

# LUONTOARVOJEN JA MUIDEN KUSTANNUSTEN HUOMIOINTI MAANKÄYTÖN SUUNNITTELUSSA

Yliopistonlehtori, FT Anssi Lensu  
Ympäristötiede ja -teknologia  
Bio- ja ympäristötieteiden laitos  
Jyväskylän yliopisto



**“NUORISON PARASTA TÄSSÄ HARRASTETAAN”**★

★ Seinäteksti Jyväskylän yliopiston vanhassa juhlasalissa (1882)



# Esityksen sisältö

- Tutkimuksen tavoite ja tutkimusryhmä
- Maankäytön suunnittelujärjestelmän perusideat
- Käytetyt kaukokartoitus- ja GIS-aineistot
- Toteutuksen osakokonaisuudet:
  - OBIA, maastoalueiden segmentointi
  - Maastoalueiden luokittelu
  - Luonnonympäristöjen suojeluarvon määrittäminen
  - Tie- tai voimalinjojen linjausten valinta rasterioptimoinnilla
- Optimointitoteutuksen yksityiskohtia
- Tulevia kehityskohteita



# Tutkimuksen tavoite ja tutkimusryhmä

## ■ Tavoite:

- Kehittää kaukokartoitusaineistojen käyttöön perustuva luontoarvojen säilyttämiseen pyrkivä maankäytön optimointijärjestelmä, jolla voidaan suunnitella linjauksia esim. uusia sähkölinjoja, kaasuputkia tai tiestöä varten

## ■ Maj ja Tor Nesslingin säätiön rahoittama väitöskirja-hanke 2010-2014 (3 ½ vuotta säätiö + ½ v. JY:ltä)

- Hankkeen vastuullinen johtaja FT Anssi Lensu
- Väitöskirjan toteutti FT **Alexi Räsänen**
- Väitöskirjan toinen ohjaaja prof. **Markku Kuitunen**
- Useita muita opinnäytetöitä: 5 FM, 2 LuK



# Maankäytön suunnittelujärjestelmän perusideat 1

## ■ Taustalla *Ekologinen ympäristöluokitus* (Rossi & Kuitunen 1996)

- Tavoitteena luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen
- Välineenä luonnonympäristöjen arvottaminen
- Maastoalueet jaetaan ympäristötyyppeihin ja niille annetaan (putkilokasvien ja selkärankaisten lajien) mukainen arvo:
  - Osin lajimäärän tai sen potentiaalin
  - Osin harvinaisten lajien suosituimmuuden kautta
- Sama ympäristötyyppi voi lajien harvinaisuserojen vuoksi saada erilaisen *vertailuarvon* eri puolilla Suomea
  - Laadittavissa erikseen eri metsäkasvillisuusvyöhykkeille

## ■ Tavoitteena toteutus menetelmästä tietokoneelle

- Tietokone luokittelee metsämaastoa ympäristötyyppeihin



# Ympäristötyyppien vertailuarvot

Ympäristötyypin tai -luokan  $i$  vertailuarvo (*habitat value*) lasketaan:

$$HV_i = \sum (n_{i,j,k} \times w_j \times c_k),$$

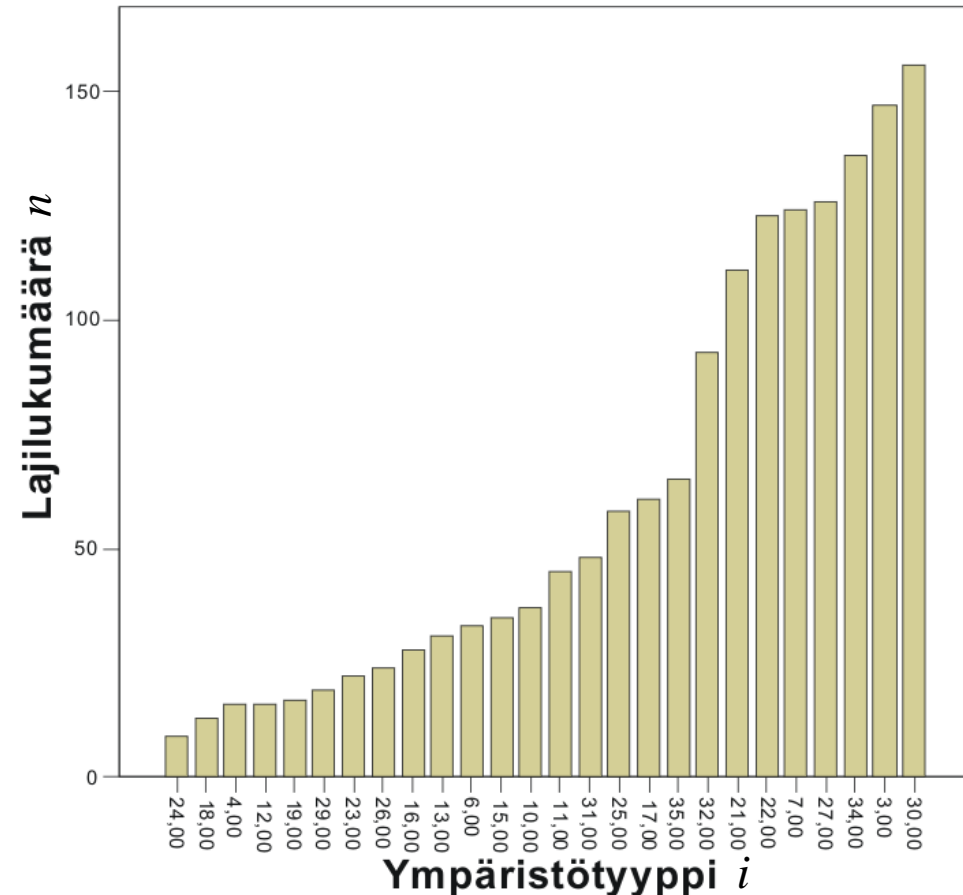
$$i \in [1,26], j \in [1,8], k \in [1,4],$$

missä

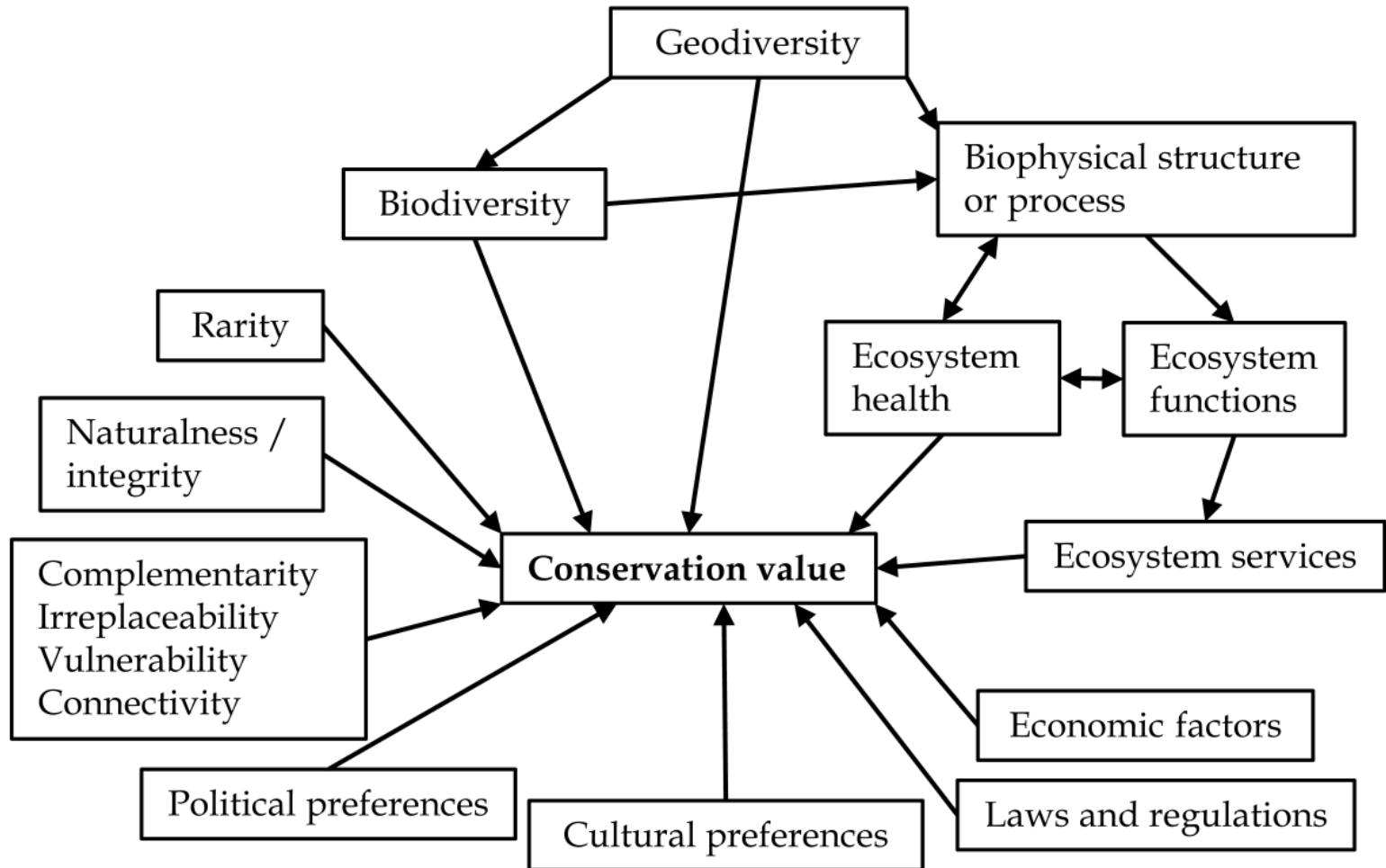
$n_{i,j,k}$  on lajien lukumäärä,

$w_j$  uhanalaisuusluokan  $j$  painoarvo ja

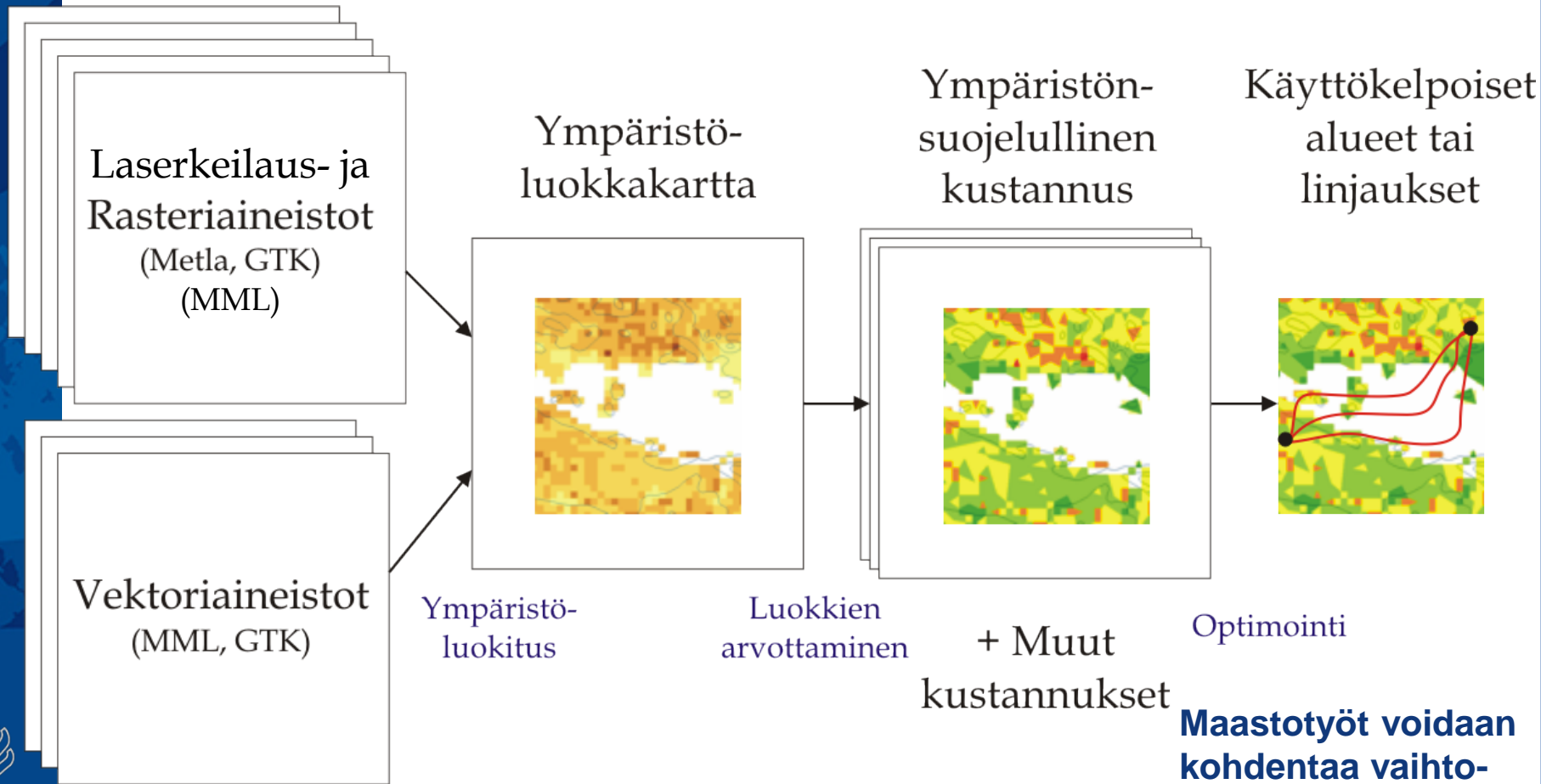
$c_k$  suosituimmuusluokan  $k$  painoarvo.



# Laajempi näkemys luonnonsuojelullisen arvon määräytymisestä



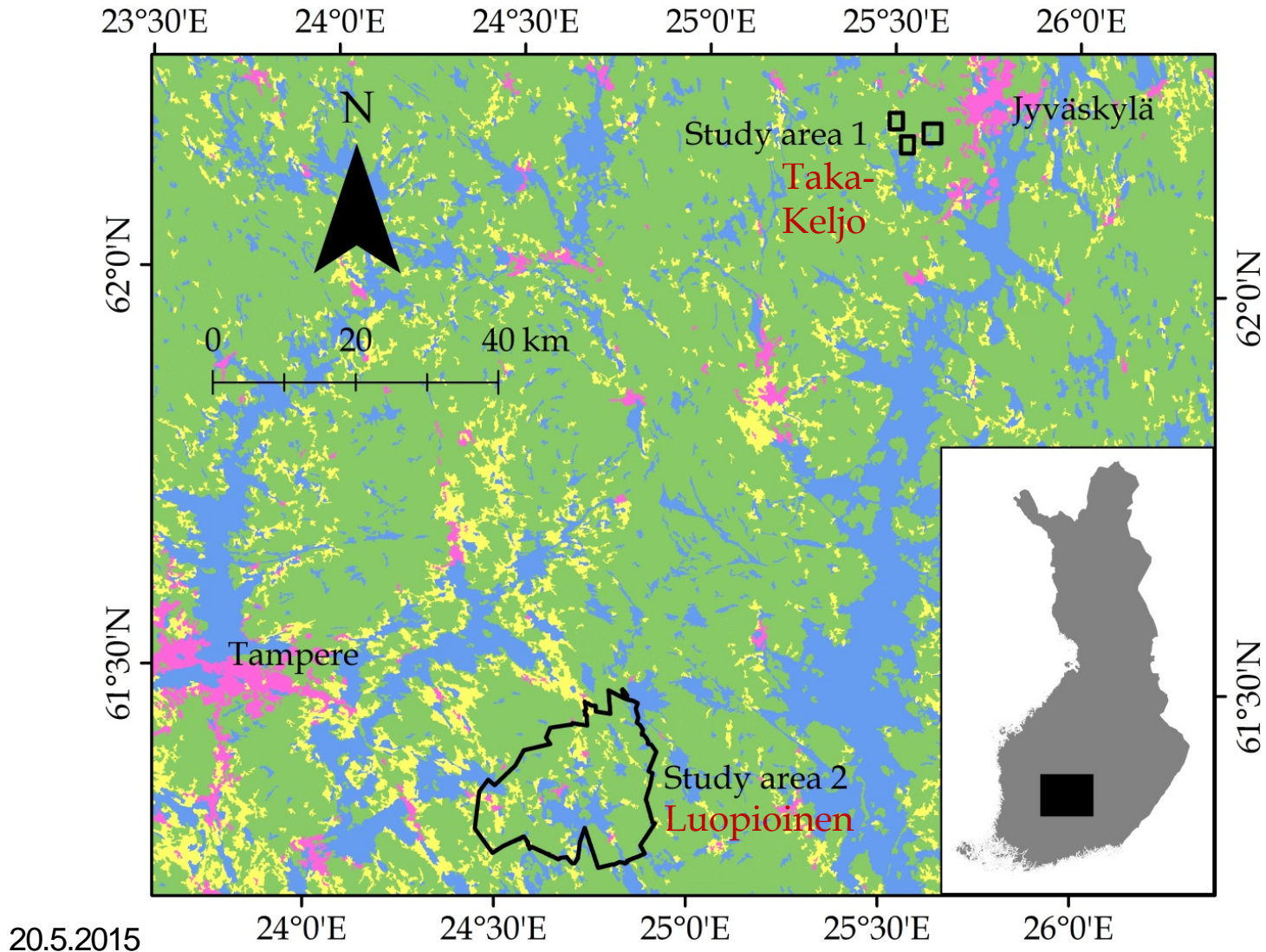
# Maankäytön suunnittelujärjestelmän perusideat 2



**Maastotyöt voidaan kohdentaa vaihtoehtojen vertailuun!**



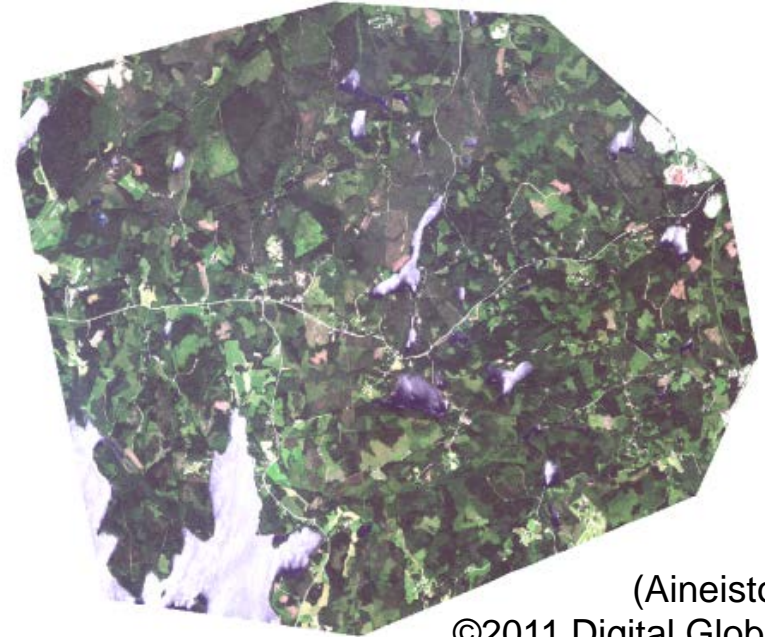
# Tutkimuksen kohdealueet



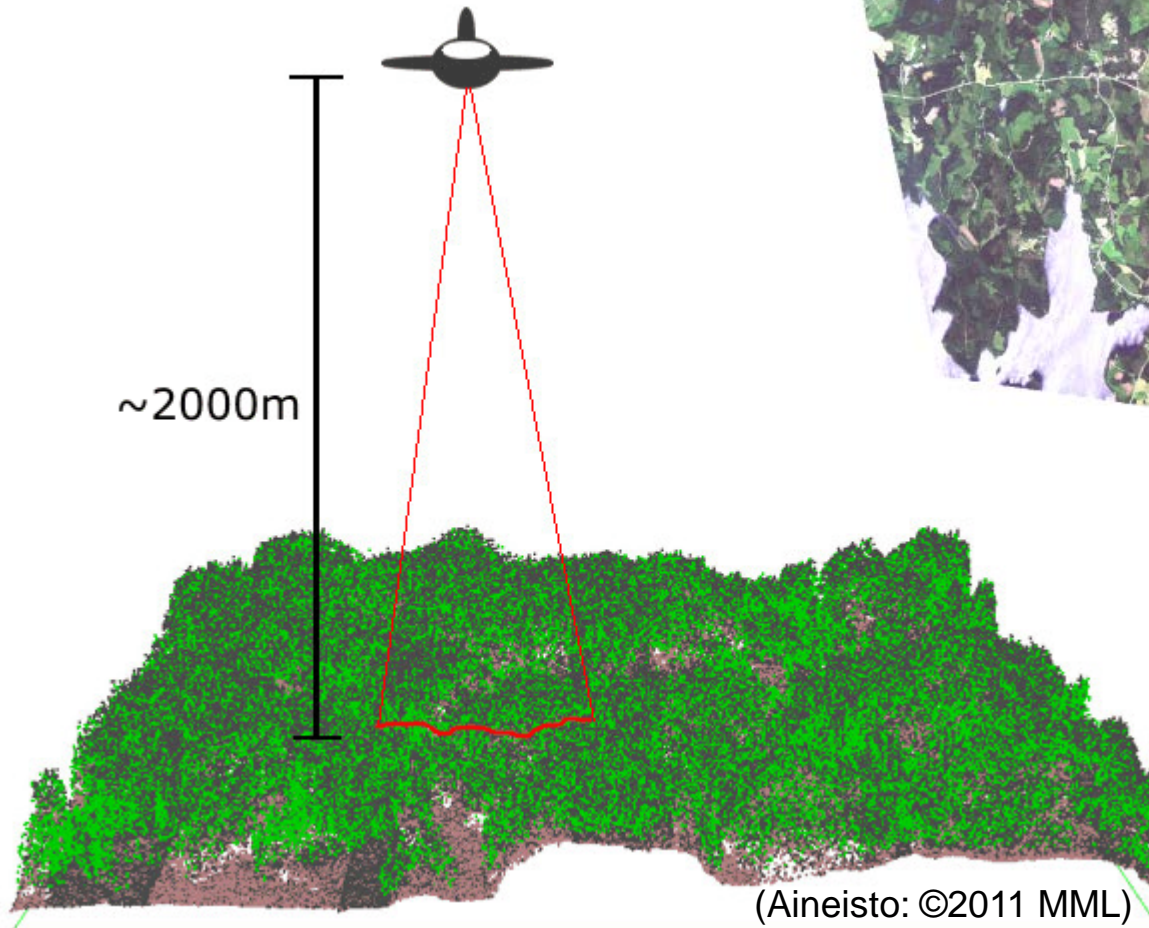


# Ensisijaiset kaukokartoitusaineistot

- Satelliitti- tai ilmakuvat →
- Laserkeilausaineistot



(Aineisto: ©2011 Digital Globe)



(Aineisto: ©2011 MML)



# Keskeisimmät aineistot

<u>Aineisto</u>	<u>Yksityiskohtaisuus</u>	<u>Vuosi</u>	<u>Tuottaja/julkaisija</u>	<u>Käyttö</u>
WorldView-2	2 m	2010	Digital Globe Inc.	Luokittelu
Laserkeilaus	2 m	2008-10	Maanmittauslaitos	Luokittelu
Ilmakuvasarja	20 cm	2007	Jyväskylän kaupunki	Luokittelu
Ilmakuvasarja	40 cm	2011	Pirkanmaan Metsäkeskus	Luokittelu
Ilmakuvia	50 cm	2010-12	Maanmittauslaitos	Luokittelu
Maastotietokanta	1:10 000	2010	Maanmittauslaitos	Luokittelu
Maaperäkartta	1:20 000	1972-2007	Geologian tutkimuskeskus	Luokittelu
Kallioperäkartta	1:200 000	2009	Geologian tutkimuskeskus	Luokittelu
MVMI	20 m	2009	Metsäntutkimuslaitos	Verrokki
Corine Land Cover	25 m	2010	Suomen ympäristökeskus	Verrokki
Maastoaineistot	Kuvioaineisto	2011	Jyväskylän yliopisto	Validointi
	Kuvioaineisto	2005	Jyväskylän kaupunki	Validointi
	Kuvioaineisto	1998-2011	Pirkanmaan Metsäkeskus	Validointi
	Kuvioaineisto	2006	Metsähallitus	Validointi

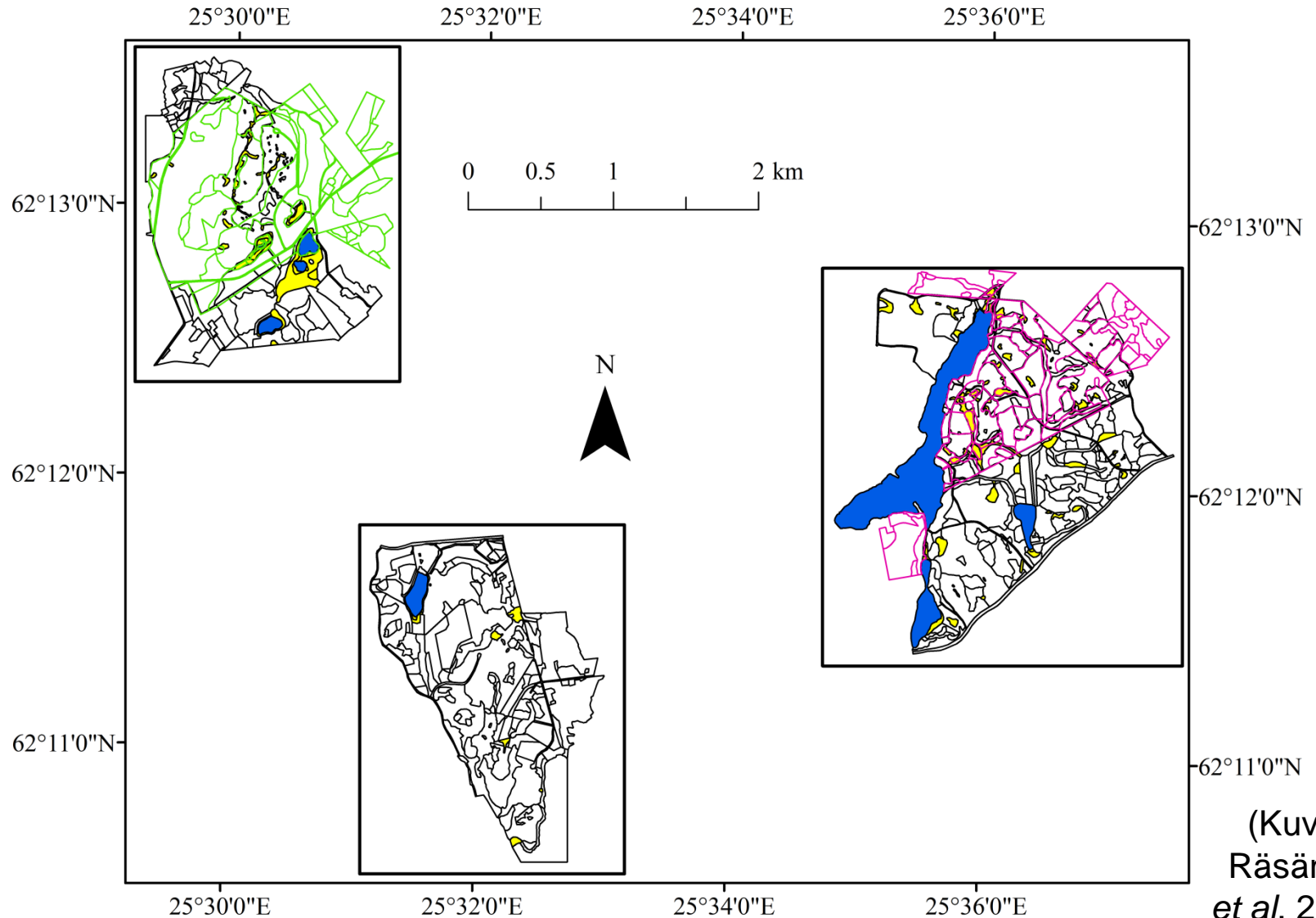


METLA

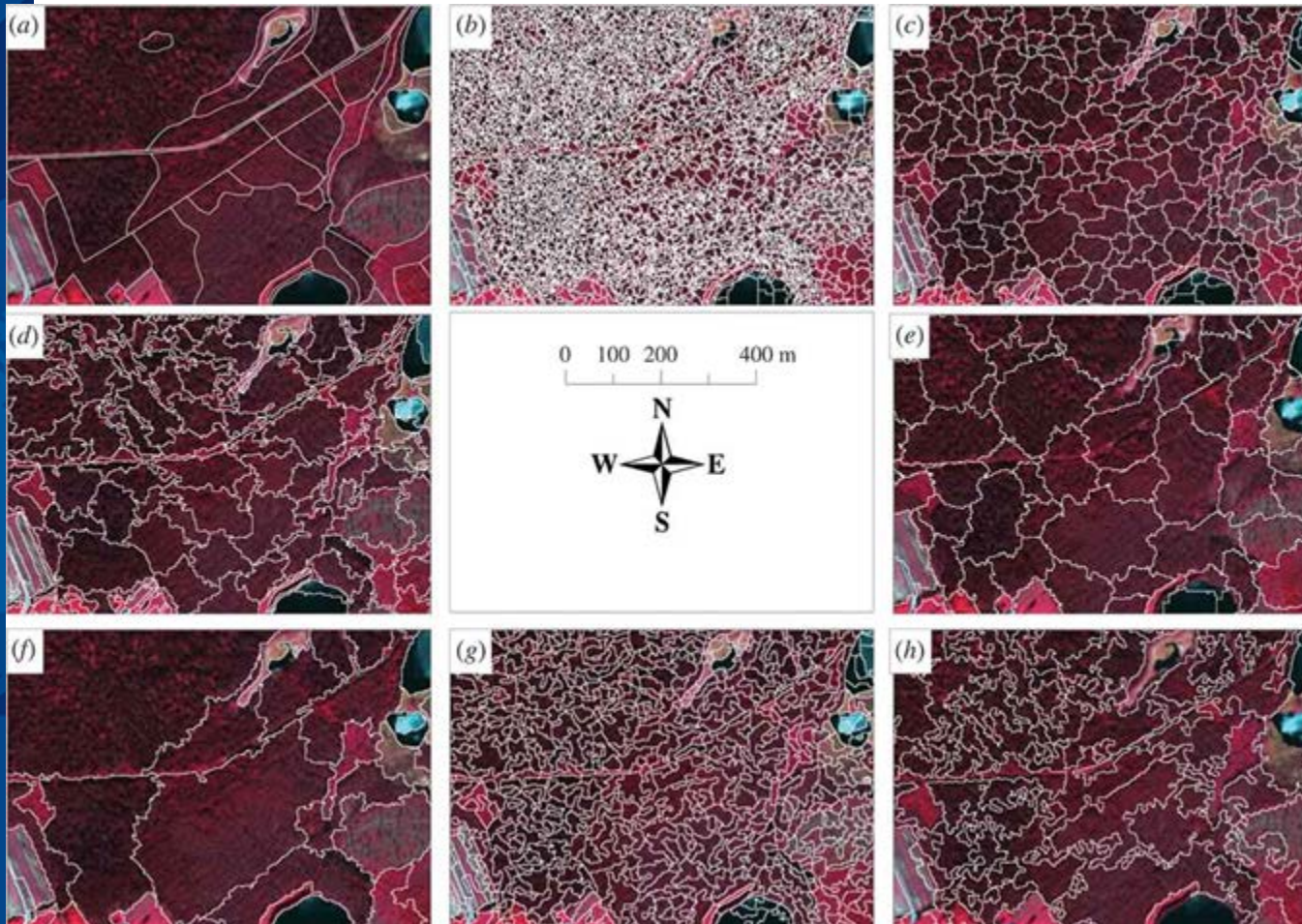


JYVÄSKYLÄ

# Esimerkki referenssimonikulmioaineistoista – Taka-Keljo



# Vaihe 1 – Objektiperustainen kuva-analyysi ja maastoalueiden segmentointi



**Examples of classification accuracies for some segmentations:**

Segmentation	ACC
FNEA_b_s5_c.75	0.69
FNEA_c_s5_c.75	0.69
FNEA_a_s10_c.5	0.71
FNEA_c_s10_c.5	0.72
FNEA_d_s15_c.25	0.71
FNEA_a_s20_c.75	0.69
FNEA_b_s25_c.5	0.66
FNEA_d_s35_c.5	0.66
FNEA_c_s50_c.75	0.65
IDRISI_d_s30_m9v1	0.70
IDRISI_c_s40_m5v5	0.69
IDRISI_b_s70_m9v1	0.60

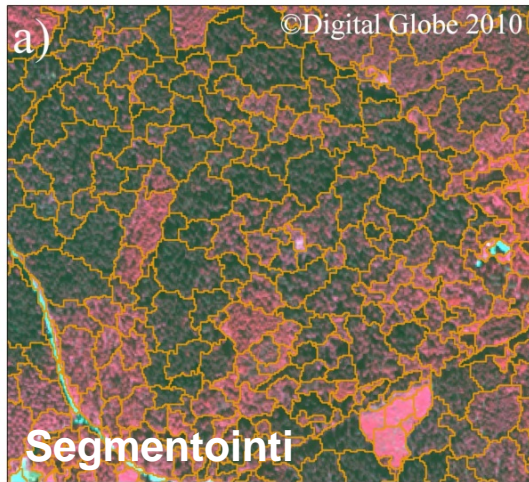


# Segmentoinnin arviointitavat

- Segmentointimenetelminä käytettiin:
  - eCognitionin Fractal Net Evolution Approach (FNEA)
  - IDRISI Taiga -ohjelman Segmentation
- Aineistot: WorldView-2 + laserkeilaus, 2 m pikselikoko
  - Alueena: Taka-Keljo, vertailu referenssimonikulmioihin
- Vertailtiin 23 segmentoinnin laskennallista arviointimenetelmää
  - Mukana alue- ja sijaintipohjaisia menetelmiä, mm.
    - Ylisegmentointia arvioivia
    - Alisegmentointia arvioivia
    - Sijainteja / alueen vastaavuutta vertailevia
- Eivät toimineet eteläboreaalisen metsämaaston tapauksessa kunnolla, koska luontotyypit eivät ole selvärajaisia alueita
  - Visuaalinen tarkastelu ja vertailu antoi varmimmat tulokset



# Vaihe 2 – Maastoalueiden luokittelu



0 250 500 m

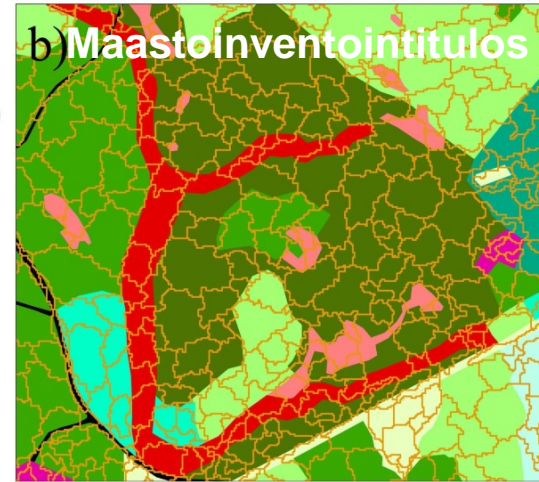
segmentation

N

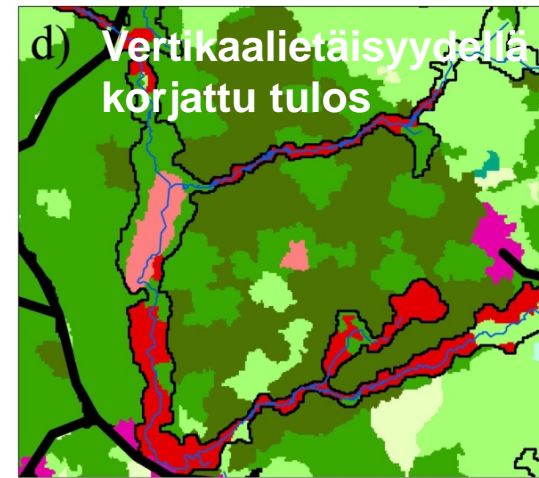
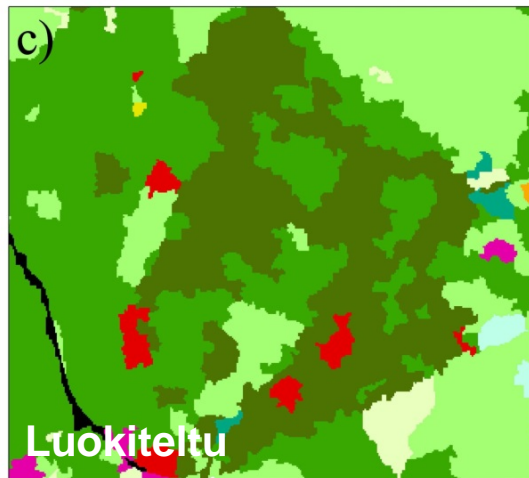


Habitat type

- no data
- mesic1
- mesic2
- mesic3
- mesic4
- herb-rich1
- herb-rich2
- herb-rich3
- spruce mire
- streamside
- meadow
- field
- road
- yard



stream  
1 m vertical distance



# Luokittelun yksityiskohtia

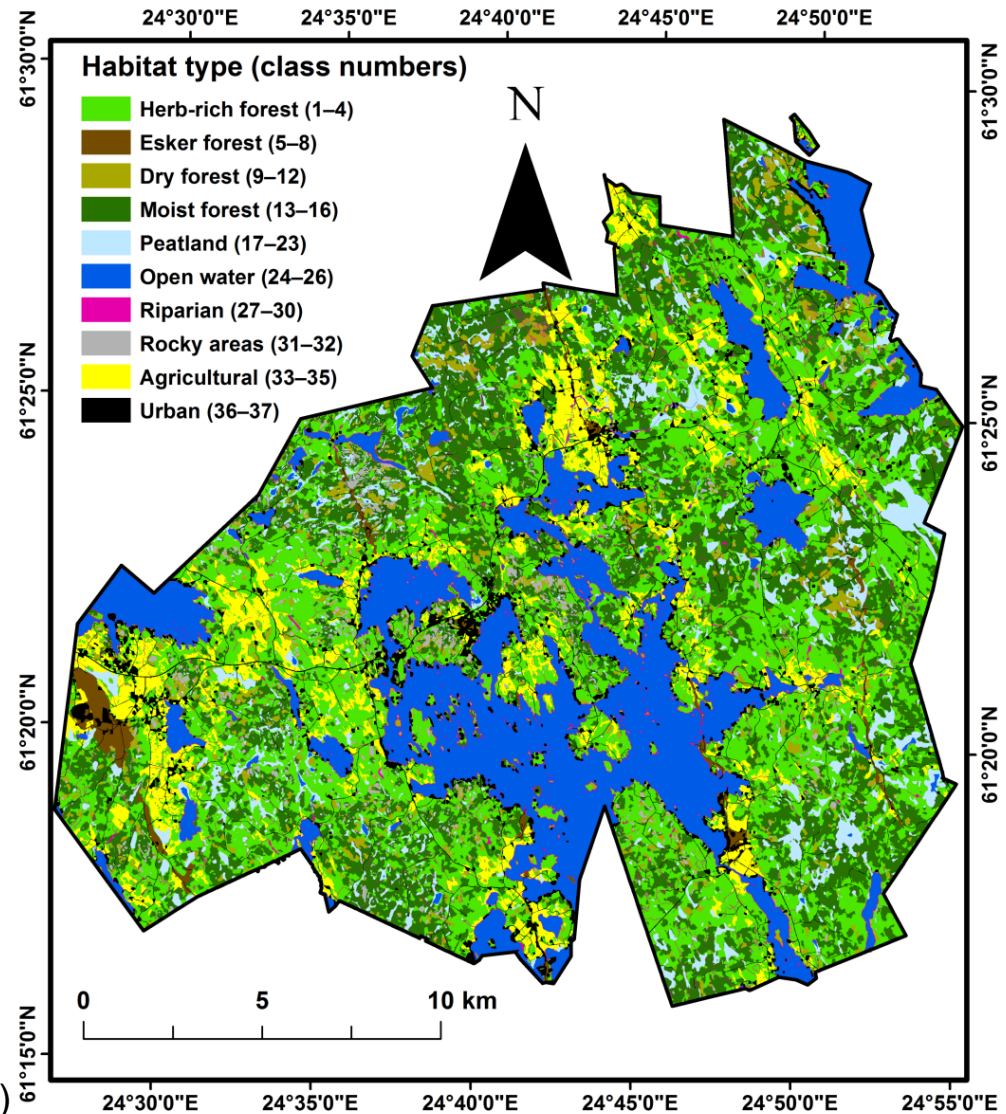
- **Aineistot: WorldView-2, laserkeilaus**
  - Laskettiin 328 erilaista piirrettä
  - Mm. taajuuskaistoja, topografisia ja tekstuuripiirteitä
  - Vertailuaineistona referenssimonikulmiot
  - 15 eri luontotyyppiä: eri metsissä useita sukkessiovaiheita ja soissa kuivatettuja ja luonnontilaisia
- **Luokitteluun käytettiin R:n RandomForest-luokittelijaa**
  - Toimivimpien piirteiden valinta Boruta-menetelmällä
- **Parhaat luokittelutarkkuudet n. 79 %**
  - Jos eroja sukkessiovaiheissa tai kuivatustilassa ei pidetty virheinä, parhaat tulokset olivat n. 86 %



# Vaihe 3 – Luonnonsuojelullisen arvon tarkentaminen

## Maastoalueiden luonnonsuojelullisen arvon estimaattia edelleen tarkennettiin

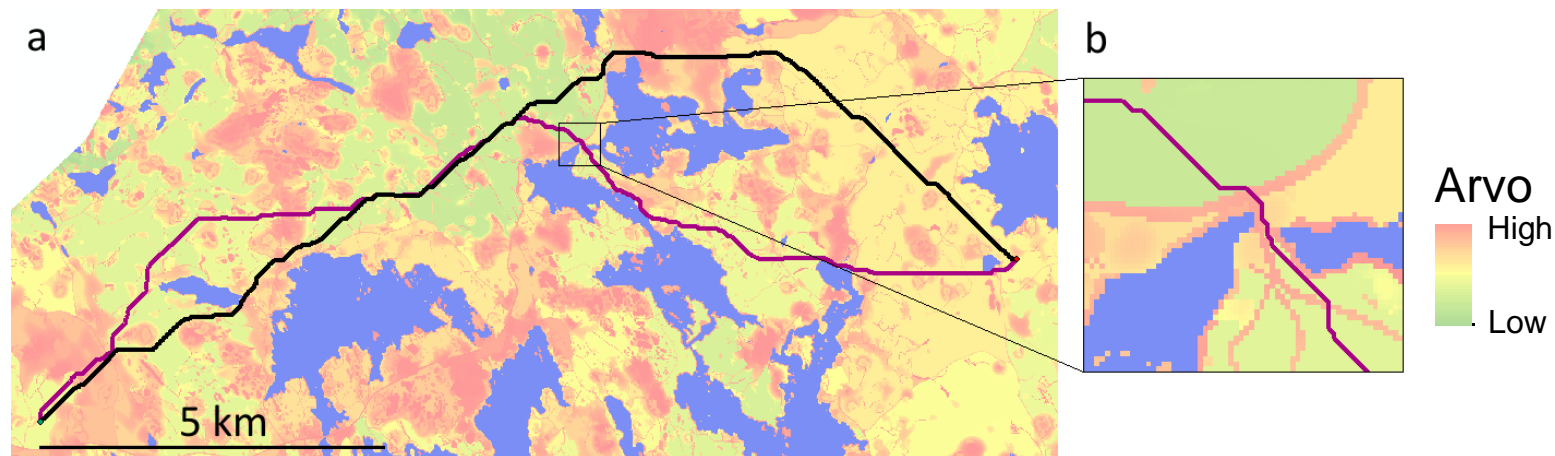
- Tutkimalla alueiden kytkeytyneisyyttä ja korvaavuutta
- Systemaattinen suojelualuesuunnittelu Zonation-ohjelmalla
- Tutkimusalueena Pälkäneen kunnan Luopioinen





# Vaihe 4 – Rasteripohjainen linjausten optimointi

- Maankäytön optimointia varten tuotettu suojeleuarvon kuvioaineisto muunnetaan 5 – 10 m rasterimuotoon
  - Valmiit optimointimenetelmät eivät suoraan kelpaa, koska kaikkia haluttuja kriteerejä ei voi muuntaa kustannuspinnaksi
  - Esim. linjauksen suoruus tai leveys esimerkkejä tällaisista



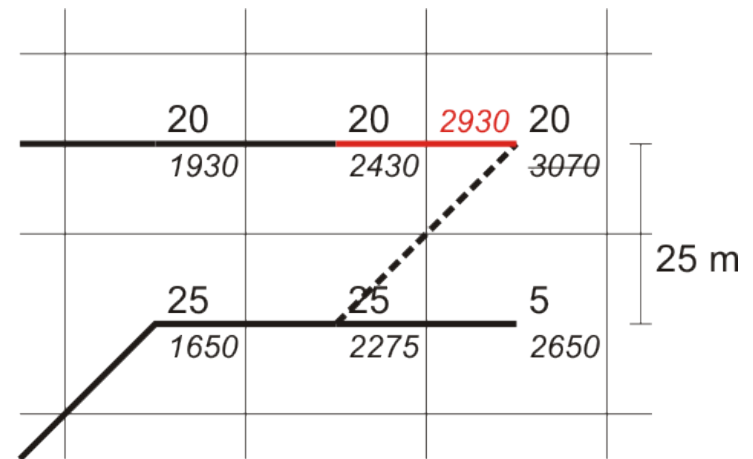
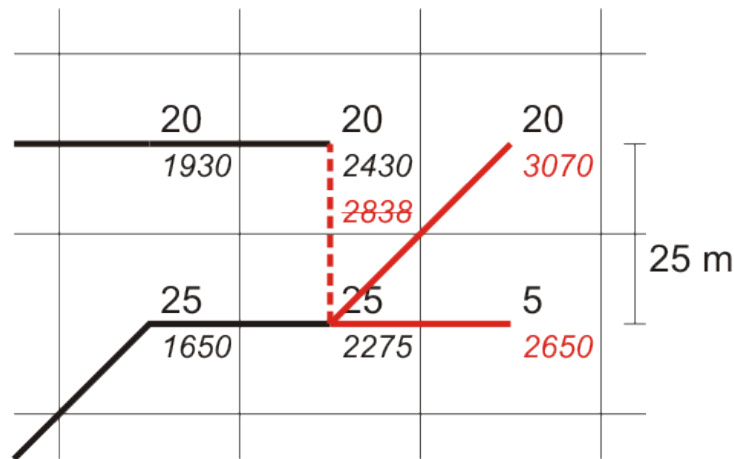
(Violetti = ArcGIS, Musta = oma toteutus)

(Kuva: Lensu *et al.* 2014)



# Linjauksen optimoinnin periaate

- Linjaus optimoidaan Dijkstran algoritmilla rasterissa
  - Maastokäytävän leveys  $\Rightarrow$  Huomioidaan ympäröivät pikselit
  - Pikselikokoa ei tarvitse kasvattaa  $\Rightarrow$  Tarkempi tulos
  - Suoruus tutkittavissa optimoinnin edetessä
- Esimerkki yksinkertaisesta rasterioptimoinnista:



- Askelen kustannus =  $\Sigma$  osamatkat  $\times$  kustannusarvot



# Toteutetun menetelmän ominaisuuksia

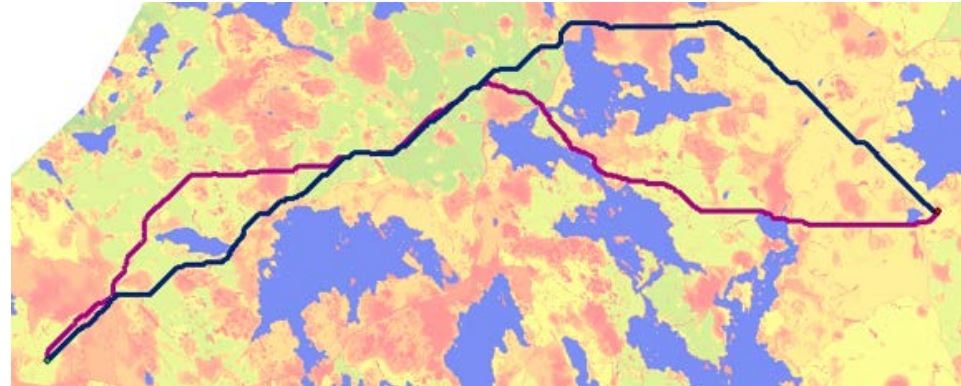
- C-kielinen ohjelmalaajennus R-tilasto-ohjelmaan
- Voidaan määritellä kiellettyjä tai estoalueita maskina
  - (Luonnon)suojelualueet, Natura 2000 -alueet, jne.
  - Pintavedet (tai myös pohjavedet, jos estää käytön)
  - Ennestään rakennetut alueet, kaavoitus
- Voidaan määritellä useita kustannuksia,  $cost_i$ 
  - Estimoitu luonnonsuojelullinen kustannus
  - Maaston kaikenlaisiin piirteisiin liittyvät kustannuspinnat:
    - Hankala topografia / maa- tai kallioperä
    - Omistussuhteet, maisema-arvot
  - Myös linjauksen suoruteen tai leveyteen liittyviä ehtoja
- Kaikille kriteereille voidaan määritellä painot,  $weight_i$



# Esimerkkejä tuloksista

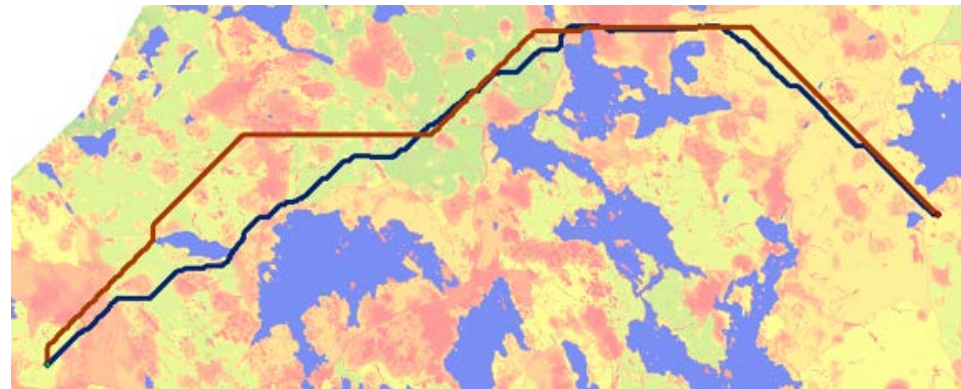
ArcGIS (vain 10 m  
leveä käytävä)

Leveä maastokäytävä  
(minimikustannukset)



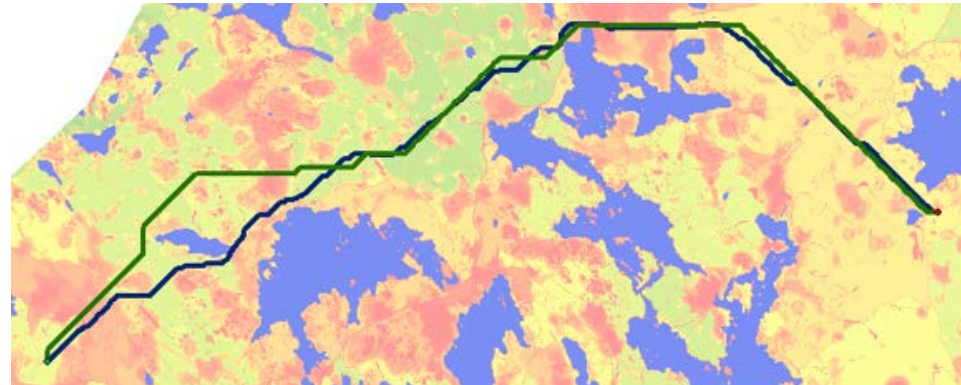
Leveä käytävä,  
suoruudella suuri paino

Leveä maastokäytävä  
(minimikustannukset)



Leveä käytävä,  
suoruudella keski-  
kokoinen paino

Leveä maastokäytävä  
(minimikustannukset)



Arvo  
High  
Low



# Kehitystarpeita

- **Harvinaisten luontokohteiden tunnistamista parannettava**
  - Niiden erillisiä luokittelumenetelmiä kehitetään uusissa graduissa
- **Suorusedellytys valitsee liian helposti väli-ilmansuuntia**
  - Suoruskriteeri on suunniteltu ja toteutettu uudelleen
  - Testaukset on vielä tekemättä
- **Kriteerien painotukset eivät ole vielä yhteismitallisia**
  - Eri kriteereille tulee käyttää ihan erilaisia painoarvoja, jos ne haluaa määritellä ratkaisun kannalta yhtä tärkeiksi
  - Kriteerien tasapainotusta miltei tasa-arvoiseksi on mietitty
- **Menetelmää tulisi testata todellisessa kohteessa**
  - Kaava-aineistot mukaan; ehkä jokin tuleva gradutyö



# Kiitokset

## ■ Yhteistyökumppanit:

- FT Aleksi Räsänen
- Prof. Markku Kuitunen
- Prof. Erkki Tomppo, Luke (Metla)
- Prof. Jan Hjort, Oulun yliopisto
- FM Antti Rusanen
- FM Asta Vaso
- KM Tuomo Kuitunen

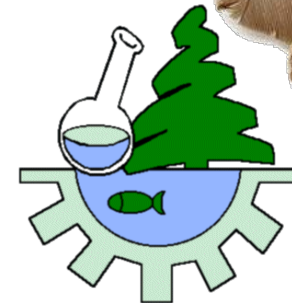
## ■ Rahoittajat:



MAJ AND TOR NESSLING FOUNDATION



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO



EnSTe doctoral programme



# Artikkelit

Rossi E. & Kuitunen M. 1996. Ranking of habitats for the assessment of ecological impact in land use planning. *Biological Conservation* 77: 227–234.

Räsänen A., Rusanen A., Kuitunen M. & Lensu A. 2013.

What makes segmentation good? A case study in boreal forest habitat mapping. *International Journal of Remote Sensing* 34 (23): 8603–8627.

Räsänen A., Kuitunen M., Tomppo E. & Lensu A. 2014. Coupling high-resolution satellite imagery with ALS-based canopy height model and digital elevation model in object-based boreal forest habitat type classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 94: 169–182.

Lensu A., Räsänen A. & Kuitunen M. 2014. Land use planning framework for object-based habitat type classification data. *South Eastern European Journal of Earth Observation and Geomatics* 3 (2): 607–610.

Räsänen A., Lensu A., Tomppo E. & Kuitunen M. 2015. Comparison of different remote sensing and GIS methods to evaluate conservation values and ecosystem services in Southern Finland. Submitted.

