X			
3	M5064	17	X		601	X	3	X			
4	5063	16	X		601	X	3	X			
5	M5066	15	X		605	X	3	X			
6	M5070	7	X		601	X	3	X			
7	M5067	6	X		601	X	3	X			
8	M5061	1	X		601	X	3	X			
9	5062	2		X							
10	M5069	13	X		601	X	3	X			
11	M5071	20	X		602	X	3	X			
12	M5075	19	X		605	X	3	X			
13	5072	-			609						X
14	5076	rp32			609						X
15	5073	5	X		604						X
16	M5074	9			601	X	2	X			
17											
18											
19											
20											

600 = määrittelemätön rajapyykki, 601 = yksikivinen pyykki, 602 = maakivi- tai kalliopyykki, 603 = putkipyykki,

604 = nelikulmainen pyykki, 605 = viisikivinen pyykki, 606 = viisipaaluinen pyykki, 607 = pulttipyykki

Kuva 5. Maastotietolomake

5. Tulosten tilastollinen käsittely

5.1. Menetelmät

Maastomittauksista saadut tulokset tarkastettiin ennen niiden tilastollista käsittelyä. Tässä yhteydessä varmistettiin, että riittävä määrä tarkastusalueita ja rajamerkkejä oli mitattu kunkin maanmittaus-toimiston toimialueelta.

Alustavien tulosten, karkeiden virheiden ja puuttuvien tietojen selvittämiseksi mittaustiedot vietiin taulukkolaskentaohjelmaan (Excel). Varsinaiset tilastolliset analyysit ja tulokset laskettiin SAS-ohjelmalla (Statistical Analysis System). Laskennoissa käytetyt tilastolliset tunnusluvut on esitetty liitteessä 4.

5.2. Tulokset

5.2.1. KR-kartan rajamerkkien sijaintitarkkuus

Tarkastusmittausten perusteella kiinteistörekisterin rajamerkkien sijaintitarkkuus vastaa keskimäärin hyvin niille mittauksen yhteydessä annettua RSK-lukua.

Taulukossa 7 on esitetty tarkastusmittauksesta laskettuja tilastollisia tunnuslukuja ja vertailtu niitä kiinteistörekisterin kaikista rajamerkeistä määritettyihin vastaaviin tunnuslukuihin. Kaikkien rajamerkkien RSK-lukujen keskiarvo on 1,219 m ja tarkastusmitattujen rajamerkkien koordinaattien poikkeama kiinteistörekisterin koordinaateista on keskimäärin 1,165 m. Keskihajonnat olivat vastaavasti 2,018 m ja 2,655 m.

RSK luokka	Poikkeama									KRK (kaikki)	
	Lkm	Minimi	Alakv	Mediaani	Keskiarvo	Yläkv	Maksimi	Keskihaj.	Otos %	KRK %	Ero %
≤ 0,5	1223	0,004	0,078	0,168	0,329	0,329	11,271	0,73	69,9	64,4	5,5
0,51–2,0	128	0,025	0,275	0,59	1,289	1,612	8,608	1,701	7,3	8,4	-1,1
2,1–4,0	349	0,025	1,1	2,275	3,446	4,308	36,856	3,896	19,9	23,9	-4,0
4,1–10,0	49	0,731	1,779	3,003	5,47	6,078	38,195	7,143	2,8	3,2	-0,4
yli 10	1	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061		0,1	0,1	0,0
Kaikki	1750	0,004	0,109	0,267	1,165	0,923	38,195	2,655	100,0	100,0	
KRK:n kaikkien rajamerkkien RSK-luvuista:					Keskiarvo 1,219		Keskihajonta 2,018				

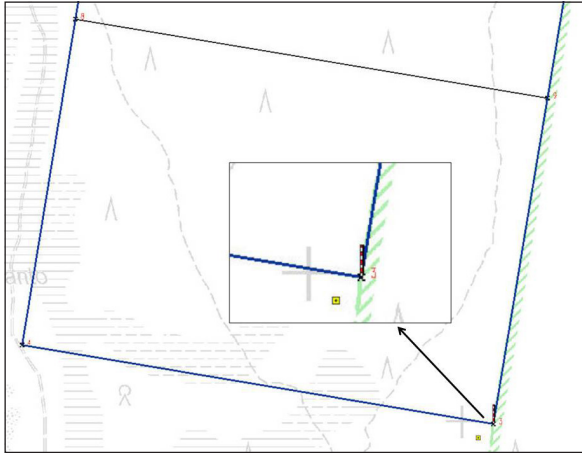
Taulukko 7. KR-kartan rajamerkkien sijaintitarkkuus tarkastusmittausten perusteella.

Taulukosta 7 näkyy, että kunkin RSK-luokan poikkeamien mediaani ja keskiarvo osuvat RSK-luokan sisälle. Lisäksi edellisiä tilastollisia tunnuslukuja sekä ala- ja yläkvartiileja tarkastelemalla voi havaita, että poikkeamien jakaumat ovat oikealle vinoja eli poikkeamat ovat yleensä keskiarvoa pienempiä.

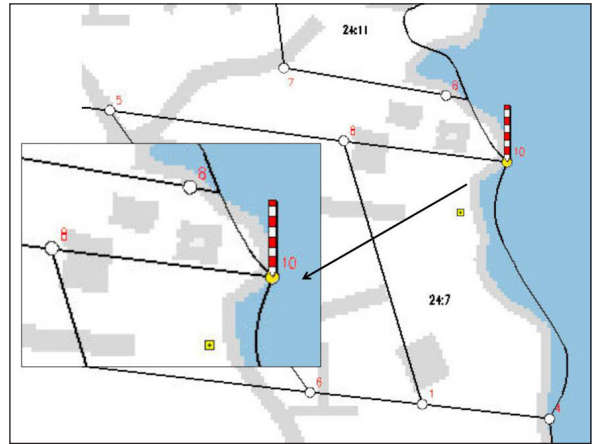
Tarkastusmittaukseen poimittu otos vastasi melko hyvin KR-kartan rajamerkkien jakaumaa (RSK-lukuluokittain) KTJ:ssä. Alle 0,5 m:n luokan osuus oli otoksessa jonkin verran yliedustettuna ja muiden luokkien vastaavasti hieman aliedustettuna (taulukon 7 sarakkeet Otos% ja KRK%). Koko maan osalta, lukuun ottamatta luokkaa ”RSK-luku > 10 m”, tarkastusmittauksella saavutettiin luotettava arvio Kiinteistörekisterin rajamerkkien tarkkuudesta. Kyseiseen luokkaan osui vain yksi tarkastettava rajamerkki ja tarkastustuloksesta päätellen sen tarkkuus (RSK-luku) on todennäköisesti kirjattu väärin (po. 0,1 m).

Rajamerkkien koordinaattien määrittämisestä johtuen yksittäisten rajamerkkien sijaintivirhe saattaa olla erittäin suuri (taulukon 7 sarake Maksimi). Esimerkkejä tarkastusmittauksessa esille tulleista epätarkoista rajamerkeistä on esitetty kuvassa 6. Epätarkkuuteen voi olla syynä esimerkiksi:

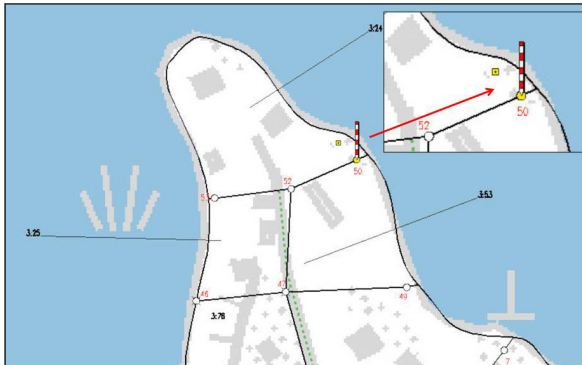
- ilmakehuvausta varten on signaloitu väärä kivi (oletettu rajamerkiksi)
- ilmakehuvasignaali on rakennettu epäkeskisesti
- ilmakehuvasignaali on siirtynyt tai siirretty ennen ilmakehuvausta
- mittauksessa on tehty karkea virhe (esim. tarkastusmittausta ei ole tehty RTK-mittauksessa)
- kuvamittauksessa havaittu kohde ei ole ollut signaali, vaan joku muu vaalea kohta maastossa
- takymetrimittauksista ei ole sidottu tai ei ole voitua sitoja tarkkoihin lähtöpisteisiin (erämaa-alueet)
- manuaalisten 1:10 000 -mittakaavaisten rekisterikarttojen digitoinnin epätarkkuus



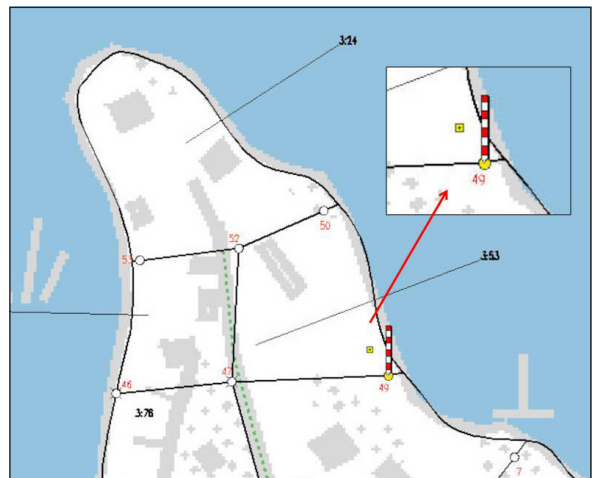
38 m:n virhe, RSK-luku 10 m,
määrittystapa: kiinteistöoimitus



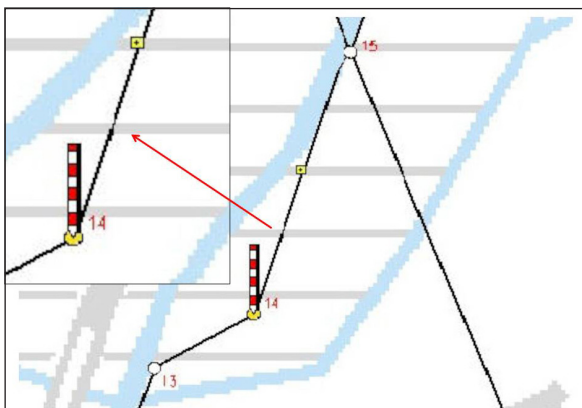
20 m:n virhe, RSK-luku 4 m,
määrittystapa: kuvamittaus



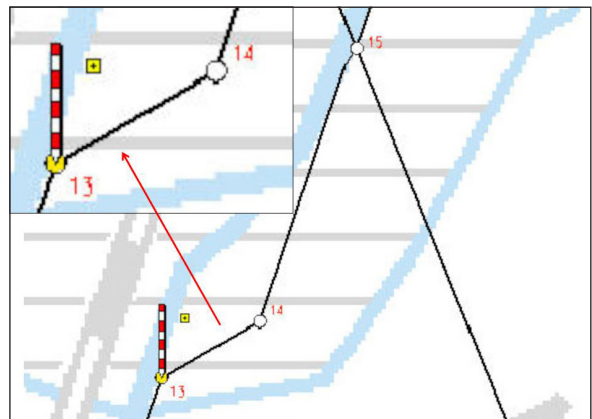
11 m:n virhe, RSK-luku 4 m,
määrittystapa: kuvamittaus



11 m:n virhe, RSK-luku 0,25 m,
määrittystapa: kuvamittaus



37 m:n virhe, RSK-luku 4 m,
määrittystapa: digitointi



15 m:n virhe, RSK-luku 10 m,
määrittystapa: digitointi

Kuva 6. Esimerkkejä sijaintivirheistä eri puolilta Suomea

5.2.2. KR-kartan rajamerkkien sijaintitarkkuus RSK-lukuluokittain

KR-kartan rajamerkkien sijaintitarkkuuden lisäselvittämiseksi RSK-lukuluokittain käytettiin taulukon 1 mukaisia, rajamerkkien koordinaattien määrittystavan mukaan jaoteltuja luokkia. Taulukkoon 8 on koottu ko. luokittain määritetyt tunnusluvut. Verrattaessa poikkeamien keskiarvoja ja yläkvartiilin (25 % poikkeamista suurempia kuin kyseinen luku) arvoja huomataan, että RSK-lukuluokkien 0,25–0,32 ja 0,33–0,49 osalta arvot ylittävät RSK-luokkarajat. Tämä kertoo, että otoksessa on paljon rajamerkkejä, joiden sijaintipoikkeama on suuri ja koordinaattien mittauksessa saattaa olla karkeita virheitä.

RSK-luku	Lkm	Poikkeama (m) Minimi	Alakv	Mediaani	Keskiarvo	Yläkv	Maksimi	Keskiahajonta
< 0,25 m	401	0,004	0,043	0,077	0,17	0,153	2,771	0,306
0,25–0,32 m	651	0,006	0,119	0,207	0,353	0,354	11,271	0,843
0,33–0,49 m	67	0,009	0,145	0,39	0,532	0,578	4,412	0,714
0,5–1,0 m	196	0,025	0,208	0,368	0,86	0,913	6,905	1,191
1,01–3,99 m	48	0,093	0,49	0,809	1,741	2,545	8,608	2,07
≥ 4,0 m	387	0,025	1,294	2,343	3,752	4,568	38,195	4,508
Kaikki	1750	0,004	0,109	0,267	1,165	0,923	38,195	2,655

Taulukko 8. Rajamerkkien sijaintitarkkuus RSK-lukuluokittain.

Tarkasteltaessa sijaintipoikkeamien suuruutta kunkin RSK-lukuluokan sisällä voidaan todeta, että tarkastusmitattujen rajamerkkien perusteella 81,4 %:a merkeistä täytti niiden määrittymenetelmän mukaisen RSK-lukujen luokitustarkkuuden vaatimuksen ($\pm 1 \times \text{RSK}$). Jos jätetään yli 4 m:n luokka huomiioon ottamatta, 76,1 %:a rajamerkeistä täytti edellä mainitun vaatimuksen. Valtakunnan tason tulokset on koottu taulukkoon 9.

RSK-luku luokka	Poikkeaman suuruusluokka (m)						Yhteensä N	Yhteensä % alle RSK-luokan
	< 0,25 Lkm	0,25-0,32 Lkm	0,32-0,49 Lkm	0,50-1,0 Lkm	1,01-3,99 Lkm	≥ 4,0 Lkm		
< 0,25 m	339	21	15	15	11	.	401	84,5
0,25–0,32 m	389	72	111	56	18	5	651	70,9
0,33–0,49 m	22	5	17	17	5	1	67	65,7
0,5–1,0 m	64	22	27	38	39	6	196	77,1
1,01–3,9 m	6	1	6	14	15	6	48	87,6
≥ 4,0 m	13	6	10	47	192	119	387	100,0
Yhteensä	833	127	186	187	280	137	1750	

Taulukko 9. Tarkastusmitattujen rajamerkkien määrät niille alun perin määritetyissä RSK-lukuluokissa (taulukossa vihreiden solujen havainnot täyttävät ehdon $\pm 1 \times \text{RSK}$).

Taulukon 9 perusteella voidaan todeta, että maastomittauksella määritettyjen rajamerkkien RSK-luku on oikein 85 %:lla tarkastetuista rajamerkeistä RSK-lukuluokassa < 0,25 m, 0,25–0,32 m:n luokassa RSK-luku on oikein 71 %:lla ja 0,5–1,0 m:n luokassa 77 %:lla. Muissa luokissa havaintoja oli niin vähän, että lasketut lukuarvot eivät ole tilastollisesti luotettavia. Annettuun RSK-lukuun ei voi siten täysin luottaa, vaan niihin on syytä suhtautua tietyllä varauksella. Harkinnan mukaan rajamerkkien RSK-lukujen oikeellisuus on syytä tarkistaa tarvittaessa esimerkiksi maanmittaustoimituksessa (Toimitusten maastotöiden laatumalli, MML 2011).

5.2.3. KR-kartan rajamerkkien sijaintitarkkuus ja tarkat RSK-luvut

RSK-luvun määritelmässä (ks. Luku 2.1) on todettu, että mitattaessa rajamerkki uudelleen on 63 % uusien mittausten sijaintipoikkeamista (verrattuna rajamerkin ilmoitettuihin koordinaatteihin) alle ilmoitetun RSK-luvun. 95 %:n todennäköisyydellä poikkeamat ovat alle $2,5 \times$ ilmoitettu RSK-luku.

Taulukon 10 mukaisesti keskimäärin noin 32 %:lla tarkastetuista rajamerkeistä sijaintipoikkeama on enemmän kuin rajamerkin RSK-luku. Noin 8 %:lla poikkeama on yli $2,5 \times$ RSK-luku. Poikkeama on kaksinkertainen toimitusten maastotöiden laatumallin sijaintitarkkuuden laatumittariin (AQL -luku 4) nähden. Tässä tarkastelussa on mukana kaikkien tarkastettujen rajamerkkien RSK-luvut määritysmenetelmästä riippumatta.

	Rajamerkkien poikkeamat (%)	
	poikkeama $> 1,0 \times$ RSK-luku	poikkeama $> 2,5 \times$ RSK-luku
ESAVO	20,6	4,9
ESUOMI	34,2	8,8
KAIKO	42,3	11,3
KASU	37,9	8,7
KESU	34,3	8,6
LAPPI	17,0	7,1
PISA	33,7	9,3
PKAR	29,2	6,3
POH	42,4	10,6
PPOH	38,0	7,2
PSAVO	22,4	4,3
VASU	27,0	6,7
Koko maa	31,6	7,8

Taulukko 10. Poikkeamien määrän prosentuaalinen osuus suhteessa rajamerkkien RSK-lukuun (kaikki rajamerkit).

Pelkästään maastomittauksella (oletuksena on tällöin, että RSK-luku on $< 0,25$ m) määritettyjen rajamerkkien RSK-luvuista laskettujen sijaintipoikkeamien prosentuaaliset osuudet ovat vastaavasti 27 %:a ja 9 %:a (taulukko 11).

KESU:n suurta lukua selittää se, että kaikki suuret poikkeamat ovat yhdeltä tarkastusalueelta. Kyseisille kolmelle yli $2,5 \times$ RSK-luvun verran poikkeavalle rajamerkille on annettu RSK-luku 0,20 m ja poikkeamat ovat luokkaa 1,5 m, joten ilmeisesti kyseessä on ollut mittausvirhe rajamerkkien koordinaatteja määritettäessä. Toisaalta KESU:n (7 kpl) ja muutamien muiden toimistojen rajamerkkien tarkastusmittausten määrä jäi niin vähäiseksi, että selvityksen perusteella näiden toimistojen aineistolle ei voida laskea tilastollisesti luotettavasti poikkeamien arvoja. Lisäksi näiden alueiden osalta tilastollisen päättelyn luotettavuutta heikentää ryvästen sisäinen korrelaatio ts. rajamerkit voivat olla peräisin esimerkiksi samasta kiinteistötoimitusmittauksesta.

² AQL -luku (Acceptance Quality Limit) ilmoittaa suurimman virheellisprosentin (tai suurimman virheiden määrän sataa yksikköä kohden). (sallittu virheellisten määrä /100 kpl)

	Määrä kpl	Rajamerkkien poikkeamat (%) poikkeama > 1.0 × RSK-luku	poikkeama > 2.5 × RSK-luku
ESAVO	5	20,0	20,0
ESUOMI	34	26,5	5,9
KAIKO	50	48,0	16,0
KASU	12	25,0	0,0
KESU	7	42,9	42,9
LAPPI	54	5,6	3,7
PISA	59	23,7	8,5
PKAR	22	13,6	4,5
POH	47	40,4	19,1
PPOH	27	33,3	0,0
PSAVO	36	13,9	2,8
VASU	48	29,2	8,3
koko maa	401	26,7	9,0

Taulukko 11. Rajamerkkien lukumäärä ja poikkeamien määrän prosentuaalinen osuus suhteessa rajamerkkien RSK-lukuun (vain rajamerkit, joiden RSK-luku on < 0,25 m).

Prosenttiosuudet pelkästään maastomittauksella määritettyjen rajamerkkien koordinaattien poikkeamista niille annetuista RSK-luvuista ovat samaa suuruusluokkaa kuin kaikkien rajamerkkien osalta. Toimitusten maastotöiden laatumallin sijaintitarkkuuden laatumittariin (AQL 4) suhteutettuna joidenkin MMT:jen lukemat ovat huolestuttavan suuria (KESU 43% 10-kertainen arvo, ESAVO ja POH 5-kertainen arvo). Toisaalta tuloksia tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon, että otoskoot ovat pieniä, joten tämän selvityksen tulokset ovat tältä osin vain suuntaan antavia. Lisäksi rajamerkkien alkuperäinen mittaustapa (RTK-mittaus, takymetrimittaus, muu) ei ole tiedossa, mutta maastomittauksien tekemiseen, menettelytapoihin ja ohjeistukseen on syytä kiinnittää huomiota ja vaatia riittävää osaamista mittaajilta.

Seuraavassa vaiheessa tarkasteltiin tarkemmin edellisen taulukon sisältämiä rajamerkkejä, joiden RSK-luvut olivat:

- 0,1 (101 tarkastusmittausta),
- 0,15 (63 mittausta) ja
- 0,2 (231 mittausta).

Rajamerkeistä, joiden RSK-luvuksi JAKO-järjestelmässä on annettu 0,1, poikkiesi 40,6 %:a tarkastusmitatuista merkeistä enemmän kuin 1 × RSK-luku ja 14,9 %:a havainnoista poikkiesi yli 2,5 × RSK-luvun verran. Jos edellä mainittujen rajamerkkien RSK-luvuksi muutetaan 0,15, paranevat vastaavat prosenttiluvut selvästi (24,8 % ja 8,9 %).

0,15 RSK-luvullisten merkkien vastaavat tunnusluvut olivat 3,2 ja 0 %:a. Sellaisista rajamerkeistä, joiden RSK-luku on 0,2, poikkeamat olivat 26,8 ja 8,2 %:a.

Edellisen perusteella on pääteltävissä, että 0,1 RSK-luvun sisältävät rajamerkit eivät täytä RSK-luvulle asetettuja tarkkuusvaatimuksia.

5.2.4. Hävinneet rajamerkit

Hävinneiden rajamerkkien osuus estimoitiin maanmittaustoimistoittain (ks. liite 2.) laskemalla mitattujen tarkastusalueiden varsinaisten otosrajamerkkien määrästä hävinneiksi luokiteltujen rajamerkkien osuus. Hävinneeksi tulkittiin rajamerkit, jotka eivät löytyneet kohtuullisen maastoetsinnän jälkeen. Tässä tutkimuksessa metsäojituksen todettiin olevan yleisin syy rajamerkkien häviämiseen.

Tarkastelun perusteella koko maassa on keskimäärin hävinnyt 20,9 % rajamerkeistä.

6. Johtopäätökset

6.1. Tarkastusmittausten tulokset - päätelmiä

Kiinteistörekisterikartan rajamerkkien sijaintitarkkuuden määrittämiseksi toteutettu tarkastusmittaus osoittaa, että rajamerkeille annetut RSK-luvut kertovat keskimäärin luotettavasti rajamerkin tarkkuudesta.

RSK-lukuluokat sekä mittaus- ja määrittämenetelmät huomioon ottaen voidaan todeta, että mittamalla määritettyjen rajamerkkien koordinaattien tarkkuus (RSK-luku < 0,25 m) vastasi annettua RSK-lukua 85 %:sti. RSK-lukuluokassa "0,25–0,32 m" RSK-luku on annettu oikein 71 %:lle rajamerkeistä, mutta ko. luokan määrittäytavasta johtuen (kuvamittaus) luokan rajamerkkien koordinaateissa on paljon virheitä. Tämä on todettavissa siitä, että otoksen kyseisen luokan keskiarvo on suurempi kuin luokan sallittu vaihteluväli.

Rajamerkille annettuun RSK-lukuun ei ole siis syytä luottaa täydellisesti. Jo RSK-luvun (keskihajonnan) määrittelymän perusteella RSK-luku kertoo rajamerkin sijaintitarkkuuden noin 63 %:n varmuudella. Myös rajamerkkien koordinaattien erilaisista määrittäytavoista johtuen koordinaateissa ja RSK-luvuissa on hajontaa ja karkeita virheitä.

Tarkastuksen perusteella voidaan arvioida, että koko maassa on noin viidesosa rajamerkeistä hävinnyt.

6.2. Rajamerkkien sijaintitarkkuuden paraneminen

Maanmittaustoimistojen normaalin toiminnan tuloksena rajamerkkien keskimääräinen sijaintitarkkuus paranee jatkuvasti. Rajamerkkien määrän ja niiden RSK-lukujen muutos koko maan osalta syksystä 2011 syksyyn 2012 on esitetty taulukossa 12.

	RSK-lukuluokka				
	≤0,5 m	0,51–2,0 m	2,1–4,0 m	4,1–10,0 m	> 10,0 m
Kpl (2011)	7 717 635	1 002 619	2 864 790	378 784	10 375
Kpl (2012)	8 041 064	989 393	2 801 026	366 342	9 715
erotus (2012-2011)	323 429	-13 226	-63 764	-12 442	-660
muutos%	4,2	-1,3	-2,2	-3,3	-6,4
<hr/>					
% (2011)	64,45	8,37	23,92	3,16	0,09
% (2012)	65,87	8,10	22,95	3,00	0,08

Taulukko 12. Rajamerkkien kokonaismäärän (kpl, %) muutos syksystä 2011 syksyyn 2012 eri RSK-lukuluokissa.

Tarkempien rajamerkkien (RSK-luku ≤0,5 m) määrä lisääntyy jatkuvasti mittausmenetelmästä ja rajamerkeille asetetuista tarkkuusvaatimuksista (MML:n määräys mittausten tarkkuudesta) johtuen. Tarkimpien rajamerkkien määrä on lisääntynyt 4,2 % vuoden sisällä. Vastaavasti muiden RSK-tarkkuusluokkien rajamerkkien määrä on vähentynyt (noin 90 000 kappaleella), kun niiden koordinaatit ja tarkkuus on määritetty uudestaan. Tarkkojen rajamerkkien määrää on lisännyt kuitenkin pääasiassa uusien rajamerkkien rakentaminen (lisäys noin 230 000 kpl.).

Maanmittaustoimistoittain tarkasteltaessa suuntaus on sama kuin koko maan osalta. Tarkempien rajamerkkien määrä lisääntyy epätarkempien kustannuksella. Määrällisesti eniten epätarkimpien (RSK > 4 m) osuus on vähentynyt KAIKO:n alueella. LAPPI:n alueella on kaikkein epätarkimpien (RSK-luku > 10 m) rajamerkkien määrää pystytty pienentämään huomattavasti. PKAR:ssa on epätarkimpien osalta ollut päinvastainen kehitys, niiden määrä on lisääntynyt. Syynä tähän voi olla mahdollinen virhe, kun RSK-lukua on syötetty mittauslaitteeseen mittaustilanteessa. Maanmittaustoimistoittain muutos on ollut taulukon 13 mukainen.

MMT	Muutos RSK-lukuluokittain (kpl, %)									
	≤0,5 m erotus (kpl)	muutos%	0,51–2,0 m Erotus (kpl)	muutos%	2,1–4,0 m Erotus (kpl)	muutos%	4,1–10,0 m Erotus (kpl)	muutos%	> 10,0 m Erotus (kpl)	muutos%
ESUOMI	54656	4,5	-1284	-1,6	-8068	-2,1	-131	-2,1	-21	-2,0
VASU	26815	3,3	-107	-0,2	-5102	-1,9	-1452	-14,0	-18	-2,2
PISA	50845	5,0	-344	-0,4	-9298	-2,3	-229	-3,0	-21	-2,7
KASU	21013	4,3	-387	-0,9	-4348	-2,1	-16	-1,8	-3	-3,4
ESAVO	16538	4,1	-342	-1,0	-3155	-2,5	-868	-1,6	-16	-1,7
PSAVO	12849	2,6	-1172	-1,8	-4683	-2,0	-262	-4,2	-16	-1,9
PKAR	13003	3,7	-806	-1,4	-1991	-1,9	-1017	-2,0	41	6,9
KESU	37733	8,7	-386	-1,2	-6521	-2,7	-58	-3,2	-3	-1,1
POH	34943	3,0	-509	-0,7	-12271	-2,3	-199	-2,6	19	3,7
PPOH	18034	3,0	-1821	-1,4	-8265	-3,2	-921	-4,5	-25	-4,0
KAIKO	16883	4,1	-2465	-2,4	-23	0,0	-7994	-14,6	-63	-7,7
LAPPI	20117	5,7	-3603	-1,5	-39	-0,1	705	0,4	-534	-17,5

Taulukko 13. Rajamerkkien RSK-lukujen muutos vuodessa eri maanmittaustoimistoissa. Määrällinen ja prosentuaalinen muutos kunkin RSK-lukuluokan sisällä.

Maanmittauslaitoksen toimitustuotannon strategia 2015-julkaisussa (2009) on todettu, että rajamerkkien koordinaatit mitataan mittausluokan edellyttämällä tarkkuudella maastossa (tavoittila vuodelle 2020 ja saavuttamisen edellyttämät toimenpiteet vuoteen 2015 mennessä).

Määräyksessä mittauksen tarkkuudesta (2011) on rajamerkiltä vaadittava sijaintitarkkuus ilmoitettu mittausluokittain. MML:n vastuulla olevat alueet kuuluvat pääasiassa mittausluokkiin 3 ja 4, joissa sijaintitarkkuusvaatimukset ovat vastaavasti 0,3 m ja 0,5 m tai parempi. Jos tavoitteena pidetään, että Kiinteistörekisterin rajamerkkien tarkkuus on vähintään 0,5 m, niin nykyisellä muutosvauhdilla (vuosittain noin 90 000 olemassa olevan rajamerkin koordinaatit saadaan määritettyä uudelleen tarkemmin) tavoitteeseen pääseminen kestää yli 45 vuotta. Uudelleen mitattavana olisi noin 4,16 miljoonaa rajamerkkiä, joiden RSK-luku on yli 0,5 m.

6.3. Jatkotoimenpiteitä KR-kartan sijaintitarkkuuden kehittämiseksi

Rajamerkkien koordinaattien tarkkuus ja tarkkuusluvun (RSK-luku) luotettavuus ovat tärkeitä jo yksistään toimitusten toteuttamisen kannalta. Kansalaisten oikeusturvankin kannalta on ensiarvoisen tärkeää, että kiinteistörekisterin rajamerkkien koordinaatteihin ja palstojen pinta-aloihin voidaan luottaa.

Paikkatiedon sijaintitiedon tarkkuus- ja luotettavuusvaatimukset kasvavat koko ajan. Siksi on tärkeää, että KR-kartan rajamerkkien tarkkuuden parantamista koko maassa jatketaan aktiivisesti.

Tarkkuutta voidaan parantaa mm. seuraavin toimenpitein:

- Määritetään kaikkein epätarkimmille rajamerkeille koordinaatit ja RSK-luku uudestaan.
 - ▶ keskitytään pääasiassa rajamerkkeihin, joiden RSK-luku > 4 m.
 - ▶ RSK-lukuluokan 4,0 sijaintitarkkuuden parantaminen suunnitellaan karttalehdittäin.
- Eri puolilla Suomea on alueita, joilla rajamerkkien tarkkuus on huonompi.
 - ▶ MMT:jen jo tiedossa olevat parannusta vaativat alueet.
 - ▶ Sijaintitarkkuuden parannusta vaativien alueiden selvittäminen karttalehtianalyysillä ja RSK-luku -haulla.
- Mittausvirheiden minimointi.
 - ▶ Mittaamisen laatuun on kiinnitettävä huomiota ja mittaajien ammattitaitoa on kehitettävä edelleen.
 - ▶ RSK-luvun määrittäminen ja sen oikeellisuus.
- Ohjeistetaan rajamerkkien perusparannukseen muiden toimitusten yhteydessä mittaamalla ympäristön epätarkkoja rajamerkkejä ja päivittämällä niiden koordinaatit ja tarkkuus.
- Kiinteistöjen yhdistämisissä ja eräissä muissa toimituksissa poistetaan merkityksettömät rajamerkit maastosta ja kiinteistörekisteristä.
- Pyritään saamaan niille rajamerkeille RSK-luku, joilla sitä ei ole tällä hetkellä kiinteistörekisterissä. Kyse on pääasiassa kuntien ylläpitovastuulla olevien alueiden rajamerkeistä.
- Tietoimitusten mittausaineistojen hyödyntäminen kiinteistörekisterikartan perusparantamisessa (Risto Leinosen opinnäytetyö).
 - ▶ Maantiealueiden rajamerkkien (pyykit ja paalut, $RSK > 0,5$) perusparannus mittaamalla tietöimituksen jonopisteet ja tekemällä koordinaatistomuunnos (Helmert).
- Kuntien, joilla on ammattitaitoista henkilöstöä ja kalustoa, mittaamien tietojen aukoton saaminen Maanmittauslaitokselle. KR-kunnille annetaan oikeudet viedä tietoja myös oman KR-pitoalueensa ulkopuolelta rekisterinpitosovelluksella. Rajojen ja niihin sidottujen käyttöoikeusyksiköiden perusparannus tulisi tällöin suorittaa yhteistyönä MML:n kanssa.
- Käyttöoikeuksien sijaintitarkkuuden parantaminen raja-aineiston sijaintitarkkuuden parannuksen yhteydessä.
- Rautateiden sijainti- ja leveys määritetään rajaamistoimituksilla.

7. Lähdeluettelo

Leinonen, Risto, 2008. Tietoimitusten mittausaineistojen hyödyntäminen kiinteistörekisterikartan perusparantamisessa. Opinnäytetyö.

Liedes Matti ja Manninen Pentti. 1974. Otantamenetelmät. Gaudeamus. Helsinki.

Määräys mitausten tarkkuudesta ja rajamerkeistä kiinteistötoimituksissa
Maanmittauslaitos, 2011 (linkki: www.maanmittauslaitos.fi/toiminta/julkaisut/maaraykset)

Maanmittauslaitoksen toimitustuotannon strategia 2015
Maanmittauslaitos, 2009
(linkki: www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/maanmittauslaitoksen_toimitustuotannon_strategia_2015.pdf)

Rajamerkin sijaintitarkkuuden määrittämisestä ja käyttöönotosta Maanmittauslaitoksessa
RYSE-työryhmä, loppuraportti, Maanmittauslaitos, 1993

Ranta Esa, Rita Hannu ja Kouki Jari. 2005. Biometria: Tilastotiedettä ekologeille. Gaudeamus. Helsinki.

8. Liitteet

Liite 1. Rajamerkkien määrittäminen ja RSK-luvun määrittäminen

RYSE -työryhmän loppuraportissa on dokumentoitu rajamerkin sijaintitarkkuuden määrittäminen ja käyttöönottoa Maanmittauslaitoksessa numeerisen kiinteistörekisterikartan alkuvaiheiden osalta. Määrittämisestä riippuvan määrittämisluokituksen perusteella rajamerkeille määritettiin RSK-luvut, jotka esitetään seuraavissa taulukoissa. Laajemmin asiaa on selvitetty työryhmän raportissa.

Määrittämisluokka	Pohjakartan 1:5000 tuotantoprosessiin perustuvat alueet	määritetty RSK-luku (m)
	Kuvaus	
0	Määrittelemätön	4
1	Fotogrammetrisesti mitattu signaloitu rajamerkki	0,25
2	Maastossa geodeettisesti mitattu rajamerkki (kiintopisteet lähtöpisteinä)	0,2
3	Maastossa geodeettisesti mitattu rajamerkki (määrittämisluokituksen 1 tai 2 rajamerkit lähtöpisteinä) Fotogrammetrisesti mitattujen signaloitujen pisteiden avulla muunnetut.	1
4	Ei käytössä	-
5	Maastossa ortokuvulle 1:5000 tulkittu rajamerkki, jolla digitoidut koordinaatit.	4
6	Rajamerkki, joka on sidottu maastomittauksin sivepisteisiin (esim. maastossa oleva ilmakuvalle näkyvä kohde). Kuvamittaus koordinaatigrafilla.	4
7	Rajamerkki, joka on sidottu maastomittauksin sivepisteisiin (esim. maastossa oleva ilmakuvalle näkyvä kohde). Kuvamittaus stereokojeella.	1
8	Rajamerkin koordinaatit laskettu 1:5000 pohjakarttuotannon rajamitoista.	4
9	Rajamerkki on sijoitettu (kuvatulkinta, toimituskartat) ortokuvulle ja digitoitu siitä. rajamerkin koordinaatit saatu asiakirjoista, koordinaattijärjestelmä mahdollisesti muu.	4

Määrittystapakoodi	Peruskartan 1:10000 tuotantoprosessiin perustuvat alueet Kuvaus	määritetty RSK-luku (m)
0	Määrittelemätön	8
1	Fotogrammetrisesti mitattu signaloitu rajamerkki	0,5
2	Maastossa geodeettisesti mitattu rajamerkki (kiintopisteet lähtöpisteinä)	0,2
3	Maastossa geodeettisesti mitattu rajamerkki (määrittystapakoodin 1 tai 2 rajamerkit lähtöpisteinä)	1
4	Stereokartoituskojeella mitattu piste tai määrittystavan 1 mukaiseksi oletettu signaloimaton piste.	8
5	Määrittystavoilla 1 ja 4 saatujen rajalinjapisteiden laskennallinen leikkauspiste.	8
6	Rajamitoilla laskettu piste lähtöpisteinä määrittystavan 1 pisteet.	8
7	Analogisella stereokartoituskojeella graafisesti kartoitettu ja digitointipöydällä numeeristettu piste.	8
8	Koordinaattimuunnoksella laskettu rajamerkki.	8
9	Vanhasta kartasta digitoitu ja maastossa tarkistettu rajamerkki.	8

Määrittystapakoodi	Kaavojen pohjakarttojen 1:500 – 1:2000 alueet Kuvaus	määritetty RSK-luku (m)
0	Määrittelemätön	4
2	Maastossa geodeettisesti mitattu rajamerkki (kiintopisteet lähtöpisteinä) Pohjakartoituksessa fotogrammetrisesti mitattu signaloitu rajamerkki.	0,2
9	Pohjakartan 1:500 - 1:2000 graafiselta rajaelementiltä digitointipöydällä numeeristettu piste.	4

Liite 2. KR-kartan rajamerkkien sijaintitarkkuus selvitys maanmittaustoimistoittain

Taulukossa 14 on esitetty maanmittaustoimistoittain otoksen perusteella lasketut sijaintivirheiden keskiarvot, keskihajonnat ja MMT:n kaikkien rajamerkkien RSK-luvuista lasketut vastaavat arvot. Maanmittaustoimiston otoksen keskimääräinen sijaintivirhe vastaa pääosin hyvin kaikkien rajamerkkien RSK-lukujen keskiarvoa. Otoksen keskihajonnat ovat pääsääntöisesti suurempia, koska niihin vaikuttavat tarkastusmittauksissa todetut todelliset sijaintipoikkeamat, jotka hajoavat laajemmalle alalle kuin RSK-luvuista lasketut luokitelliset poikkeamat.

Tilastollisten tunnuslukujen suhteen MMT:sta eniten poikkeavat KAIKO, PKAR ja LAPPI. KAIKOn osalta voidaan todeta, että testimittaukseen poimittu otos ei kuvannut rajamerkkien todellista jakaumaa MMT:n sisällä. RSK-lukuluokan " $\leq 0,5$ m" rajamerkkejä on otoksessa liikaa verrattuna MMT:n rajamerkkien jakaumaan (otos: 89,7% / MMT: 66,3%). Tämä poikkeama johtuu osin pienestä otoskoosta aiheutuvasta satunnaisuudesta ja osin siitä, että alkuperäisten rajamerkkien sijasta jouduttiin mittaamaan varamerkkejä.

MMT	Otos			MMT:n kaikki rajamerkit	
	lkm	Keskiarvo	Keskihajonta	Keskiarvo	Keskihajonta
ESUOMI	240	1,043	2,360	0,969	1,589
VASU	163	1,138	2,237	1,019	1,690
PISA	205	1,256	2,785	1,095	1,716
KASU	103	0,957	1,344	1,084	1,649
ESAVO	102	1,188	1,981	1,461	2,542
PSAVO	116	0,892	2,289	1,188	1,836
PKAR	96	1,988	4,777	1,501	2,567
KESU	105	1,160	2,175	1,246	1,831
POH	245	1,122	1,978	1,151	1,757
PPOH	166	1,276	2,533	1,239	1,924
KAIKO	97	0,428	0,829	1,256	2,384
LAPPI	112	1,612	4,769	2,093	3,396

Taulukko 14. Maanmittaustoimistojen tunnusluvut laskettuna otoksen ja KR-kartan kaikkien rajamerkkien perusteella.

Maanmittaustoimistojen tarkemmat tunnusluvut löytyvät liitteen 3 taulukoista.

Hävinneiden rajamerkkien osuus (Taulukko 15) estimoitiin maanmittaustoimistoittain.

Toimistokohtaisia tuloksia tarkasteltaessa on syytä ottaa huomioon rajamerkkimäärältään pienemmistä toimistoista poimittu pieni otoskoko. Tällöin on todennäköisempää päätyä sellaiseen otokseen, jossa hävinneiden rajamerkkien määrä on niiden todellista määrää suurempi tai pienempi.

Toimisto	Hävinneet rajamerkit (kpl)	Otoksen rajamerkit (kpl)	"Hävinneiden rajamerkkien osuus (%)"
ESUOMI	23	220	10,5 %
VASU	42	160	26,3 %
PISA	40	200	20,0 %
KASU	18	100	18,0 %
ESAVO	26	100	26,0 %
PSAVO	43	110	39,1 %
PKAR	15	90	16,7 %
KESU	27	100	27,0 %
POH	60	240	25,0 %
PPOH	30	150	20,0 %
KAIKO	10	90	11,1 %
LAPPI	15	110	13,6 %
Koko maa	349	1670	20,9 %

Taulukko 15. Hävinneeksi luokiteltujen rajamerkkien osuus maanmittaustoimistoittain ja yhteensä.

Liite 3. Maanmittaustoimistojen tarkastusmittausten tulostaulukot

Taulukoiden sarakeotsikoiden selityksiä:

Min = Pienin poikkeaman arvo

Q1 = Alakvartiilin arvo

Median = Mediaani

Mean = Keskiarvo

Q3 = Yläkvartiilin arvo

Max = Suurin poikkeaman arvo

Std = Keskihajonta

Otos % = RSK-lukuluokan osuus otoksessa

RSK % = RSK-lukuluokan osuus koko MMT:ssa

Otoksen tunnusluvut on laskettu taulukoihin RSK-lukuluokittain sekä koko otoksesta.

ESUOMI

RSK luokka	Lkm	Min	Q1	Median	Poikkeama				Std	Otos %	RSK%
					Mean	Q3	Max				
≤0.5	176	0,013	0,083	0,177	0,399	0,375	11,271	1,007	73,3	71,6 %	
0,51–2,0	11	0,093	0,144	0,258	0,8	0,342	4,83	1,441	4,6	4,8 %	
2,1–4,0	50	0,025	0,883	1,638	3,117	3,46	16,996	3,967	20,8	23,2 %	
4,1–10,0	3	1,653	1,653	6,078	5,205	7,884	7,884	3,206	1,3	0,4 %	
yli 10	0								0,0	0,0 %	
All	240	0,013	0,108	0,277	1,043	0,658	16,996	2,36	100,0	100,0 %	

ESUOMI:n kaikkien rajamerkkien RSK-luvuista:

Mean 0,969

Std 1,589

VASU

RSK luokka	Lkm	Min	Q1	Median	Poikkeama				Std	Otos %	RSK%
					Mean	Q3	Max				
≤0.5	114	0,009	0,076	0,148	0,249	0,246	2,771	0,413	69,9	70,8 %	
0,51–2,0	3	1,019	1,019	3,622	4,233	8,06	8,06	3,56	1,8	4,5 %	
2,1–4,0	44	0,169	1,411	2,276	3,196	3,924	16,774	3,26	27,0	23,7 %	
4,1–10,0	2	0,745	0,745	1,93	1,93	3,114	3,114	1,675	1,2	0,9 %	
yli 10	0								0,0	0,0 %	
All	163	0,009	0,1	0,24	1,138	1,146	16,774	2,237	100,0	100,0 %	

VASU:n kaikkien rajamerkkien RSK-luvuista:

Mean 1,019

Std 1,690

PISA

RSK luokka	Lkm	Min	Q1	Median	Poikkeama				Std	Otos %	RSK%
					Mean	Q3	Max				
≤0.5	151	0,005	0,073	0,146	0,316	0,283	11,158	0,937	73,7	67,0 %	
0,51–2,0	8	0,273	0,403	0,828	1,194	1,845	3,123	0,996	3,9	5,1 %	
2,1–4,0	45	0,3	1,31	2,975	4,247	5,244	20,224	4,378	22,0	27,3 %	
4,1–10,0	1	9,246	9,246	9,246	9,246	9,246	9,246		0,5	0,5 %	
yli 10	0								0,0	0,0 %	
All	205	0,005	0,103	0,244	1,256	0,781	20,224	2,785	100,0	100,0 %	

PISA:n kaikkien rajamerkkien RSK-luvuista:

Mean 1,095

Std 1,716

KASU

RSK luokka	Lkm	Min	Q1	Median	Poikkeama				Std	Otos %	RSK%
					Mean	Q3	Max				
≤0.5	75	0,011	0,097	0,24	0,457	0,5	3,252	0,654	72,8	66,0 %	
0,51-2,0	3	0,216	0,216	0,399	1,515	3,929	3,929	2,093	2,9	6,1 %	
2,1-4,0	25	0,487	1,183	1,863	2,389	3,04	7,036	1,742	24,3	27,7 %	
4,1-10,0	0								0,0	0,1 %	
yli 10	0								0,0	0,0 %	
All	103	0,011	0,137	0,397	0,957	1,162	7,036	1,344	100,0	100,0 %	

KASU:n kaikkien rajamerkkien RSK-luvuista:

Mean 1,084

Std 1,649

ESAVO

RSK luokka	Lkm	Min	Q1	Median	Poikkeama				Std	Otos %	RSK%
					Mean	Q3	Max				
≤0.5	66	0,016	0,085	0,154	0,442	0,305	10,747	1,384	64,7	65,5 %	
0,51-2,0	5	0,033	0,224	0,254	0,619	1,068	1,515	0,64	4,9	5,4 %	
2,1-4,0	22	0,132	0,797	2,921	2,681	4,313	7,124	2,108	21,6	20,4 %	
4,1-10,0	9	0,731	1,422	2,64	3,329	4,501	7,833	2,462	8,8	8,5 %	
yli 10	0								0,0	0,2 %	
All	102	0,016	0,112	0,268	1,188	1,327	10,747	1,981	100,0	100,0 %	

ESAVO:n kaikkien rajamerkkien RSK-luvuista:

Mean 1,461

Std 2,542

PSAVO

RSK luokka	Lkm	Min	Q1	Median	Poikkeama				Std	Otos %	RSK%
					Mean	Q3	Max				
≤0.5	81	0,015	0,077	0,136	0,206	0,233	1,326	0,21	69,8	62,4 %	
0,51-2,0	14	0,034	0,235	0,545	0,914	1,145	4,875	1,277	12,1	8,0 %	
2,1-4,0	20	0,624	1,738	2,629	3,701	3,872	21,486	4,48	17,2	28,7 %	
4,1-10,0	0								0,0	0,8 %	
yli 10	1	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061		0,9	0,1 %	
All	116	0,015	0,101	0,193	0,892	0,609	21,486	2,289	100,0	100,0 %	

PSAVO:n kaikkien rajamerkkien RSK-luvuista:

Mean 1,188

Std 1,836

PKAR

RSK luokka	Lkm	Min	Q1	Median	Poikkeama				Std	Otos %	RSK%
					Mean	Q3	Max				
≤0.5	59	0,006	0,062	0,139	0,388	0,298	3,753	0,762	61,5	61,7 %	
0,51-2,0	10	0,511	0,672	1,197	1,289	1,741	2,553	0,707	10,4	10,3 %	
2,1-4,0	12	0,095	1,472	3,568	6,386	7,353	36,856	9,968	12,5	18,8 %	
4,1-10,0	15	1,069	1,779	2,906	5,229	5,9	22,225	5,921	15,6	9,1 %	
yli 10	0								0,0	0,1 %	
All	96	0,006	0,113	0,429	1,988	1,996	36,856	4,777	100,0	100,0 %	

PKAR:n kaikkien rajamerkkien RSK-luvuista:

Mean 1,501

Std 2,567

KESU

RSK luokka	Lkm	Min	Q1	Median	Poikkeama				Std	Otos %	RSK%
					Mean	Q3	Max				
≤0.5	72	0,012	0,117	0,227	0,391	0,407	5,203	0,668	68,6	61,3 %	
0,51-2,0	4	0,557	0,593	0,63	0,628	0,663	0,694	0,056	3,8	4,7 %	
2,1-4,0	29	0,181	1,383	2,225	3,142	3,288	16,408	3,287	27,6	33,7 %	
4,1-10,0	0								0,0	0,3 %	
yli 10	0								0,0	0,0 %	
All	105	0,012	0,168	0,329	1,16	1,383	16,408	2,175	100,0	100,0 %	

KESU:n kaikkien rajamerkkien RSK-luvuista:

Mean 1,246

Std 1,831

POH

RSK luokka	Lkm	Min	Q1	Median	Poikkeama				Std	Otos %	RSK%
					Mean	Q3	Max				
≤0.5	177	0,011	0,101	0,211	0,351	0,366	3,554	0,514	72,2	65,3 %	
0,51-2,0	12	0,202	0,387	0,807	1,122	1,994	2,738	0,884	4,9	4,3 %	
2,1-4,0	55	0,033	0,962	2,681	3,537	5,389	13,49	2,924	22,4	30,0 %	
4,1-10,0	1	4,64	4,64	4,64	4,64	4,64	4,64		0,4	0,4 %	
yli 10	0								0,0	0,0 %	
All	245	0,011	0,135	0,292	1,122	0,924	13,49	1,978	100,0	100,0 %	

POH:n kaikkien rajamerkkien RSK-luvuista:

Mean 1,151

Std 1,757

PPOH

RSK luokka	Lkm	Min	Q1	Median	Poikkeama				Std	Otos %	RSK%
					Mean	Q3	Max				
≤0.5	106	0,016	0,1	0,225	0,306	0,37	4,081	0,432	63,9	58,8 %	
0,51-2,0	20	0,173	0,373	0,55	1,742	1,69	8,608	2,498	12,0	13,3 %	
2,1-4,0	40	0,179	0,848	2,08	3,614	4,346	15,825	3,916	24,1	25,8 %	
4,1-10,0	0								0,0	2,0 %	
yli 10	0								0,0	0,1 %	
All	166	0,016	0,17	0,35	1,276	0,867	15,825	2,533	100,0	100,0 %	

PPOH:n kaikkien rajamerkkien RSK-luvuista:

Mean 1,239

Std 1,924

KAIKO

RSK luokka	Lkm	Min	Q1	Median	Poikkeama				Std	Otos %	RSK%
					Mean	Q3	Max				
≤0.5	87	0,021	0,102	0,208	0,307	0,356	4,412	0,5	89,7	66,3 %	
0,51-2,0	9	0,114	0,396	0,508	1,392	1,069	6,236	1,985	9,3	16,7 %	
2,1-4,0	0								0,0	7,9 %	
4,1-10,0	1	2,236	2,236	2,236	2,236	2,236	2,236		1,0	8,9 %	
yli 10	0								0,0	0,1 %	
All	97	0,021	0,106	0,243	0,428	0,396	6,236	0,829	100,0	100,0 %	

KAIKO:n kaikkien rajamerkkien RSK-luvuista:

Mean 1,256

Std 2,384

LAPPI

RSK luokka	Lkm	Min	Q1	Median	Poikkeama				Std	Otos %	RSK%
					Mean	Q3	Max				
≤0.5	59	0,004	0,033	0,047	0,065	0,085	0,34	0,061	52,7	43,9 %	
0,51-2,0	29	0,025	0,188	0,562	1,286	1,348	6,541	1,695	25,9	30,6 %	
2,1-4,0	7	0,22	0,695	2,537	2,203	2,765	4,308	1,37	6,3	5,3 %	
4,1-10,0	17	1,281	2,334	3,003	7,296	6,328	38,195	10,419	15,2	19,8 %	
yli 10	0								0,0	0,4 %	
All	112	0,004	0,045	0,126	1,612	1,339	38,195	4,769	100,0	100,0 %	

LAPPI:n kaikkien rajamerkkien RSK-luvuista:

Mean 2,093

Std 3,396

Liite 4. Tilastolliset tunnusluvut:

Mediaani ja kvartiilit:

- Ne jakavat aineiston neljään osaan. Kvartiilit ovat suuruusjärjestyksessä alakvartiili Q1, Mediaani Md (tai Q2) ja yläkvartiili Q3.
- Alakvartiilia pienempiä havaintoja saa olla korkeintaan neljäsosa kaikista havainnoista ja suurempia korkeintaan kolme neljäsosaa.
- Mediaania pienempiä havaintoja on korkeintaan puolet kaikista havainnoista ja suurempia korkeintaan puolet.
- Yläkvartiilia pienempiä havaintoja on korkeintaan kolme neljäsosa kaikista havainnoista ja suurempia korkeintaan yksi neljäsosa.

Keskiarvo:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Populaation varianssi:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{N}$$

Otoksen varianssi:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Jossa

 x_i = muuttujan X arvo populaatioyksiköllä n_i n = otoksen koko μ = muuttujan X keskiarvo koko populaatiossa N = populaation koko