

Eetu Sorvali

Ennustava mallinnus inventoinnin apuvälineenä

Prognostiserad modellering som ett hjälpmedel vid fältinventering

I artikeln presenteras ett enkelt sätt att skapa prognostiserade modeller för arkeologiska fältinventeringar. Som exempel används modeller gjorda utgående från stenåldersboplatser i Asikkala, Padasjoki och Sysmä. Modelleringsarbetet består av insamling av materialet, urval av variabler, nyklassificering och prioritering av rastermaterialet, samt slutligen en sammanställning. De material och program som behövs för modelleringen finns nuförtiden lätt till hands. Brist på utgångsmaterial kan dock försvåra framställningen av modeller då det gäller vissa fornlämnings typer. Samtidigt som modellerna skapas får man också samlat information som kan användas till exempel inom bosättningsforskning. Dessutom kan modellerna bidra till att öka forskningens öppenhet.

Johdanto

Ennustavassa mallinnuksessa olemassa olevaa tietoa käytetään tapahtumien ja kehityssuuntien ennustamiseen (Warren 1990: 91; Warren & Asch 2000: 7). Arkeologiassa ennustava mallinnus tarkoittaa asuinpaikoilta tai muilta kohteilta kerätyn tiedon yleistämistä ja soveltamista ennen tutkimattomalle alueelle. Mallinnuksen lähtökohtana on useimmiten luonnonympäristö, josta on suhteellisen helppoa saada tilastoitua mittaustietoa. Tämän vuoksi ennustavia malleja on arvosteltu liiallisesta ympäristödeterminismistä (ks. Gaffney & van Leusen 1995). Malleihin voidaan kuitenkin sisällyttää kulttuurisia elementtejä, esimerkiksi nimistötutkimusta (Perttola 2005). Toinen kritiikki, joka ennustaviin malleihin liittyy, on että mallien avulla ei havaita uudenlaisia tai epätavallisissa paikoissa sijaitsevia kohteita. Tämä näkemys on perusteltu, joskin mallien avulla voidaan silti nostaa esille myös ne alueet, joilta ei muinaisjäännöksiä oleteta löytyvän.

Tässä artikkelissa tarkoituksenani on esitellä ennustavan mallin tekemiseen mahdollisimman yksinkertainen menetelmä, mikä edesauttaisi sitä, että malleja todella käytettäisiin inventointien yhteydessä. Artikkelini perustuu pro gradu -työhöni, jossa on tehty kivikautisia asuinpaikkoja ennustavia malleja Etelä-Päijänteen, tarkemmin Asikkalan, Padasjoen ja Sysmän sekä testialueena toimineen Heinolan, alueelle (Sorvali 2013). Työ on myös myöhemmin julkaistu *Lahden kaupunginmuseon tutkimuksia* -sarjassa (Sorvali 2016).

Ennustava mallinnus arkeologiassa

Suomessa on tehty ennustavaan mallinnukseen perustuvia inventointeja ja muutakin tutkimusta varsin kauan. Rannansiirtymiskronologian avulla on etsitty uusia kivikauden kohteita jo vuosikymmenien ajan, minkä lisäksi Suomessa on tehty useita maankäyttö-

ja asutusmalleja (esim. Sartes 1991; Kirkinen 1994; 1995; 1996; Mikkola 1996; Kylli 2000; Mökkönen 2000; Aartolahti 2007). Asutus- ja maankäyttömallit eivät siis pyri suoraan ennustamaan uusien kohteiden sijaintia, vaan niiden avulla on tarkoitus tutkia esihistoriallisen asutuksen ja ympäristön tarjoamien resurssien suhdetta. Joidenkin asutusmallien tuloksia on kuitenkin esitetty ennustaville malleille vastaavissa muodoissa (esim. Kirkinen 1995: 69, Fig. 4; 1996: 45, Fig. 8). Toisaalta ennustavien mallien rakentaminen tuottaa tietoa kohteiden suhteesta ympäristöön, mitä voidaan hyödyntää asutus- ja maankäyttömalleissa.

Suoranaisia ennustavia malleja on Suomen arkeologiassa tehty vain muutamia, vaikka niiden hyödyllisyys inventoinnin apuna on ollut tiedossa (Kirkinen 2000). Myös ennustavissa malleissa tarvittavaa dataa on kerätty, vaikka sitä malliksi asti ei aina olekaan muokattu, vaan tietoja on käytetty esimerkiksi esihistoriallisten kohteiden maantieteellisten ominaisuuksien tarkasteluun (esim. Vikkula 1995; Wilhelms 1995). Muinaisjäännöshallinnon tarpeisiin ei meillä ole ennustavia malleja tehty, mutta ne ovat tärkeässä osassa esimerkiksi Yhdysvalloissa ja Kanadassa (Kohler & Parker 1986: 398; Kirkinen 2008: 278). Ennustavien mallien laatiminen on Suomessa liittynyt opinnäytetöihin tai muihin tutkimushankkeisiin (ks. esim. Koivikko 1999; Perttola 2005; Kuusela & Tiilikkala 2008; Seitsonen 2013; Sorvali 2013).

Ennustavan mallin luominen

Ennustava malli luodaan valitsemalla kohteen ominaisuuksia kuvaavia muuttujia ja menetelmä, jolla muuttujien tarjoama tieto saadaan muokattua ennusteeksi (Wheatly & Gillings 2002: 166). Muuttujat voivat olla esimerkiksi etäisyys tunnetuista kohteista, luonnonympäristön ominaisuuksia kuten maaperä, rinteiden jyrkkyys ja suuntaus sekä etäisyys vesistöistä (Wheatly & Gillings 2002: 167; Conolly & Lake 2006: 181–182). Malliin

voidaan syöttää myös muuttujia maaperän tuottavuudesta tai ympäristön sopivuudesta tietyille kasveille ja eläimille (Wheatly & Gillings 2002: 168; Conolly & Lake 2006: 181–182). Käytettävät muuttujat ovat jokaisen tutkijan itse valittavissa. Muuttujien valinta täytyy kuitenkin olla perusteltua ja johdonmukaista.

Tässä artikkelissa esitetty tapa tuottaa ennustava malli hyödyntää päätössääntöihin perustuvaa menetelmää (ks. esim. Wheatly & Gillings 2002: 169–171, 176–178). Päätössääntö määrää millä edellytyksillä tietyssä paikassa on ennestään tuntematon kohde (Wheatly & Gillings 2002: 169). Sääntö voi perustua yhteen tai useampaan muuttujaan, jotka valitaan deduktiivisesti teorian pohjalta, induktiivisesti tarkastelemalla tunnettujen kohteiden ominaisuuksia tai yhdistämällä molempia tapoja (Wheatly & Gillings 2002: 169).

Yksinkertaisimmillaan päätössääntö voidaan esittää valittujen muuttujien summafunktiona seuraavalla tavalla:

$$\begin{aligned} \{f(x_1, x_2, x_3, \dots) > 0\} &= M \\ \{f(x_1, x_2, x_3, \dots) \leq 0\} &= M' \end{aligned} \quad (\text{Wheatly \& Gillings 2002: 169, Equation 8.1}).$$

Edellisessä kaavassa x_1 , x_2 , x_3 , jne. edustavat edellä mainittuja muinaisjäännöksen ominaisuuksia kuvaavia muuttujia, esimerkiksi kohteen maaperää tai korkeutta. M merkitsee kohteen olemassaoloa tietyssä paikassa ja M' päinvastaista tilannetta, eli kohdetta ei ole olemassa (Wheatly & Gillings 2002: 169). Malli voidaan kuitenkin rakentaa niin, että tulokseksi saadaan luku, joka kuvastaa kohteen todennäköisyyttä (Wheatly & Gillings 2002: 170–171, 176–178).

Kivikautisen asuinpaikan ominaisuuksia kuvaaviksi muuttujiksi olen valinnut luonnonympäristöön liittyviä, mitattavissa olevia tekijöitä. Näitä ovat 1) maaperä, 2) etäisyys vedestä, 3) rinteiden suunta, 4) maaston jyrkkyys ja 5) absoluuttinen korkeus. Näiden muuttujien avulla voidaan selvittää

asuinpaikkojen suhdetta geomorfologiaan ja nykyisiin sekä muinaisiin vesistöihin. Kaikkia edellä mainittuja ominaisuuksia on käytetty aiemminkin kivikauden ja rautakauden asutustutkimuksessa (ks. esim. Sartes 1991; Vikkula 1994; Wilhelms 1995; Kirkinen 1996; Maaranen 1996; Seitsonen & Gerasimov 2008).

Asuinpaikan suojaisuus on jätetty huomiotta, vaikka nimenomaan suojaisuutta on useissa asutustutkimuksissa painotettu (ks. esim. Sartes 1991; Vikkula 1994; Wilhelms 1995; Mökkönen 2009; Seitsonen & Gerasimov 2008). Eri-ikäiset kivikautiset asuinpaikat sijaitsevat erilaisissa ympäristöissä. Ainaakin asumuspainanteiden sijainnin on nähty vaihtelevan sekä vuodenajan että asuinpaikan iän mukaan (Mökkönen 2009: 149; 2011: 48). Asuinpaikkojen sijainti on todennäköisesti riippuvainen myös kunkin paikan käyttötarkoituksesta (Huurte 1998: 65–66; Seitsonen & Gerasimov 2008: 180–181). Näiden seikkojen vuoksi ennustavassa mallissa, jossa on tarkoitus ottaa huomioon kaikki kivikautiset asuinpaikat, on perusteltua jättää asuinpaikan suojaisuus mallintamatta.

Muuttujat on johdettu seuraavassa luvussa esitellyistä paikkatietoaineistoista. Aineistoja on muokattu ja käsitelty Esrin ArcGis-paketin ArcMap ja ArcCatalog -ohjelmilla ja näihin sisältyvillä lisäosilla, joten jäljempänä mainitut työkalut liittyvät näihin ohjelmiin. Vastaavat toiminnot ovat kuitenkin käytettävissä esimerkiksi avoimessa ja ilmaisessa Qgis-ohjelmassa.

Tarvittavat aineistot

Keskeisimmät käyttämäni aineistot ovat muinaisjäännösrekisterin paikkatiedot (Kiinteät muinaisjäännökset, Museovirasto 2012), Maastotietokanta (Maanmittauslaitos 2010), Korkeusmalli 10 m (Maanmittauslaitos 2007) sekä vektorimallinen maaperäkartta (Maaperäkartta 1:20 000, Geologian tutkimuskeskus 2008). Näistä kaikki paitsi maaperäkartta-aineisto ovat nykyisin saa-

tavilla päivitettyinä ja korkeusmallin osalta tarkempina versioina. Olen kuitenkin tässä artikkelissa pitäytynyt yhtenäisyyden vuoksi jo aiemmin käyttämässäni aineistossa.

Asuinpaikat

Tiedot kaikista tutkimusalueen tunnetuista kivikautisista asuinpaikoista on kerätty täydentämällä muinaisjäännösrekisterin tietoja inventointiraporttien havainnoilla. Näin ollen Asikkalan, Padasjoen ja Sysmän alueella tunnettiin työn alkamishetkellä 96 asuinpaikkaa (kuva 1) (Sorvali 2016: 21). Testialueella, eli Heinolassa, oli tutkimushetkellä 23 tunnettua asuinpaikkaa (Sorvali 2016: 51). Asuinpaikoista on käytetty pistemäistä koordinaattitietoa, sillä vain murto-osalla kohteista on aluerajaus. Ominaisuustiedot mallinnusta varten on hankittu *Extract multi values to points* -työkalulla, joka hakee kullekin asuinpaikalle tiedot määritetyistä rasteriaineistoista (esim. maaperäkartta tai korkeusmalli) kohteen sijainnin perusteella.

Kivikautisten asuinpaikkojen tai muiden mallinnettavien kohteiden määrä on merkittävä, kun arvioidaan kuinka hyvin malli toimii tai voidaanko sellaista edes tehdä. Mitään alarajaa kohteiden lukumäärälle ei kuitenkaan ole, mutta on selvää, että laajempi aineisto tarjoaa paremman lähtökohdan mallinnukseen. Malleja voi myös periaatteessa tehdä kuinka suurelta alueelta hyvänsä, mutta todellisuudessa malli toimii sitä paremmin, mitä yhtenäisempi tutkimusalueen luonnonympäristö on.

Maaperä

Maaperäkartta-aineisto (Maaperäkartta 1: 20 000, Geologian tutkimuskeskus 2008) on muunnettu vektorimuodosta rasterimuotoiseksi analyysijä varten *Feature to Raster* -työkalulla. Tämän jälkeen maalajit on uudelleenluokiteltu *Reclassify* -työkalulla numeerisiksi arvoiksi sen mukaan, kuinka monta asuinpaikkaa kullakin maalajilla sijaitsee (ks. taulukko 1 ja kuva 2). Luokittelussa maalaji on määritetty käyttämällä maaperäkartta-aineiston ominaisuus-tiedon

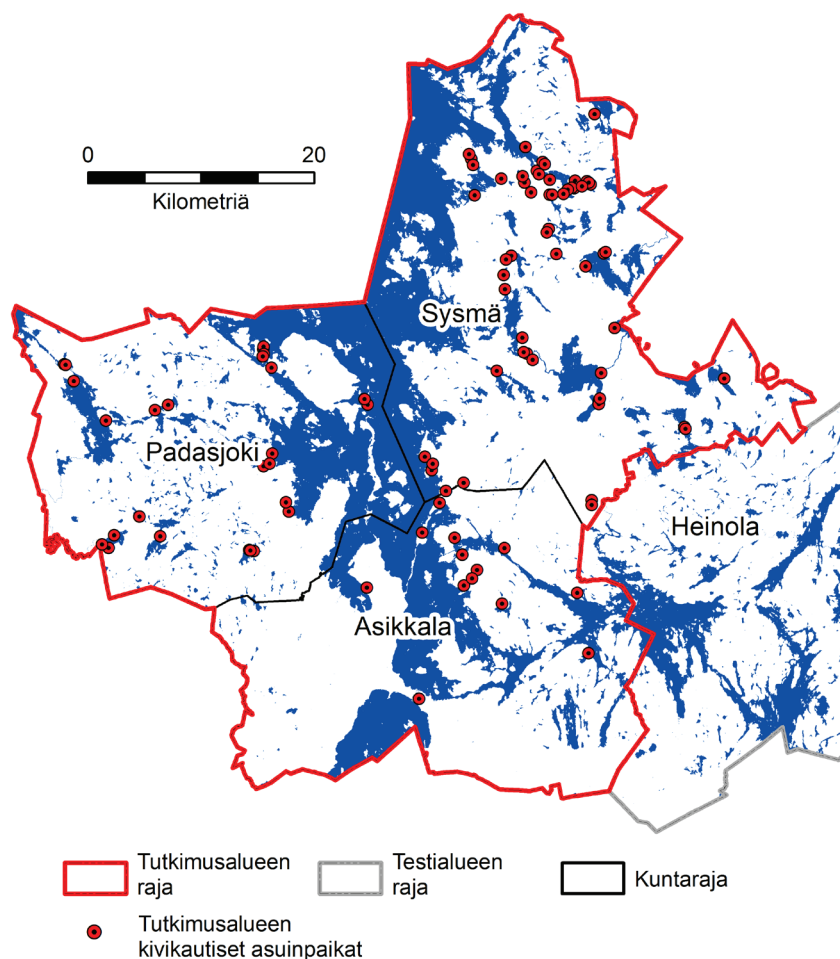
PINTA-saraketta, jossa on ilmoitettu maajoki metrin syvyydessä. Tämän vuoksi esimerkiksi kallioalueet ovat maaperäkartoissa paljon laajempia kuin peruskarttojen kalliopaljastumat. Maaperäkartoituksen puutteellisuuden vuoksi kolmeltatoista asuinpaikalta ei ole lainkaan maaperätietoa ja kolmeltatoista Pohjois-Sysmän asuinpaikalta maaperätieto on saatu vain inventointiraporteista, mikä ei ole mallinnuksen kannalta ihanteellinen tilanne (Sorvali 2016: liite 1).

Etäisyys vedestä

Maastotietokannan (Maanmittauslaitos 2010) avulla on selvitetty asuinpaikkojen

etäisyydet nykyisistä vesistöistä *Euclidian distance* -työkalulla. Vesistöiksi on laskettu kaikki järvet ja lammet, joita tutkimusalueella, Heinola mukaan lukien, on lähes 1 900. Joet on huomioitu, jos ne ovat niin suuria, että ne on esitetty Maastotietokannassa (Maanmittauslaitos 2010) alueina.

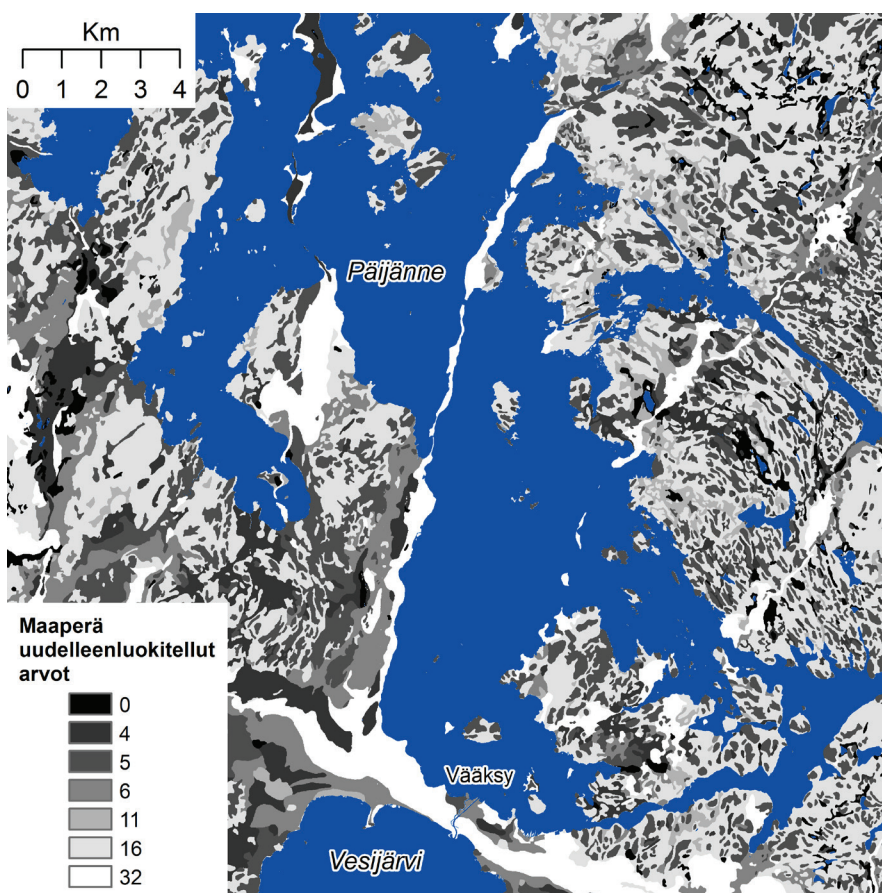
Etäisyys vedestä -muuttujalle on tehty uudelleenluokittelu, joka perustuu asuinpaikkojen tiheyden keskiarvoon, sillä vaihteluvälin jakaminen yhtä suuriin (121,875 metrin) ryhmiksi vaikuttaisi siten, että kaksi kolmasosaa asuinpaikoista tulisi kuulumaan ensimmäiseen ryhmään (0–121,875 metriä). Asuinpaikat on aluksi



Kuva 1. Tutkimusalueen kivikautiset asuinpaikat. Kuva Eetu Sorvali.

Taulukko 1. Asuinpaikkojen jakautuminen maalajeittain ja maaperä-muuttujan arvot.

Maaperä (PINTA)	% maa-alasta	% asuinpaikoista	Asuinpaikkojen lukumäärä = maaperämuuttujan arvo
Hiekka (14)	6,2	38,6	32
Hieno hieta (18)	2,7	6,0	5
Hiesu (13)	3,7	4,8	4
Hieta (12)	5,3	7,2	6
Kallio (19)	19,0	6,0	5
Moreeni (16)	47,7	19,3	16
Savi (17)	5,8	13,3	11
Sora (15)	1,5	4,8	4
Muut	8,1	0	0
Yhteensä		100,0	83



Kuva 2. Maaperä -muuttuja uudelleenluokiteltuna. Kuva Eetu Sorvali.

jaettu kahdeksaan kahdentoista asuinpaikan ryhmään (yhteensä siis 96 asuinpaikkaa), jolloin kunkin ryhmän vaihteluväliksi saadaan se metrimäärä, jonka sisällä yksi kahdentoista asuinpaikan ryhmä sijaitsee. Jokaiselle ryhmälle on laskettu tiheys suhteuttamalla asuinpaikkojen määrä kyseisen ryhmän kattamaan vaihteluväliin, esimerkiksi:

- Ryhmä 1: 12 asuinpaikkaa, etäisyys vesistöistä 0–18 m, vaihteluväli siis 18 m. Tiheys = $12/18 \approx 0,67$.
- Ryhmä 7: 12 asuinpaikkaa, etäisyys vesistöistä 168–293 m, vaihteluväli siis 125 m. Tiheys = $12/121 \approx 0,1$.

Tämän jälkeen ryhmien tiheydet on suhteutettu tunnettujen asuinpaikkojen kokonaismäärään eli asuinpaikkojen tiheyden keskiarvoon, esimerkiksi:

- Ryhmä 1: (tiheys 0,67 / tiheyksien summa 3,18) $\times$ asuinpaikkojen kokonaismäärä 96 $\approx 20,12 \approx 20$ = ryhmän 1 uudelleenluokiteltu arvo.
- Ryhmä 7: (tiheys 0,1 / tiheyksien summa 3,18) $\times$ asuinpaikkojen kokonaismäärä 96 $\approx 2,90 \approx 3$ = ryhmän 7 uudelleenluokiteltu arvo.

Kaikkien ryhmien tiedot ja etäisyys vedestä -muuttujan arvot on esitetty taulukossa 2. Yli 975 metrin etäisyydellä vesistöistä olevat alueet saavat arvon 0 (ks. myös kuva 3).

Rinteen suunta ja jyrkkyys

Korkeusmalli 10 m -aineistosta (Maanmittauslaitos 2007) on *Aspect* ja *Slope* -työkaluilla laskettu rinteiden suunnat ja jyrkkyudet. Rinteiden suuntien luokitteluna on käytetty jakoa pää- ja väli-ilmansuuntiin, jolloin jokainen ilmansuunta käsittää 50 goonia (esimerkiksi pohjoisen on väli 375–25 goonia). Pää- ja väli-ilmansuunnista muodostuu luontevasti kahdeksan ryhmää, joten uudelleenluokittelun arvoina on käytetty suoraan asuinpaikkojen lukumäärää kyseiseen ilmansuuntaan viettävillä maastonkohdilla. Suunta-muuttujan arvot on esitetty taulukossa 3 ja kuvassa 4.

Jyrkkyudet on ilmoitettu asteina (°). Vaihteluväli, jolla asuinpaikkoja esiintyy (0,1°–14,8°) on jaettu kahdeksaan kahden asteen ryhmään ($14,8^\circ/8 = 1,85^\circ \approx 2^\circ$). Jyrkkyyttä käytettäessä muuttujana on muistettava, että aineisto perustuu 10 x 10 metrin kokoisiin ruutuihin. Tätä pienempiä maastonmuotoja ei ole voitu ottaa tässä työssä huomioon, sillä käytössä on ollut tarkin koko alueen kattava korkeusmalli tutkimusajankohtana. Uudelleenluokitellut jyrkkyys-muuttujan arvot on esitetty taulukossa 4 ja kuvassa 5.

Absoluuttinen korkeus

Korkeusmallista on laskettu kaikille asuinpaikoille absoluuttiset korkeudet. Näin asuinpaikkojen korkeusarvot ovat keskenään vertailukelpoisia, vaikka poikkeavatkin osittain inventointiraporttien tiedoista. Korkeus-muuttujan arvo uudelleenluokittelussa määräytyy asuinpaikkojen tiheyden mukaan, samoin kuin edellä esitetty etäisyys vedestä -muuttujan arvot (Sorvali 2016: 39). Arvot ja asuinpaikkojen tiheydet on esitetty taulukossa 5 ja kuvassa 6. Taulukon 5 arvojen ulkopuoliset korkeudet saavat uudelleenluokittelussa arvon 0.

Muuttujien yhdistäminen ennustavaksi malliksi

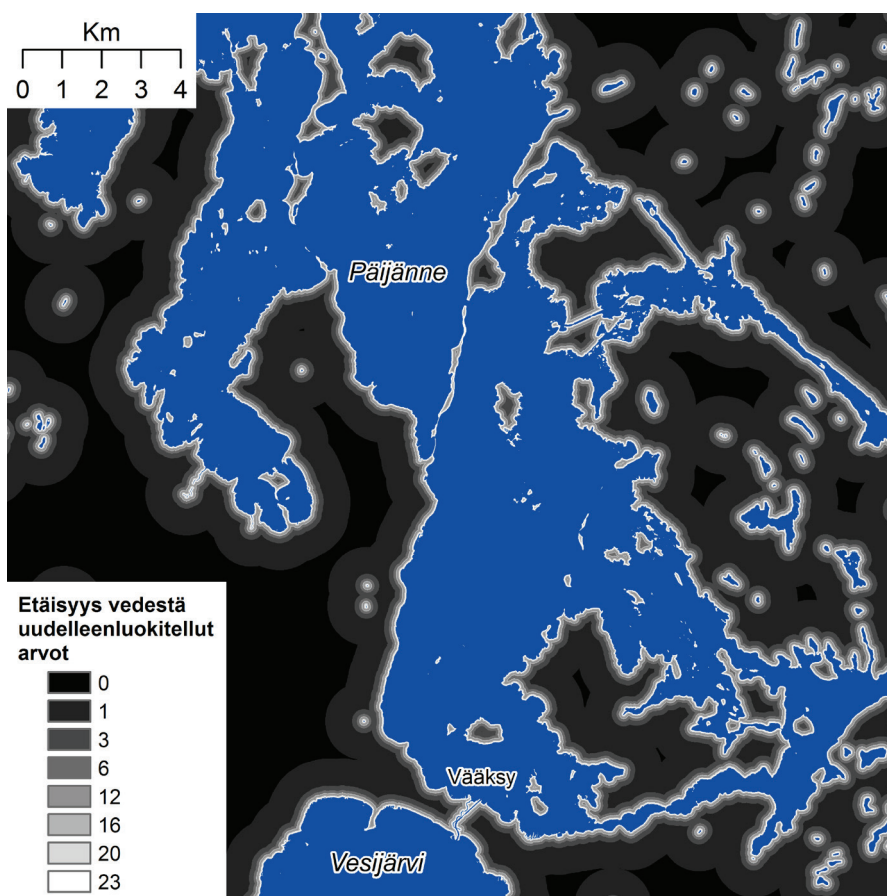
Uudelleenluokittelun jälkeen valmiina on viidestä muuttujasta koostuva rasteriaineisto:

1. maaperää kuvaava reclass_maaperä,
2. asuinpaikan etäisyyttä nykyisistä vesistöistä kuvaava reclass_etäisyysvedestä,
3. maanpinnan kaltevuuden suuntaa kuvaava reclass_suunta,
4. maanpinnan kaltevuuden suuruutta kuvaava reclass_jyrkkyys,
5. absoluuttista korkeutta kuvaava reclass_korkeus

Edellä esitetyt uudelleenluokitellut rasterit on yhdistetty käyttämällä *Weighted sum* -työkalua.

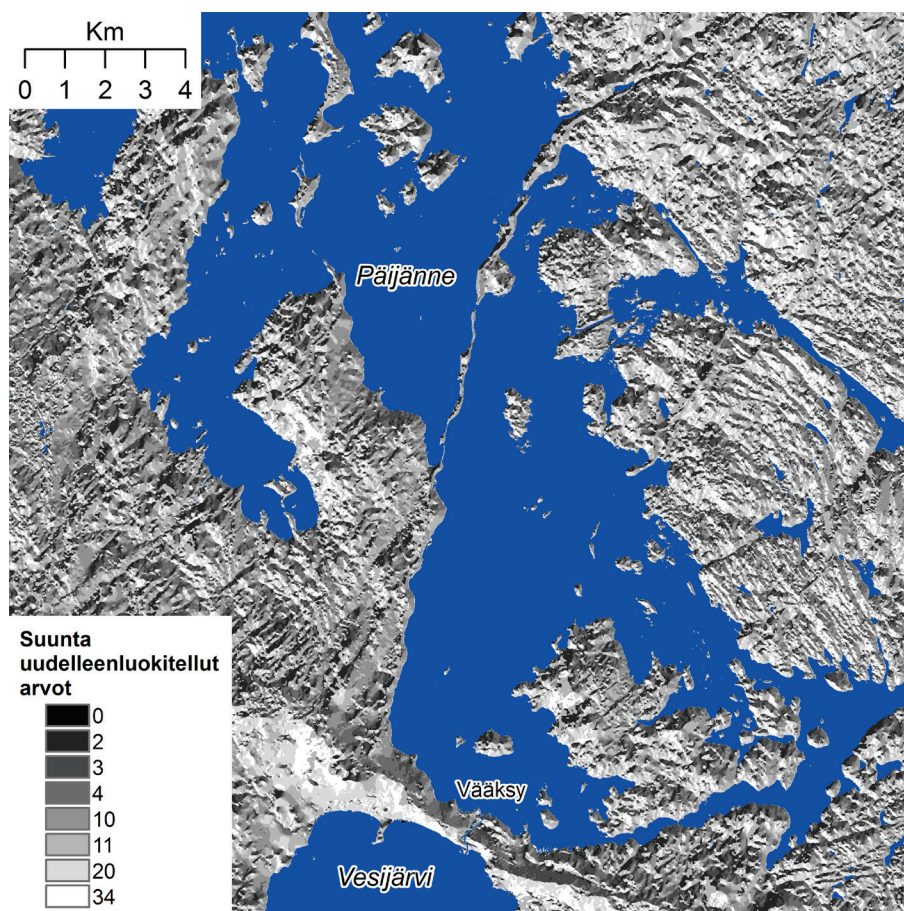
Taulukko 2. Etäisyys vedestä -muuttujan arvot.

Etäisyys vedestä (m)	Asuinpaikkojen lukumäärä	% asuinpaikoista	Vaihteluvälin pituus (m)	Asuinpaikkojen tiheys vaihteluvälillä	Asuinpaikkojen tiheyden keskiarvo = etäisyys vedestä -muuttujan arvo
0–18	12	12,5	18	0,67	20
18–34	12	12,5	16	0,75	23
34–57	12	12,5	23	0,52	16
57–87	12	12,5	30	0,40	12
87–110	12	12,5	23	0,52	16
110–168	12	12,5	62	0,21	6
168–293	12	12,5	121	0,10	3
293–975	12	12,5	682	0,02	1
975–	0	0	-	-	0
Yhteensä	96	100	975	3,18	96

**Kuva 3. Etäisyys vedestä-muuttuja uudelleenluokiteltuna. Kuva Eetu Sorvali.**

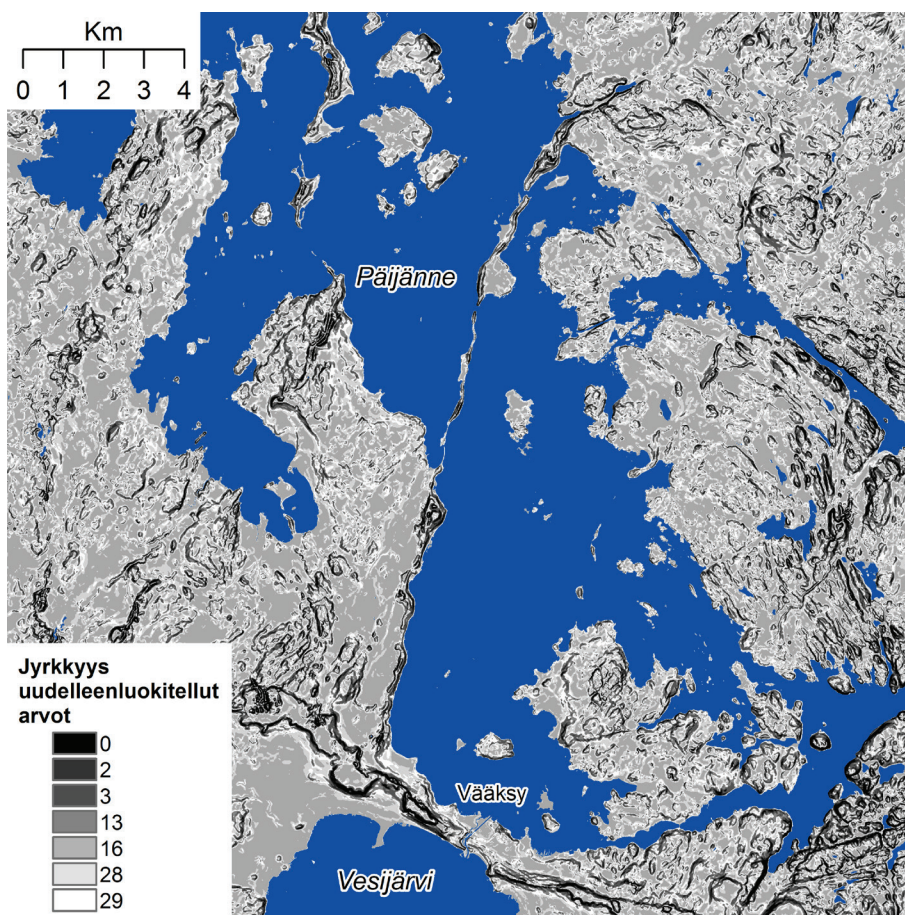
Taulukko 3. Suunta-muuttujan arvot.

Suunta (goonia)	% maa-alasta	% asuinpaikoista	Asuinpaikkojen lukumäärä = suunta-muuttujan arvo
Pohjoinen 375–25	11,1	3,1	3
Koillinen 25–75	12,5	4,2	4
Itä 75–125	13,7	10,4	10
Kaakko 125–175	12,9	11,5	11
Etelä 175–225	12,7	21,9	21
Lounas 225–275	13,4	35,4	34
Länsi 275–325	12,4	11,5	11
Luode 325–375	11,3	2,1	2
Tasainen	alle 0,1	0	0

*Kuva 4. Suunta-muuttuja uudelleenluokiteltuna. Kuva Eetu Sorvali.*

Taulukko 4. Jyrkkyys-muuttujan arvot.

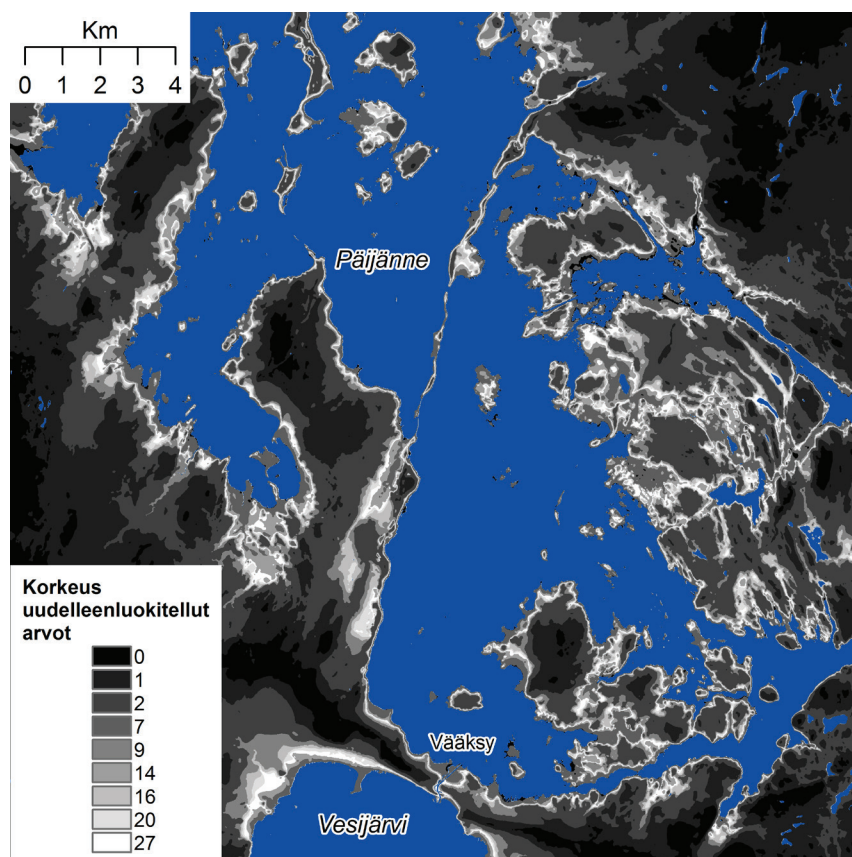
Jyrkkyys °	% maa-alasta	% asuinpaikoista	Asuinpaikkojen lukumäärä = jyrkkyys-muuttujan arvo
0–2	33,8	16,7	16
2–4	24,2	29,2	28
4–6	15,6	30,2	29
6–8	9,8	13,5	13
8–10	6,2	3,1	3
10–12	3,9	3,1	3
12–14	2,5	2,1	2
14–16	1,5	2,1	2
16–	2,5	0	0
Yhteensä		100	96

**Kuva 5. Jyrkkyys-muuttuja uudelleenluokiteltuna. Kuva Eetu Sorvali.**

Taulukko 5. Korkeus-muuttujan arvot

Absoluuttinen korkeus (m mpy)	Asuinpaikkojen lukumäärä	% asuinpaikoista	Vaihteluvälin pituus (m)	Asuinpaikkojen tiheys vaihteluvälillä	Asuinpaikkojen tiheyden keskiarvo = korkeus-muuttujan arvo
-78,7	0	0	-	-	0
78,7-82,7	12	12,5	4,0	3,0	7
82,7-84,7	12	12,5	2,0	6,0	14
84,7-85,8	12	12,5	1,1	11,4	27
85,8-87,2 ¹	12	12,5	1,5	8,3	20
87,2-89,0	12	12,5	1,8	6,8	16
89,0-92,0	12	12,5	3,0	3,9	9
92,0-109,3	12	12,5	17,3	0,7	2
109,3-133,4	12	12,5	24,1	0,5	1
133,4-	0	0	-	-	0
Yhteensä	96	100	-	40,7	96

¹ Väli on pyöristämättömänä 85,75-87,20 m jolloin välin pituus on 1,45 m.



Kuva 6. Korkeus-muuttuja uudelleenluokiteltuna. Kuva Eetu Sorvali.

Käytännössä siis kuvissa 2–6 esitetyt kartat laitetaan päällekkäin ja päällekkäiset solut lasketaan yhteen. Rastereille voidaan määrittää myös yksilölliset kertoimet, joilla eri muuttujille voidaan määrätä painoarvo muihin muuttujiin verrattuna (ks. taulukko 6). Erilaisten painotusten vuoksi jokaiselle mallille syntyy oma arvoasteikkonsa. Esimerkiksi mallin 1 arvot vaihtelevat välillä 2–145. Asteikot on tehty vertailukelpoisiksi keskenään muuntamalla kaikkien mallien arvojen vaihteluväliksi 1–5 *Raster calculator* -työkalulla (esim. $[Malli1/145] \times 5$). Lopulliset mallit antavat siis jokaiselle tutkimusalueen 10 m × 10 m ruudulle kivikautisen asuinpaikan todennäköisyyttä kuvaavan arvon 1–5 niin, että arvo 5 edustaa suurinta todennäköisyyttä uuden kohteen olemassaololle (ks. kuva 7).

Mallien soveltaminen inventoinnissa

Paras tapa testata ennustavia malleja on niiden käyttäminen uusien kohteiden etsimiseen esimerkiksi inventointien yhteydessä (ks. Sorvali 2016: 46–49). On kuitenkin myös järkevää kokeilla mallien toimivuutta soveltamalla niitä uudelle alueelle. Testialue ei voi kuitenkaan olla luonnonolosuhteiltaan merkittävästi erilainen kuin alue, josta tiedot malliin on kerätty. Tässä artikkelissa esiteltyjä malleja on testattu Heinolan alueella, jossa korkeus-suhteet ja maaperäolot vastaavat hyvin Etelä-Päijänteen kuntien oloja. Lisäksi Heinolan järvistä Ruotsalainen on käytännössä Päijänteen lahti ja niillä on yhteinen vesistöhistoria.

Testauksen perusteella Heinolan kivikautiset asuinpaikat sijoittuvat mallien arvoille 3–5 niin, että 23 asuinpaikasta vain 1–4 kohdetta (mallista riippuen) sijoittuu arvon 2, eikä yhtään arvon 1 kattamalle alueelle (ks. taulukko 7). Parhaiten toimivia malleja, eli sellaisia joiden arvojen 3–5 kattama maa-alue oli pieni suhteessa asuinpaikkojen määrään, olivat ne, joissa oli painotettu asuinpaikkojen etäisyyttä vedestä ja absoluuttista korkeutta (vrt. taulukko 6 ja 8, ks. myös Sorvali 2016: 51–57). Tämä johtuu todennäköisesti ainakin tunnettujen asuinpaikkojen rantasidonaisuudesta ja siitä, että absoluuttisen korkeuden avulla on mahdollista tavoittaa nykyisten vesistöjen lisäksi myös Muinais-Päijänteen rannoilla sijainneita asuinpaikkoja.

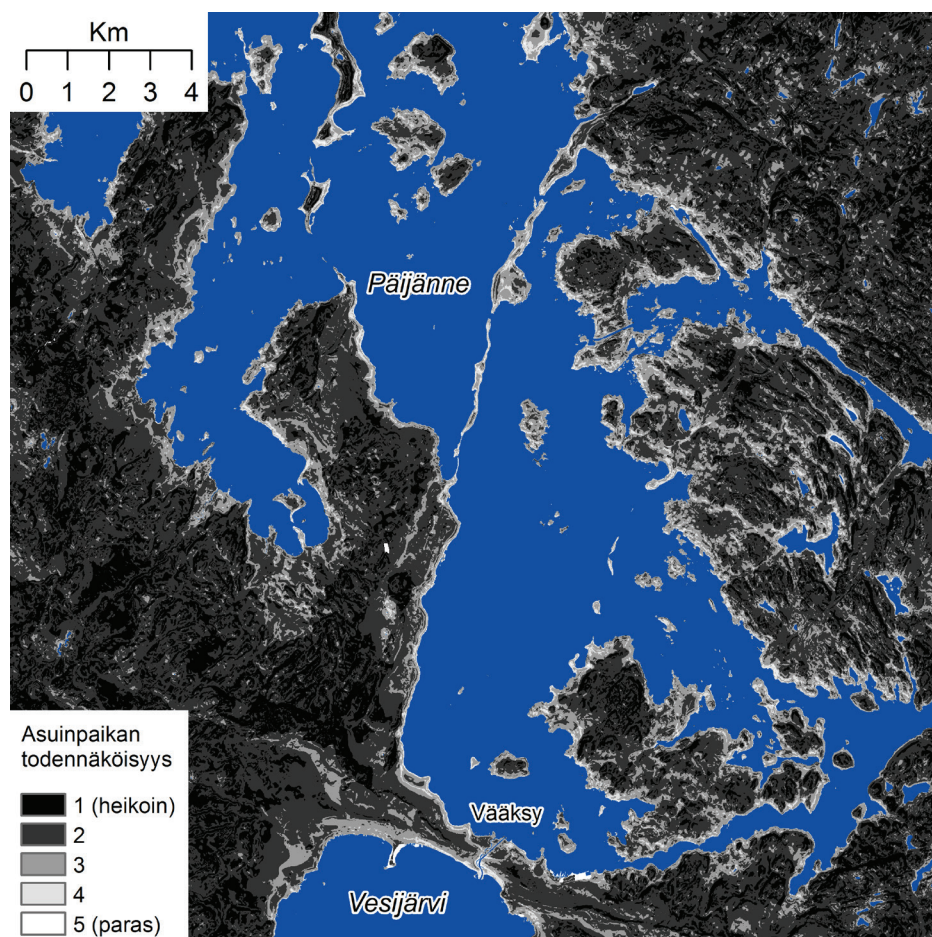
Ennustavan mallin käyttäminen inventoinnissa on yksinkertaista, kunhan malli on saatu rakennettua. Valmis malli voidaan asettaa esimerkiksi peruskartan tai muun karttapohjan päälle ja etsiä tällä tavoin inventointialueelta korkean todennäköisyysarvon (esim. arvot 3–5 tässä esitellyistä malleista) omaavia alueita. Tämä työ on helpointa tehdä paikkatieto-ohjelman avulla. Valituista alueista voidaan tulostaa kartat (ks. esim. kuva 8) mukaan inventointiin tai mahdollisuuksien mukaan mallin voi viedä esimerkiksi suoraan maastotallentimeen. Inventoinnin tulosten perusteella mallia voi tarvittaessa muokata, mutta sitä ei tarvitse tehdä kokonaan alusta. Lisäksi samoilla periaatteilla voi luoda mallin uudelle alueelle. Ennustava malli on mahdollista tehdä mille tahansa muinaisjäännöstyypille, jos lähtöaineistoa on riittävästi. Mallinnus kannattaa tehdä kuitenkin vain yhdelle

Taulukko 6. Muuttujien painotuskertoimet eri malleissa.

Malli nro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Maaperä	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	2,4
Etäisyys vedestä	1,0	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,2
Suunta	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Jyrkkyys	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,5	1,0	2,0	3,0	11,1
Korkeus	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,5	2,0	2,0	3,0	3,6

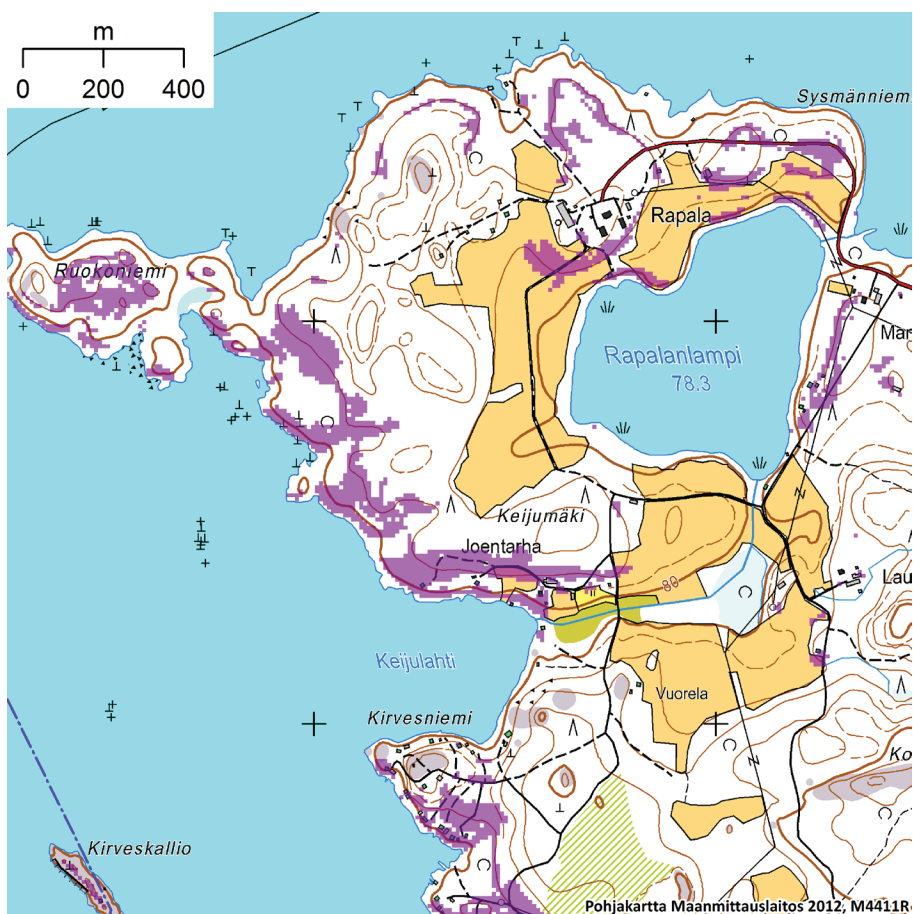
Taulukko 7. Heinolan kivilautisten asuinpaikkojen saamat arvot eri malleissa.

Arvo	1	2	3	4	5	Yhteensä
Malli 1	0	2	10	8	3	23
Malli 2	0	1	10	9	3	23
Malli 3	0	3	10	8	2	23
Malli 4	0	4	8	9	2	23
Malli 5	0	2	9	11	1	23
Malli 6	0	2	9	10	2	23
Malli 7	0	2	11	8	2	23
Malli 8	0	2	11	8	2	23
Malli 9	0	3	13	7	0	23
Malli 10	0	1	11	9	2	23
Malli 11	0	3	10	8	2	23
Malli 12	0	2	13	7	1	23

*Kuva 7. Esimerkki valmiista mallista. Kuva Eetu Sorvali.*

Taulukko 8. Neliökilometriä per yksi asuinpaikka.

Km ² /1 asuinpaikka					
Arvo	1	2	3	4	5
Malli 1		149,0	14,6	2,06	0,1
Malli 2		209,4	23,1	4,5	0,2
Malli 3		102,4	12,7	2,0	0,2
Malli 4		61,1	23,9	4,1	0,4
Malli 5		138,9	18,0	1,5	0,3
Malli 6		143,0	16,9	2,0	0,3
Malli 7		157,0	8,6	1,5	0,2
Malli 8		149,3	12,5	2,0	0,2
Malli 9		104,2	8,2	1,3	-
Malli 10		293,1	13,5	2,1	0,3
Malli 11		101,1	7,5	1,6	0,3
Malli 12		144,4	6,0	1,4	0,3



Kuva 8. Ennustavan mallin parhaat arvot (4 ja 5) peruskartan päälle asetettuna. Kuva Eetu Sorvali.

muinaisjäännöstyypille kerrallaan, sillä yhdistettyjen mallien käytettävyys on heikko (ks. esim. Ebert 2006).

Yhteenveto

Edellä on kuvattu yksinkertainen tapa tehdä ennustavia malleja inventoinnin tarpeisiin. Mallinnuksen vaatima työ koostuu aineiston kokoamisesta, muuttujien valinnasta, rasteriaineiston uudelleenluokittelusta ja painottamisesta sekä lopuksi yhdistämisestä. Mallinnukseen tarvittavat aineistot ovat nykyisin helposti saatavilla ja erityisesti korkeusmallien tarkkuus on parantunut merkittävästi ilmalaserkeilausdatan myötä. Lähtöaineiston puute voi kuitenkin vaikeuttaa mallien tuottamista joidenkin muinaisjäännöstyypien osalta.

Ennustavalla mallinnuksella olisi varmasti käyttöä suomalaisessakin arkeologiassa. Kunhan mallinnuksen heikkoudet ja vahvuudet tiedostetaan, voidaan malleja käyttää sekä inventoinnin että maankäytön suunnittelussa. Mallien perusteella ei kuitenkaan missään nimessä voida julistaa alueita rauhoitetuiksi tai rauhoituksesta vapaaksi. Ennustavat mallit perustuvat vain olemassa olevaan tietoon, eikä niiden avulla voida löytää epätyypillisiä muinaisjäännöskohteita. Mallit ovat nimensä mukaan vain ennusteita, joiden luotettavuus osoitetaan parhaiten kenttätutkimusten avulla.

Yksi ennustavien mallien suurista hyödyistä on uusien kohteiden löytämisen ohella se, että tutkijan perusteet tiettyjen alueiden inventoimiseen ovat selkeät ja avoimet. Tämä voi auttaa muita maankäytön suunnittelijoita, joille arkeologisen tutkimuksen lähtökohdat voivat vaikuttaa joskus epäselviltä. Avoimuudesta on hyötyä arkeologeillekin, sillä mitä paremmin edellisten tutkimusten menetelmät ovat tiedossa, sitä helpompi on uusia tehdä. Mallien rakentaminen auttaa tutkijaa määrittelemään myös itselleen mitä tutkitaan ja miksi.

Bibliografia

Sähköiset lähteet

- Ebert, D. 2006. Predictive Modelling and Time: An Experiment in Temporal Archaeological Predictive Models, *Internet Archaeology* 20. <http://dx.doi.org/10.11141/ia.20.2> (luettu 14.3.2017).
- Geologian tutkimuskeskus, Maaperäkartta 1:20 000. 2008. Maaperäkartta, vektoriaineisto.
- Maanmittauslaitos, Korkeusmalli 2007. Korkeusmalli 10 m, rasteriaineisto.
- Maanmittauslaitos, Maastotietokanta 2010. Maastotietokanta, vektoriaineisto
- Museovirasto, Kiinteät muinaisjäännökset 2012. Muinaisjäännösrekisteri, vektoriaineisto.

Arkistolähteet

- Helsingin yliopisto, arkeologian oppiaine
- Kirkinen, T. 1994. Etelä-Savon ja -Karjalan nuoremman rautakauden asutuksen suhde luonnonympäristöön ja taloudelliseen ympäristöön. Pro gradu.
- Koivikko, M. 1999. Etelä-Saimaan vedenalaiset asuinpaikat – kivilautisten kohteiden inventointi ja topografisen mallin rakennus. Pro gradu.
- Kylli, J. 2000. Maatalouden alku Espoon ympäristössä; asutusmalli toimeentulostrategian kuvastajana. Pro gradu.
- Mikkola, E. 1996. Halikon ja Salon rautakautinen asutus - sijoittuminen, paikanvalinta ja luonnonympäristö. Pro gradu.
- Mökkönen, T. 2000. Saimaan vesistöalueen pyyntikulttuurien toimeentulo ja asutusmallit. Kerimäen tutkimustapaus. Pro gradu.
- Perttola, W. 2005. Lapinrauniot ja ennustava mallintaminen: menetelmän alustava koekilu pienellä aineistolla. Pro gradu.

- Helsingin yliopisto, maantieteen oppiaine
- Seitsonen, O. 2013. Pitkän aikavälin maankäyttö ja arkeologisten kohteiden sijainnin ennustava mallintaminen Lounais-Keniassa. Pro gradu.

- Turun yliopisto, arkeologian oppiaine
- Aartolahti, A. 2007. Kalmiston piiristä kirjurin kirjaan. Rautakauden asutustutkimuksen metodista kokeilua Sysmässä. Pro gradu.
- Sartes, M. 1991. Kivikauden toimeentulostrategiat ja asutussysteemit. Turun alueen kivikautisten asuinpaikkojen topografian ja keskinäisten suhteiden analyysi. Pro gradu.
- Sorvali, E. 2013. Etelä-Päijänteen kivikautiset asuinpaikat ja ennustava mallinnus. Pro gradu.
- Kirjallisuus**
- Conolly, J. & Lake, M. 2006. *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gaffney, V. & van Leusen, M. 1995. Postscript–GIS, environmental determinism and archaeology: a parallel text. G. Lock, Z. Stancic, G. Lock & Z. Stancic (toim.) *Archaeology and Geographical Information Systems: A European Perspective*: 367–382. Lontoo: Taylor & Francis.
- Huurre, M. 1998. *Kivikauden Suomi*. Keuruu: Otava.
- Kirkinen, T. 1995. GIS in the modelling the Viking Age environment in Taipalsaari, Southern Karelia. *Fennoscandia Archaeologica* XII: 65–70.
- Kirkinen, T. 1996. Use of a Geographical Information System (GIS) in Modelling the Late Iron Age Settlement in Eastern Finland. T. Kirkinen (toim.) *Environmental Studies in Eastern Finland. Reports of the Ancient Lake Saimaa Project. Helsinki Papers in Archaeology* 8: 19–61.
- Kirkinen, T. 2000. Paikkatietojärjestelmien (GIS) käyttö inventoinnin apuvälineenä. P. Maaranen & T. Kirkinen (toim.) *Arkeologinen inventointi. Opas inventoinnin suunnitteluun ja toteuttamiseen*: 69–76. Jyväskylä: Museo- virasto
- Kirkinen, T. 2008. Spatiaaliset menetelmät. P. Halinen, V. Immonen, M. Lavento, T. Mikkola, A. Siiriäinen & P. Uino (toim.) *Johdatus arkeologiaan*: 272–281. Tampere: Gaudeamus Helsinki University Press.
- Kohler, T. A. & Parker, S. C. 1986. Predictive models for archaeological resource location. M. B. Schiffer (toim.) *Advances in Archaeological Method and Theory* (Vol. 9): 397–452.
- Kuusela, J.-M. & Tiilikkala, J. 2008. Malli myöhäisrautakautisesta asutuksesta lounaisessa Sisä-Suomessa. *Muinaistutkija* 1/2008: 14–27.
- Mökkönen, T. 2009. Neolithic housepits in the Vuoksi river valley, Karelian Isthmus, Russia: chronological changes in size and location. *Fennoscandia Archaeologica* XXVI: 133–161.
- Seitsonen, O. & Gerasimov, D. V. 2008. Archaeological research in the Kurkijoki area in 2001 and 2003: a preliminary study of the Stone Age settlement patterns in southern Ladoga Karelia. *Karelian Isthmus: Stone Age studies in 1998–2003*. *Iskos* 16: 164–184.
- Sorvali, E. 2016. *Etelä-Päijänteen kivikautiset asuinpaikat ja ennustava mallinnus*. Lahden kaupunginmuseon tutkimuksia 32. Turku: Lahden kaupunginmuseo.
- Vikkula, A. 1994. Ecological Approaches to the Stone Age of Ancient Lake Saimaa. *Fennoungri et slavi 1992. Prehistoric economy and means of livelihood*. Museovirasto. Arkeologian osaston julkaisu no 5: 167–179.
- Vikkula, A. 1995. Settlement and Environment in the Southern Saimaa Area during the Stone Age. *Fennoscandia Archaeologica* XII: 193.
- Warren, R. E. 1990. Predictive modelling in archaeology: a primer. K. M. Allen, S. W. Green & E. B. Zubrow (toim.), *Interpreting Space: GIS and archaeology*: 90–111. Lontoo: Taylor & Francis.
- Warren, R. E. & Asch, D. L. 2000. A Predictive Model of Archaeological Site. K. L. Wescott & R. J. Brandon (toim.), *Practical Applications of GIS: A Predictive Modeling Toolkit*: 6–36. Lontoo: Taylor & Francis.
- Wheatly, D. & Gillings, M. 2002. *Spatial Technology and Archaeology: The Archaeological Applications of GIS*. Lontoo: Taylor & Francis.
- Wilhelms, S. 1995. A Natural-Geographical Study of Prehistoric Sites. *Fennoscandia archaeologica* XII: 195–205.
- FM Eetu Sorvali on kenttäräkeologi, joka toimii tutkijana Päijät-Hämeen maakuntamuseossa.
eetu.sorvali@lahti.fi
sorvaliee@gmail.com