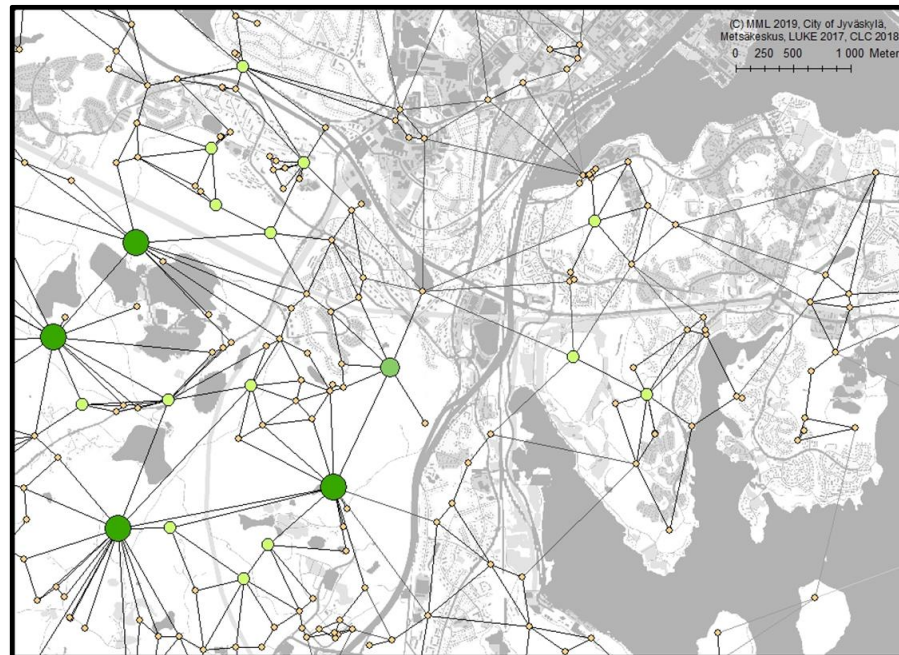


Liito-orava –LIFE –kaupunkiwebinaari
08.09.2021

Liito-oravan elinympäristöverkoston mallinnus ja työkaluja verkoston suojelun ja maankäytön yhteensovittamiseen

Maari Kosma
Tohtoriopiskelija
Jyväskylän yliopisto



JYVÄSKYLÄ



Suomen Luonnonsuojelun Säätiö
Naturskyddsstiftelsen i Finland



Suomen Biologian Seura Vanamo ry
Societas Biologica Fennica Vanamo



UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ
DEPARTMENT OF BIOLOGICAL AND
ENVIRONMENTAL SCIENCE



Pro gradu -tutkielma

Ekologisten verkostojen suojelu kaupunkien laajentuessa: liito-orava Jyväskylässä

Ohjaajat

Rémi Duflot

Tutkija

Jyväskylän yliopisto

Kyle Eyvindson

Vanhempi tutkija

Jyväskylän yliopisto

Yhteistyössä

Anne Laita

Kaavoitusbiologi

Jyväskylän kaupunki



LIFE17/NAT/FI/000469

Master's Thesis

Conserving ecological networks in the context of
urban expansion: Siberian flying squirrel in
Jyväskylä

Maari Kosma



University of Jyväskylä

Department of Biological and Environmental Science

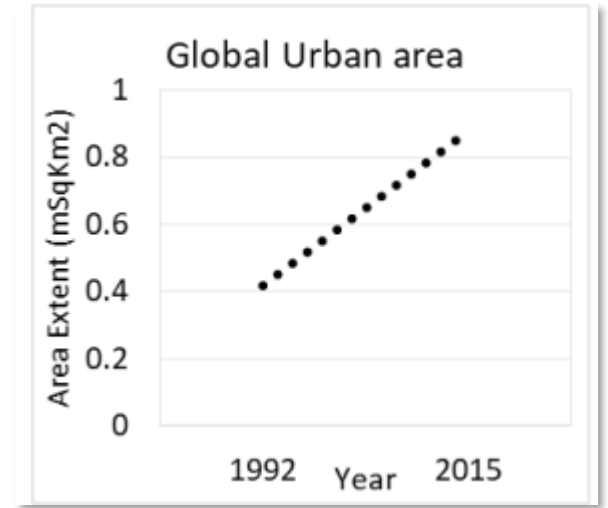
Ecology and Evolutionary Biology

21 October 2020

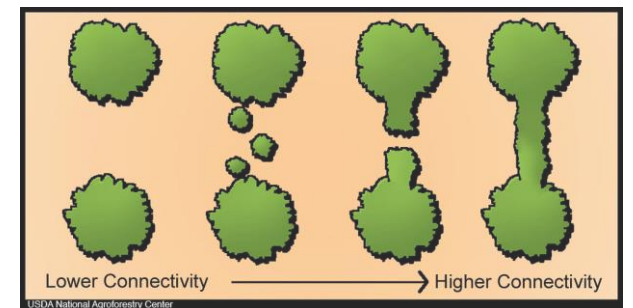
Biodiversiteetin häviäminen ja kaupungistuminen

- Kaupungistuminen jatkuvasti kasvavassa roolissa luonnon monimuotoisuuden häviämisessä
- Kaupunkialueiden laajentuminen ja tiivistyminen johtaa elinympäristöjen häviämiseen ja pirstoutumiseen
- Elinympäristöjen kytkeytyneisyys on tärkeää lajeille

→ Kuinka rakentaa kaupungit, jotta kytkeytyneisyys voidaan säilyttää ja näin suojella luonnon monimuotoisuutta?



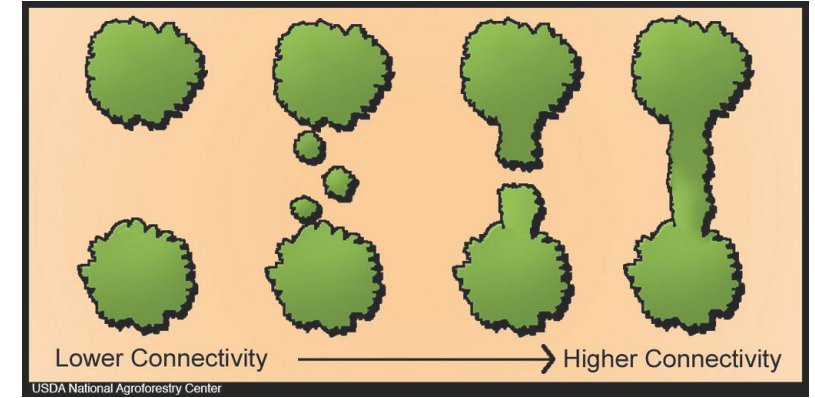
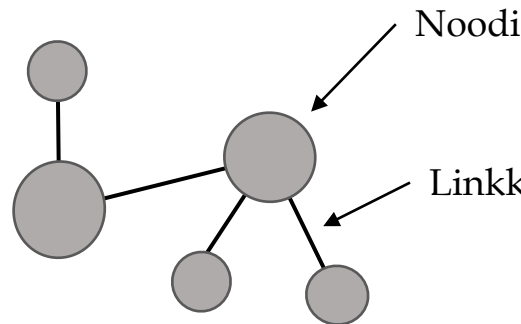
IPBES 2019



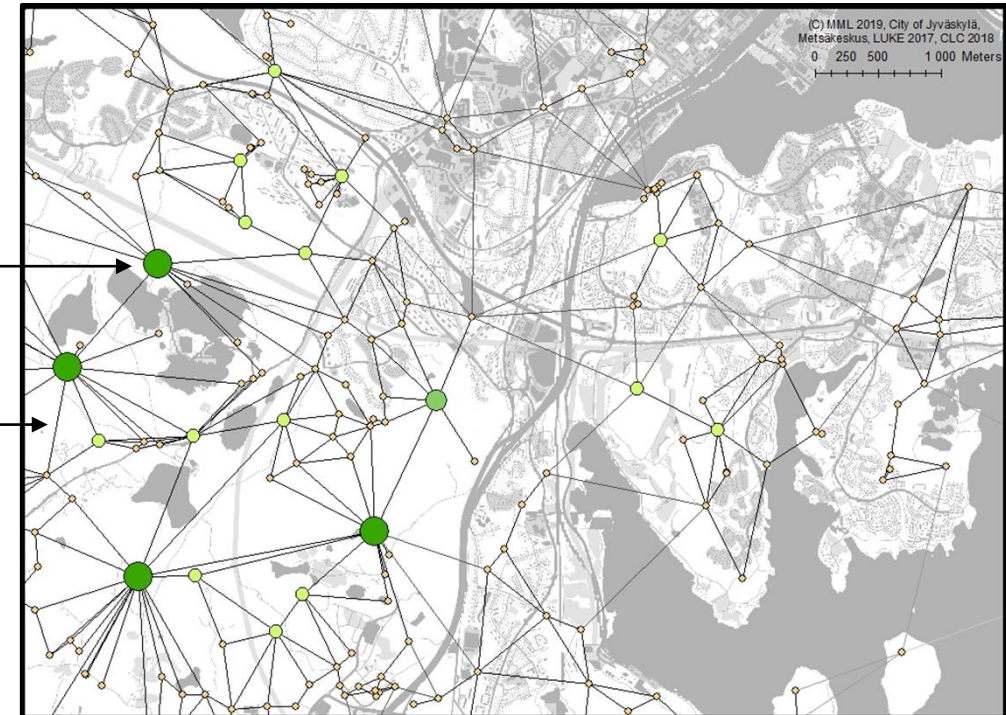
<https://www.flickr.com/photos/139938511@N02/30720903823>

Kytkeytyneisyys & graafiteoria

- Kytkeytyneisyys
 - "Missä määrin maisema helpottaa tai estää liikkumista elinympäristöjen välillä"
 - Voidaan mitata kvantitatiivisesti
- Spatiaalinen graafi
 - Yksinkertainen esitys maisemasta
 - Noodit + linkit
 - Kytkeytyneisyysarvo

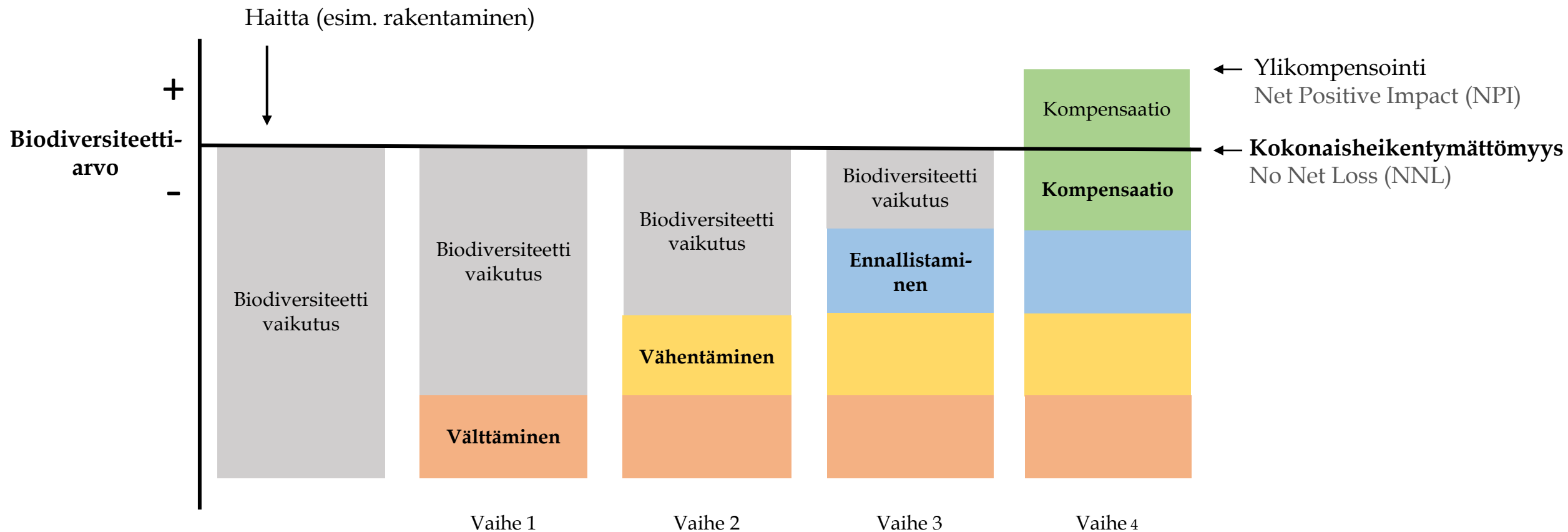


<https://www.flickr.com/photos/139938511@N02/30720903823>



(Taylor et al. 1993, Urban & Keitt 2001)

Mitigaatiohierarkia / lievennyshierarkia

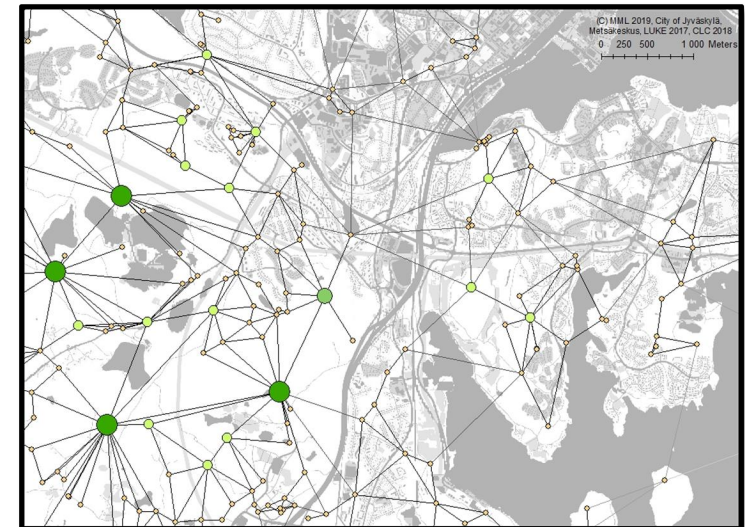
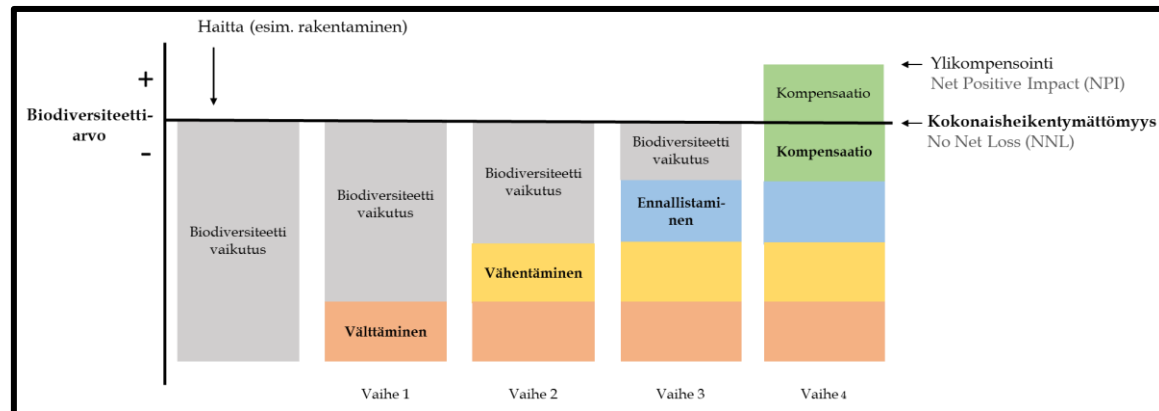


Sovellettu: CSBI (2015)

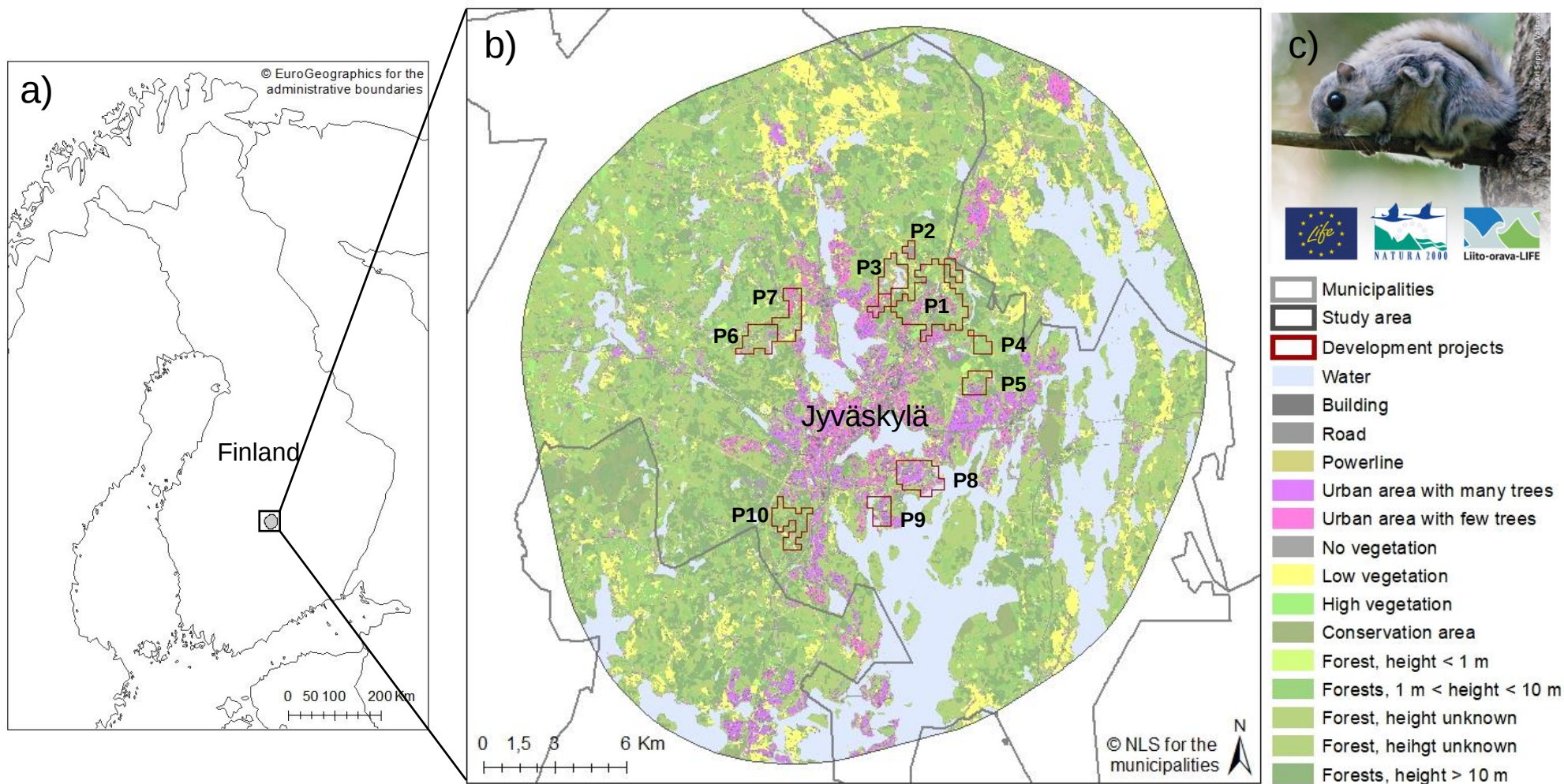
→ Käytetään usein vain paikallisella tasolla yksittäisissä hankkeissa!

Tavoite

- Sovittaa mitigaatiohierarkia maisematasolle kytkeytyneisyyden suojelemiseksi spatiaalisten graafien avulla
 - ”kytkeytyneisyyden kokonaisheikentymättömyys”
 - Tuottaa menetelmiä maankäytön suunnittelun tueksi



Tutkimusesimerkki: Liito-orava Jyväskylässä



Yleiskatsaus menetelmistä

Spatiaalisen graafin luominen



Elinympäristökartta

+

Liikkumisen
kustannusta
kuvaava kartta

Least-cost path -
analyysi (LCP)

Elinympäristöverkostoa
kuvaava spatiaalinen
graafi

Projektien
kokonaisvaikutuk-
sien selvittäminen

Mitigaatiotaso 1:
välttäminen

Mitigaatiotaso 2:
vähentäminen

Mitigaatiotaso 3:
kompensointi

Skenaarioanalyysit muokkaamalla spatiaalista graafia

(Duflot et al. 2018)

(Bergès et al. 2020)

Yleiskatsaus menetelmistä

Spatiaalisen graafin luominen



Elinympäristökartta

+

Liikkumisen
kustannusta
kuvaava kartta

Least-cost path -
analyysi (LCP)

Elinympäristöverkostoa
kuvaava spatiaalinen
graafi

Projektien
kokonaisvaikutuk-
sien selvittäminen

Mitigaatiotaso 1:
välttäminen

Mitigaatiotaso 2:
vähentäminen

Mitigaatiotaso 3:
kompensointi

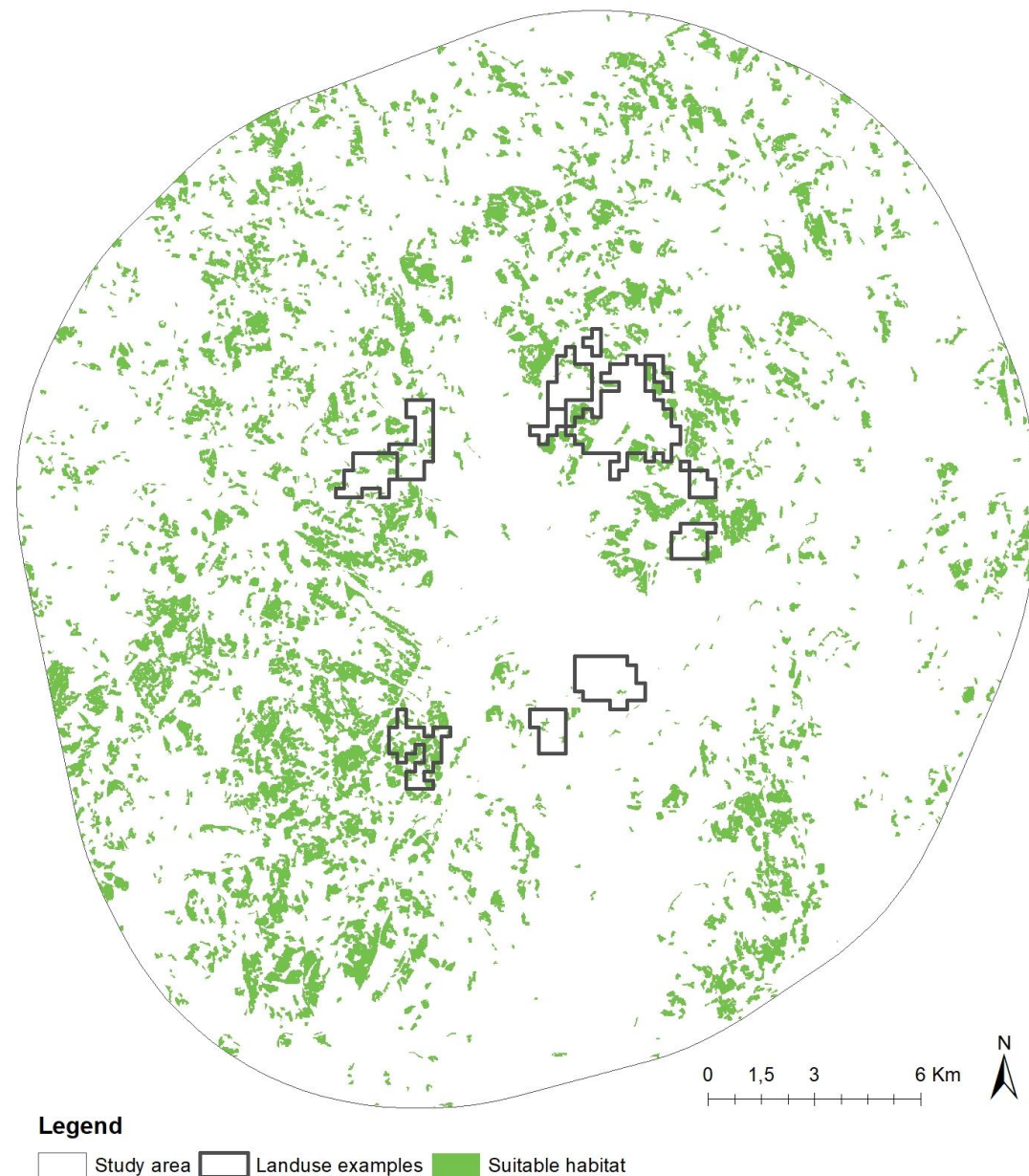
Skenaarioanalyysit muokkaamalla spatiaalista graafia

(Duflot et al. 2018)

(Bergès et al. 2020)

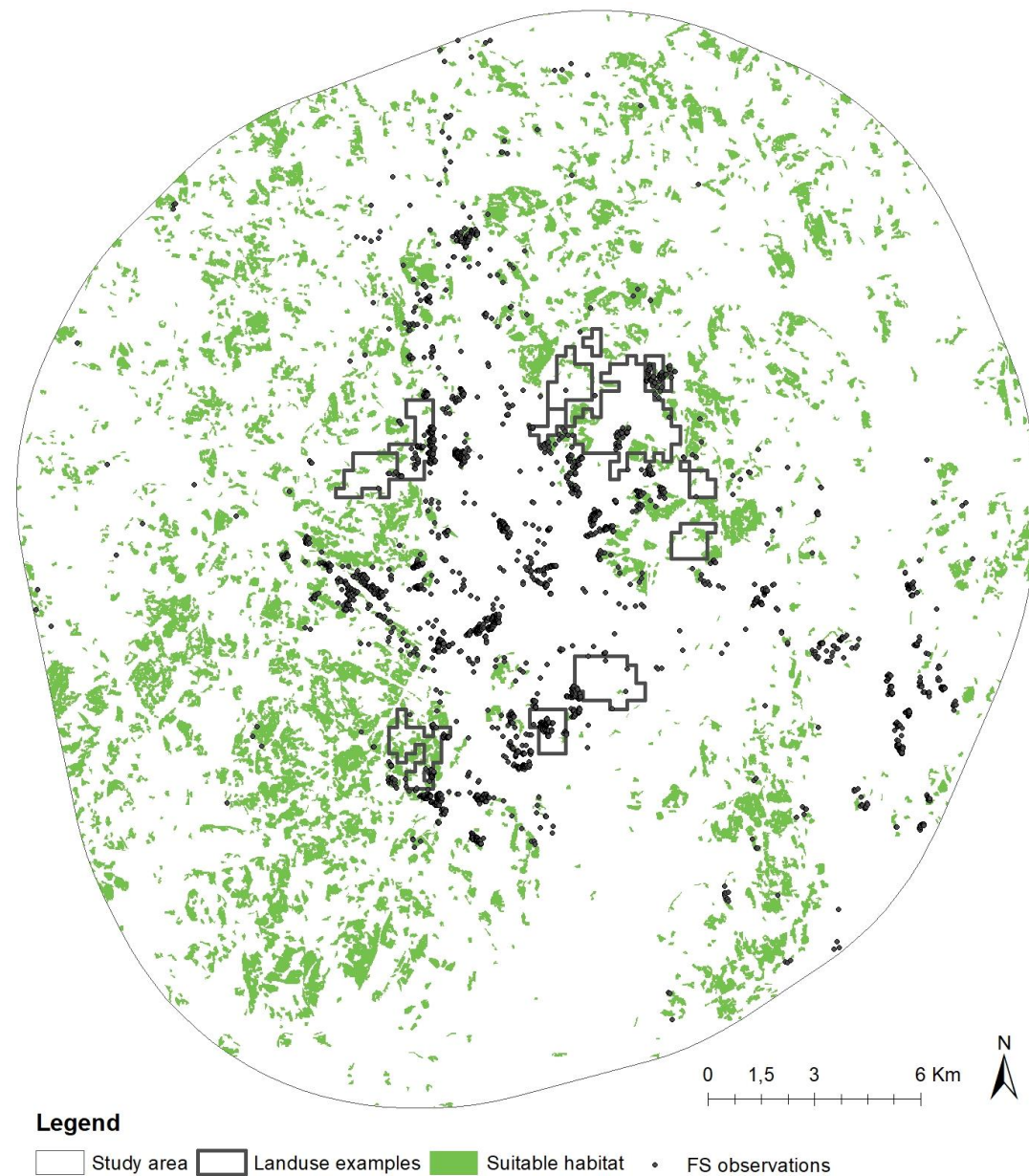
Sopivien elinympäristöjen mallinnus

- Asiantuntijatietoon perustuva elinympäristömalli (Mönkkönen et al. 2014)
 - Kuusen määrä
 - Kuusen osuus
 - Lehtipuiden määrä
- Metsäaineistot
 - Suomen metsäkeskus + LUKE



Sopivien elinympäristöjen mallinnus

Liito-orava havainnot (N = 4272)		
	N	% of all
Elinympäristöt	2467	57,7
Elinympäristöt + 40 m bufferi	3028	70,9



Yleiskatsaus menetelmistä

Spatiaalisen graafin luominen



Elinympäristökartta

+

Liikkumisen
kustannusta
kuvaava kartta

Least-cost path -
analyysi (LCP)

Elinympäristöverkostoa
kuvaava spatiaalinen
graafi

Projektien
kokonaisvaikutuk-
sien selvittäminen

Mitigaatiotaso 1:
välttäminen

Mitigaatiotaso 2:
vähentäminen

Mitigaatiotaso 3:
kompensointi

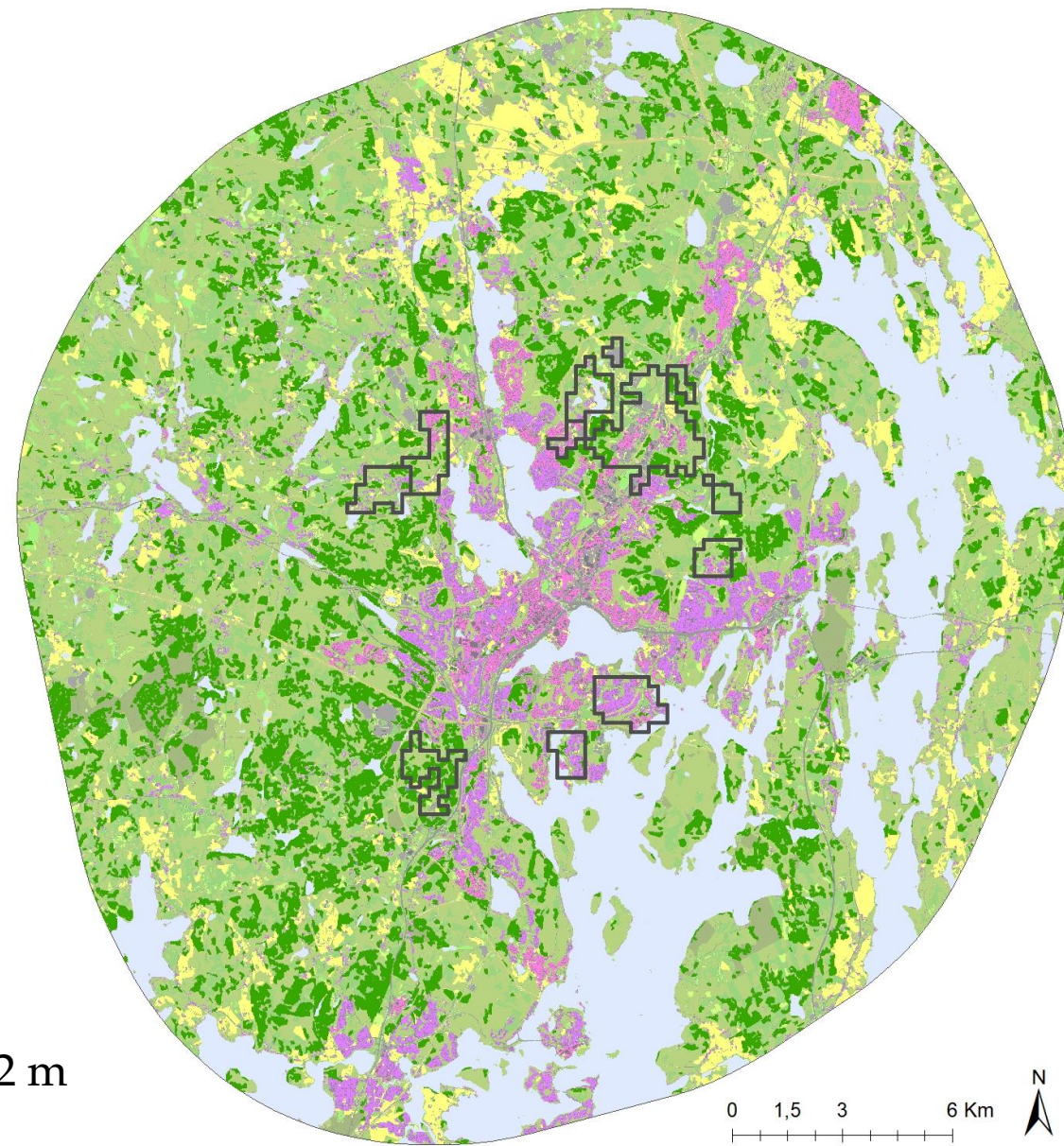
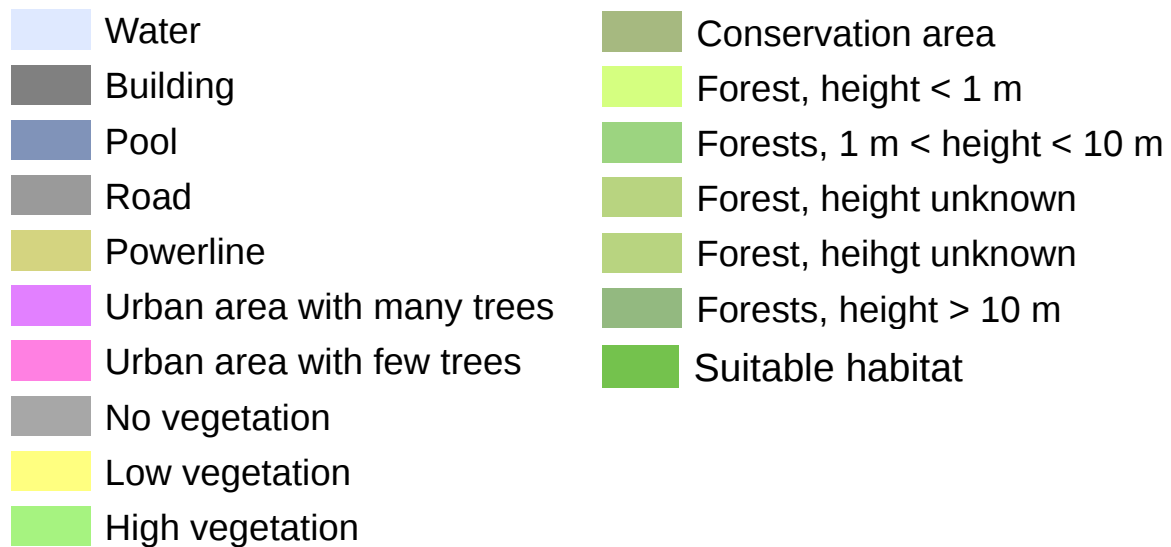
Skenaarioanalyysit muokkaamalla spatiaalista graafia

(Duflot et al. 2018)

(Bergès et al. 2020)

Liikkumisen kustannustaso

Maanpeite

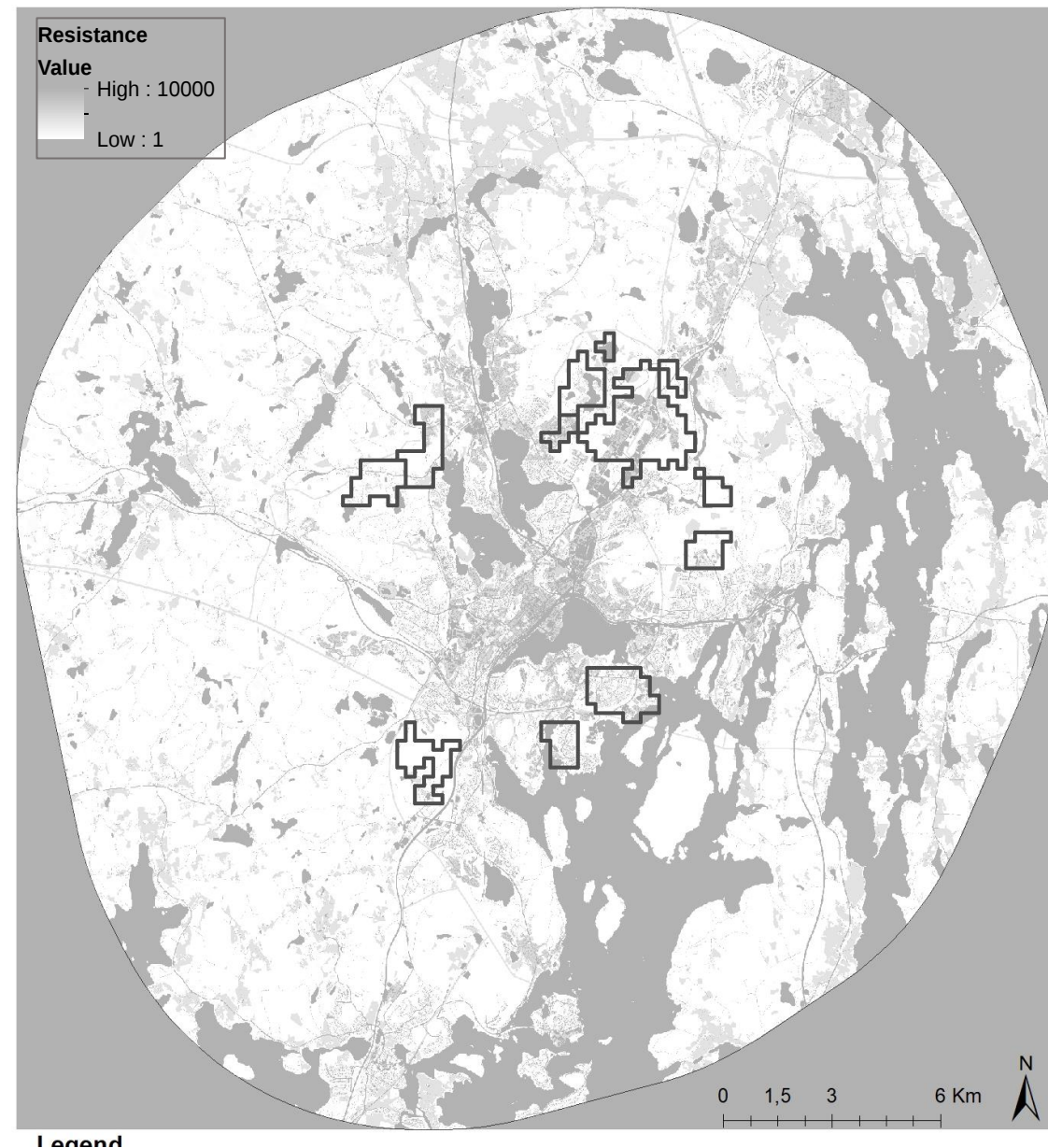


Resoluutio 2 x 2 m

Legend

Liikkumisen kustannustaso

Maanpeiteluokka	Kustannusarvo	Liikkuminen
Sopiva elinympäristö	1	hyvä
Metsä, korkeus > 10 m	2	hyvä
Luonnonsuojelualue	2	hyvä
Metsä, korkeus tuntematon	15	kohtalainen
Metsä, 1m < korkeus < 10 m	30	kohtalainen
Korkea kasvillisuus	80	kohtalainen
Kaupunkialue, useita puita	100	kohtalainen
Metsä, korkeus < 1 m	400	huono
Matalakasvillisuus	400	huono
Voimalinja	400	huono
Kaupunkialue, vähän puita	500	huono
Ei kasvillisuutta	1000	este
Tie	1000	este
Rakennus	1000	este
Vesi	1000	este
Maski	10000	tut.alueen raja



Yleiskatsaus menetelmistä

Spatiaalisen graafin luominen



Elinympäristökartta

+

Liikkumisen
kustannusta
kuvaava kartta

Least-cost path -
analyysi (LCP)

Elinympäristöverkosta
kuvaava spatiaalinen
graafi

Skenaarioanalyysit muokkaamalla spatiaalista graafia

Projektien
kokonaisvaikutuk-
sien selvittäminen

Mitigaatiotaso 1:
välttäminen

Mitigaatiotaso 2:
vähentäminen

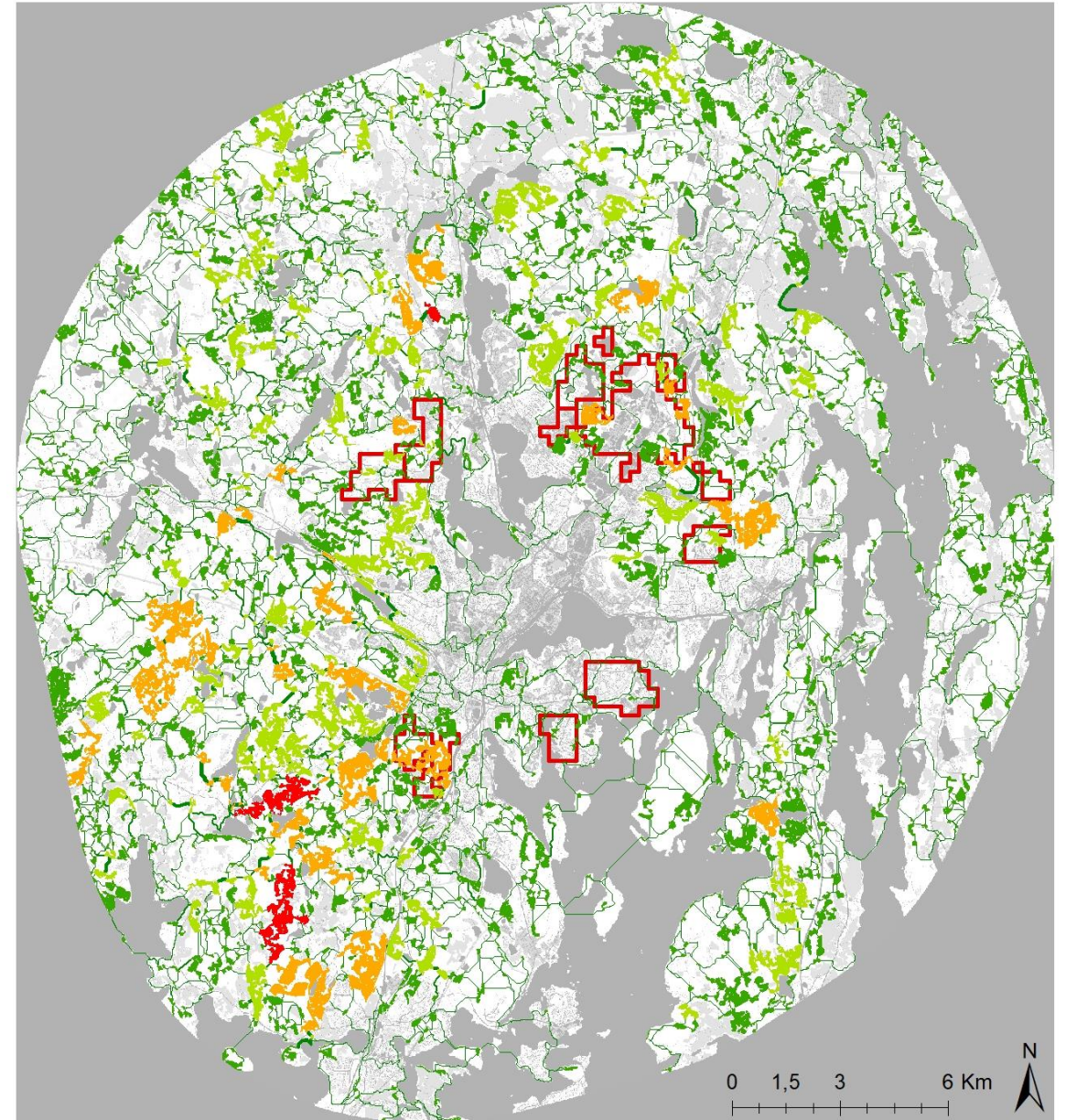
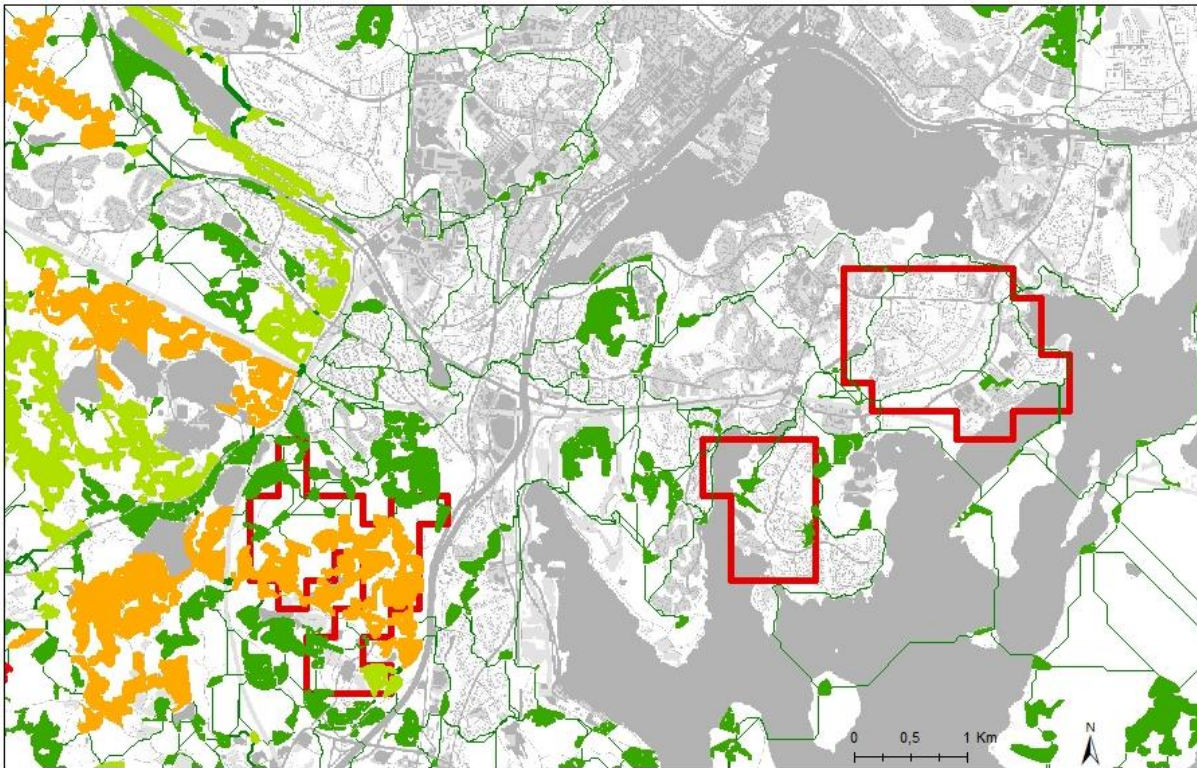
Mitigaatiotaso 3:
kompensointi

(Duflot et al. 2018)

(Bergès et al. 2020)

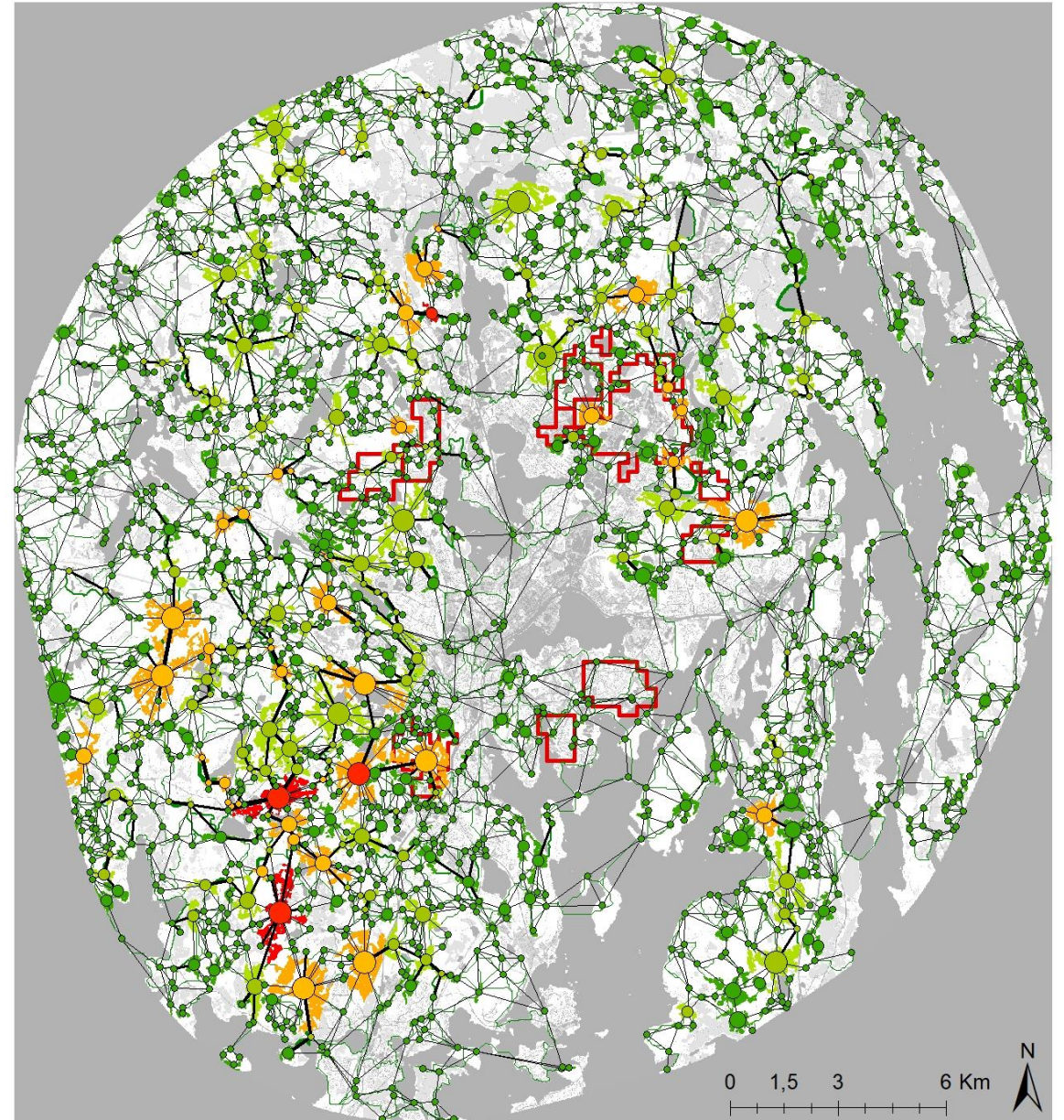
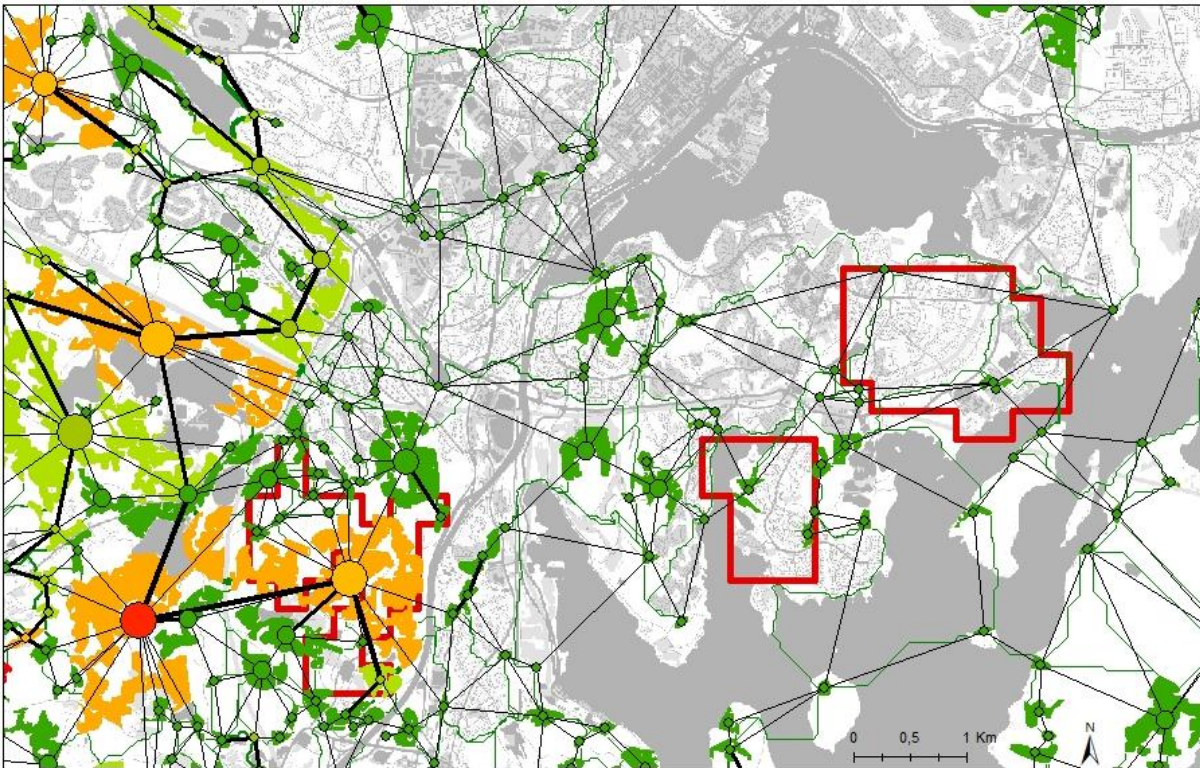
Spatiaalinen graafi

- LCP-analyysi laskee kumulatiivisesti pienimmän mahdollisen kustannusarvon omaavan polun kahden elinympäristölaikun välillä



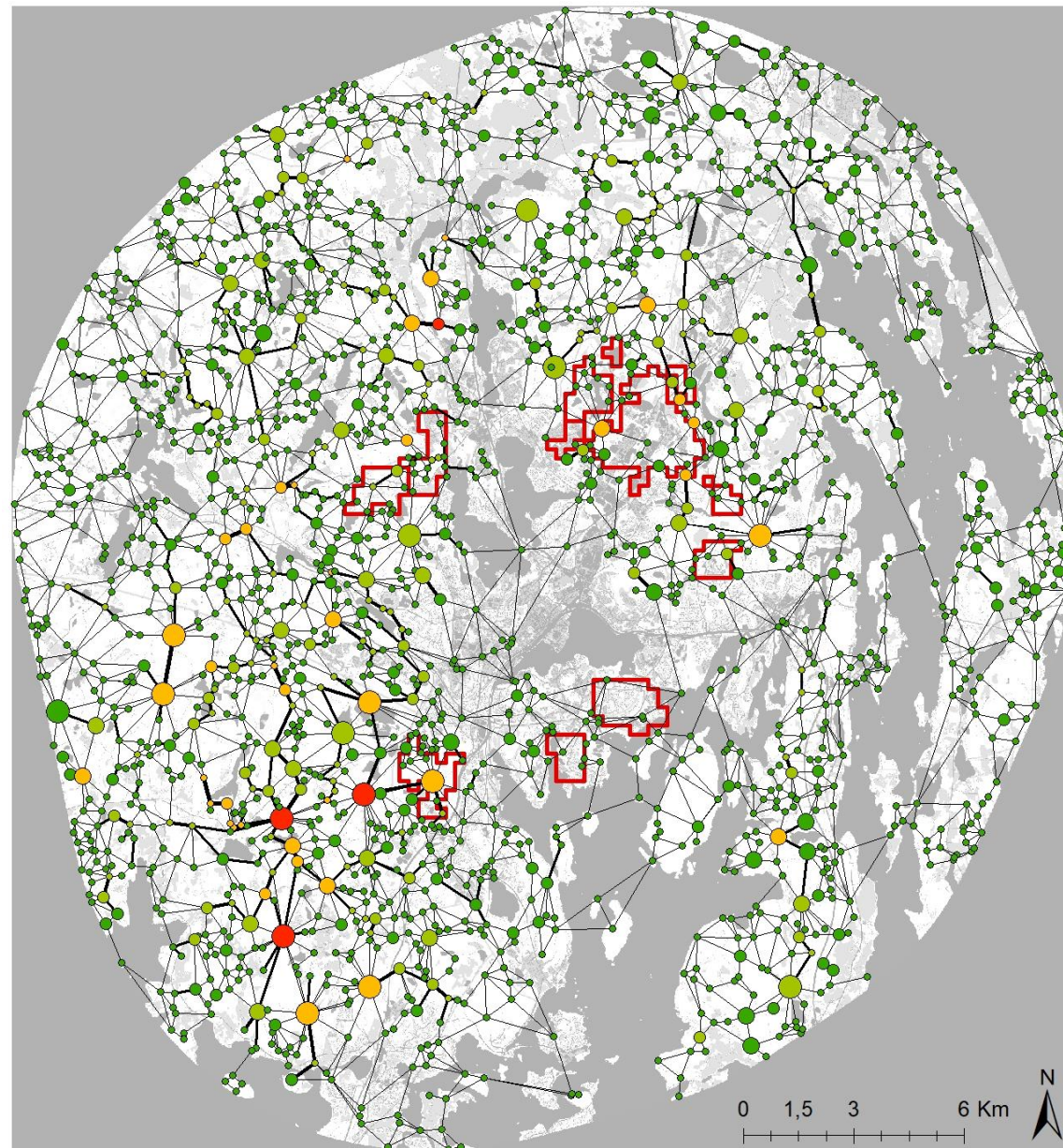
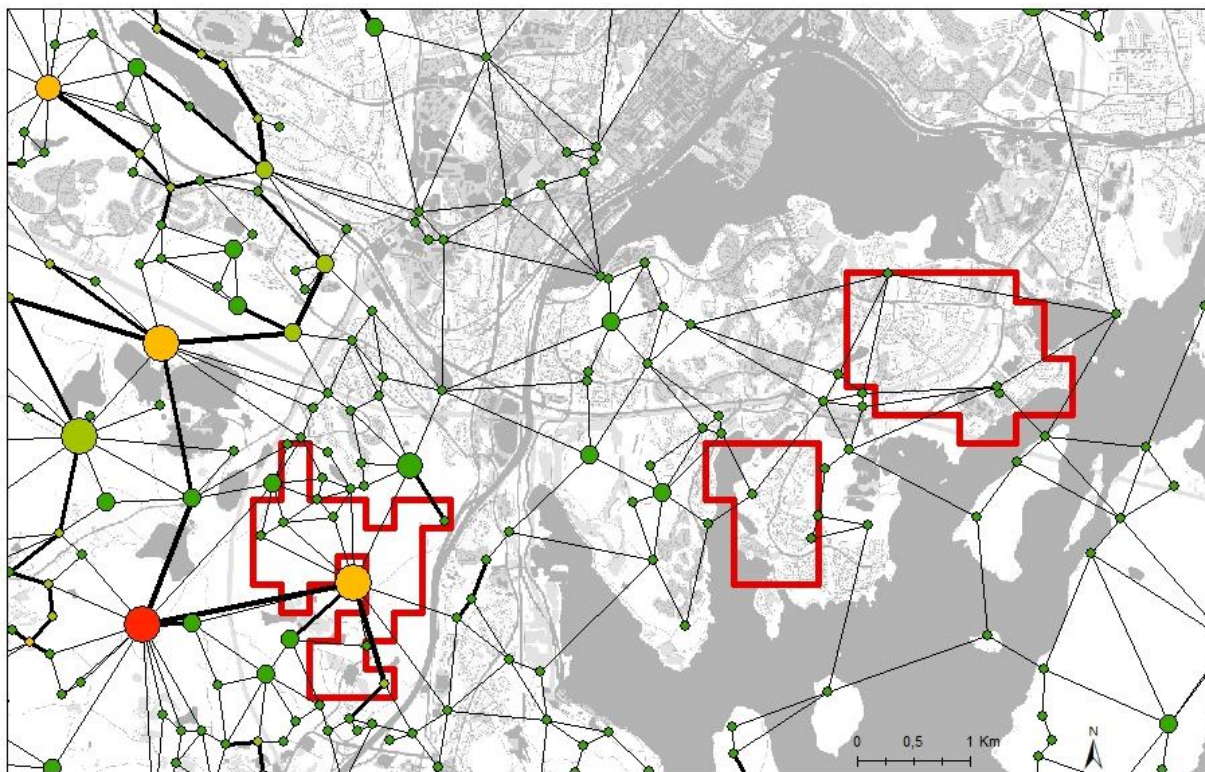
Spatiaalinen graafi

- Elinympäristölaikku = noodi
- LCP-polku = linkki



Spatiaalinen graafi

- Noodit ja linkit

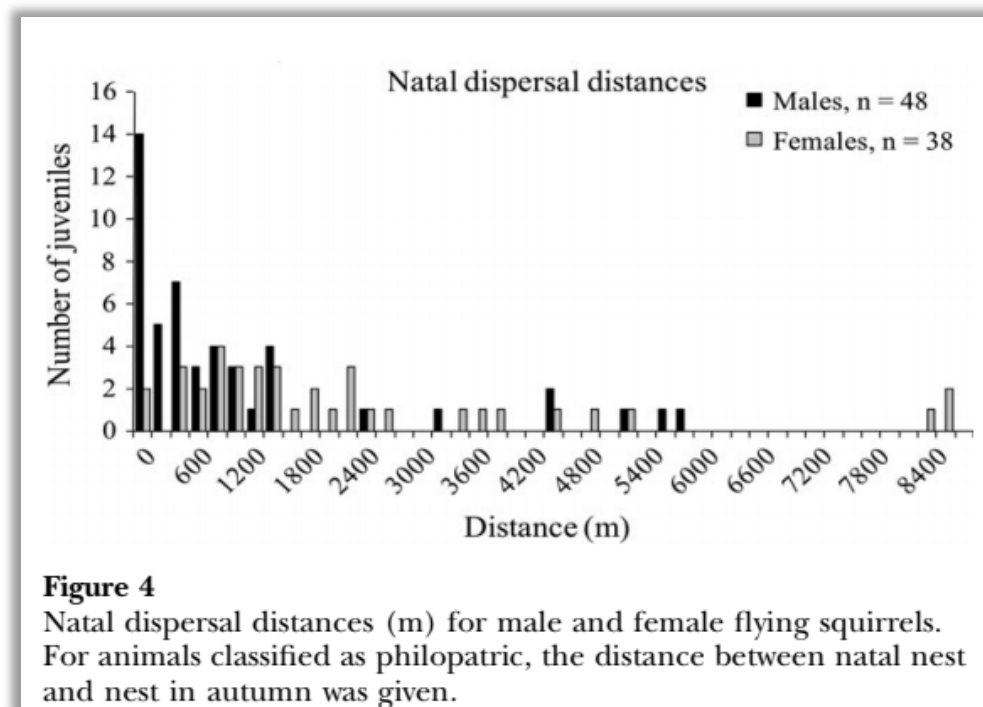


Kytkeytyneisyys

- Kytkeytyneisyysarvo (*Equivalent Connectivity, EC*) lasketaan liito-oravan keskimääräisen dispersaalimatkan perusteella + epävarmuus



Deviation from mean dispersal distance	Metric distance
+40 %	2800 m
+20 %	2400 m
+10 %	2200 m
+5 %	2100 m
0 %	2000 m
-5 %	1900 m
-10 %	1800 m
-20 %	1600 m
-40 %	1200 m

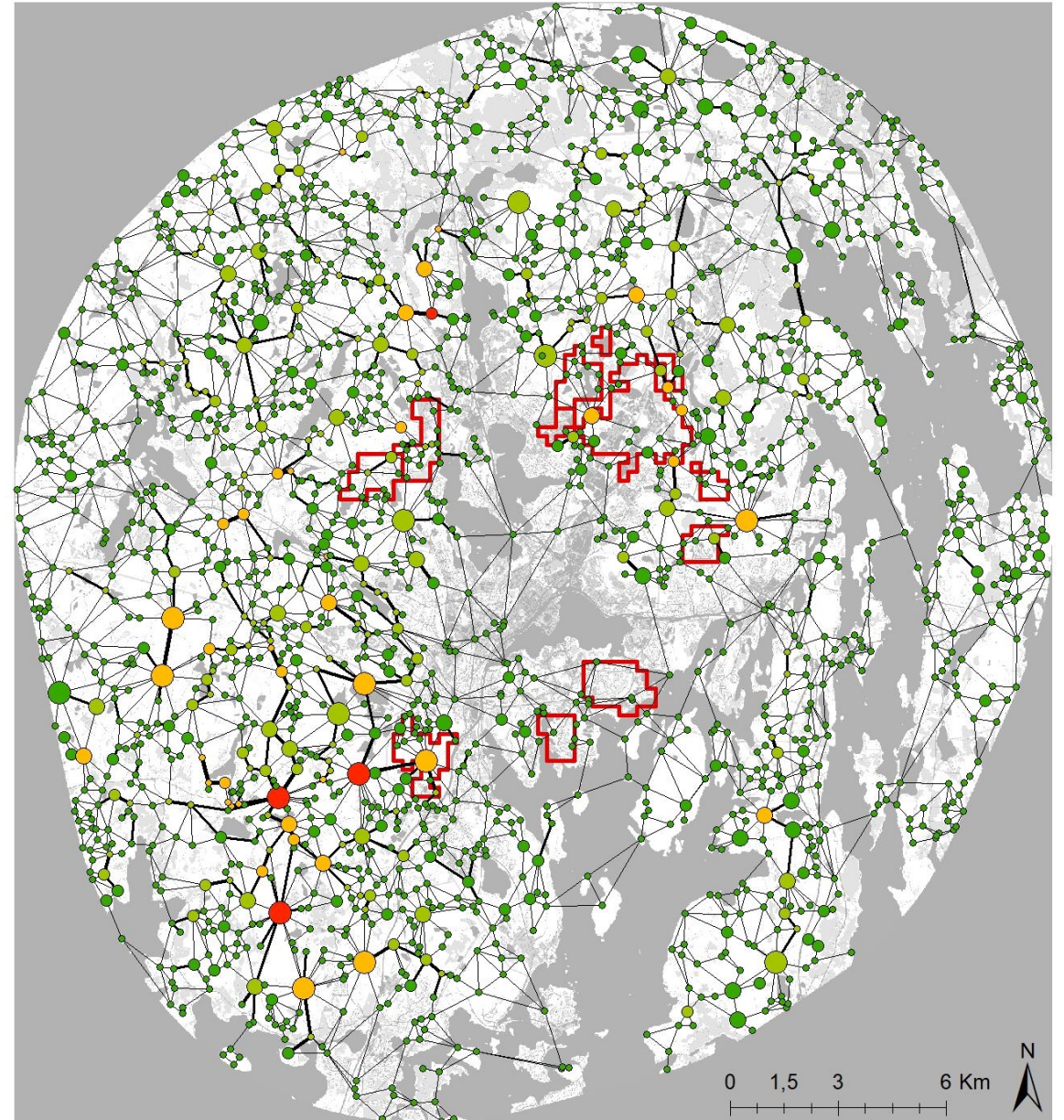


(Hanski & Selonen 2009)

Spatiaalinen graafi

- 1935 noodia and 3678 linkkiä
- Kokonaiskytkytyneisyys
= 3039 EC (ha)

→ Referenssitaso



Yleiskatsaus menetelmistä

Spatiaalisen graafin luominen



Elinympäristökartta

+

Liikkumisen
kustannusta
kuvaava kartta

Least-cost path -
analyysi (LCP)

Elinympäristöverkostoa
kuvaava spatiaalinen
graafi

Skenaarioanalyysit muokkaamalla spatiaalista graafia

Projektien
kokonaisvaikutuk-
sien selvittäminen

Mitigaatiotaso 1:
välttäminen

Mitigaatiotaso 2:
vähentäminen

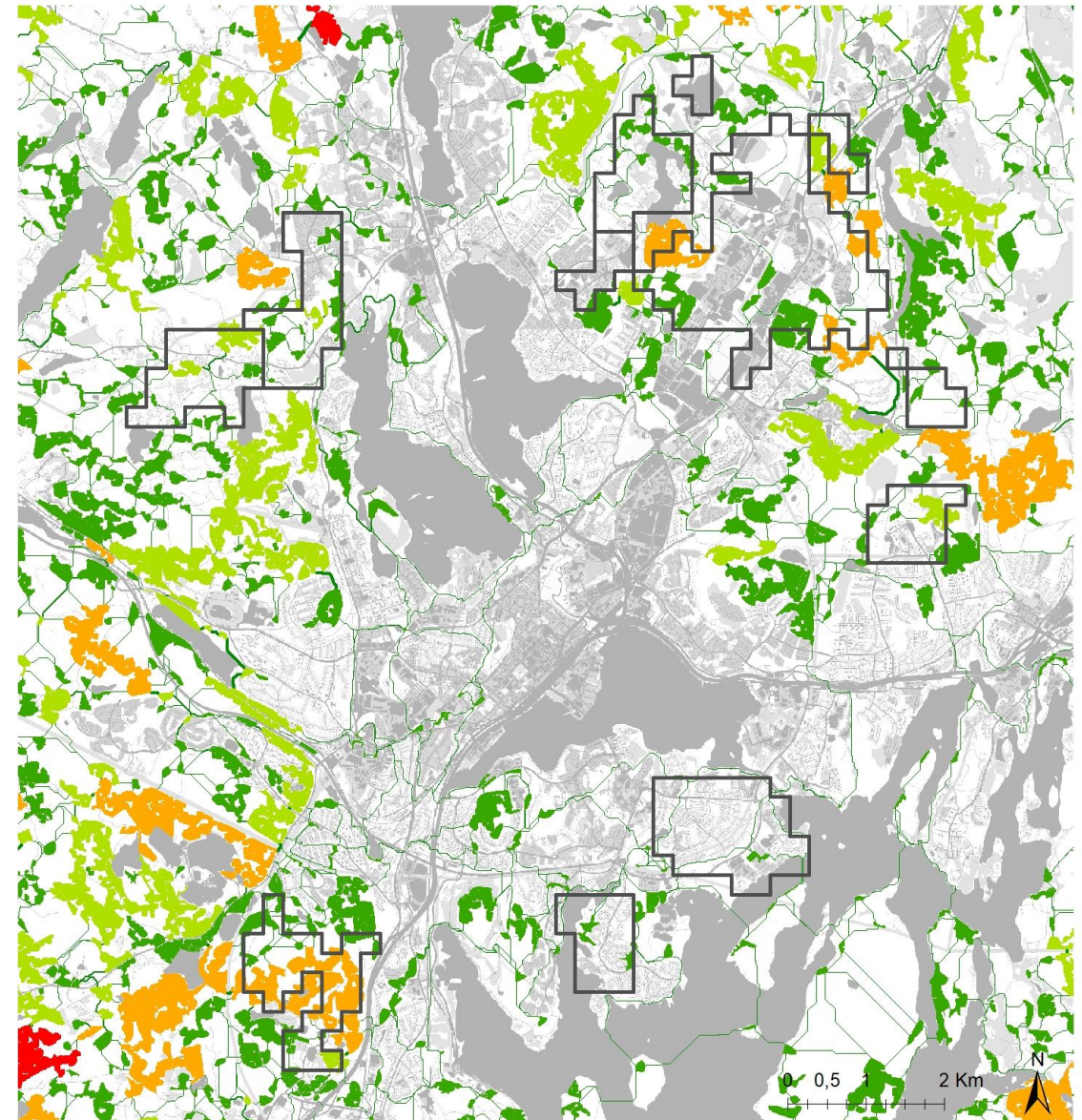
Mitigaatiotaso 3:
kompensointi

(Duflot et al. 2018)

(Bergès et al. 2020)

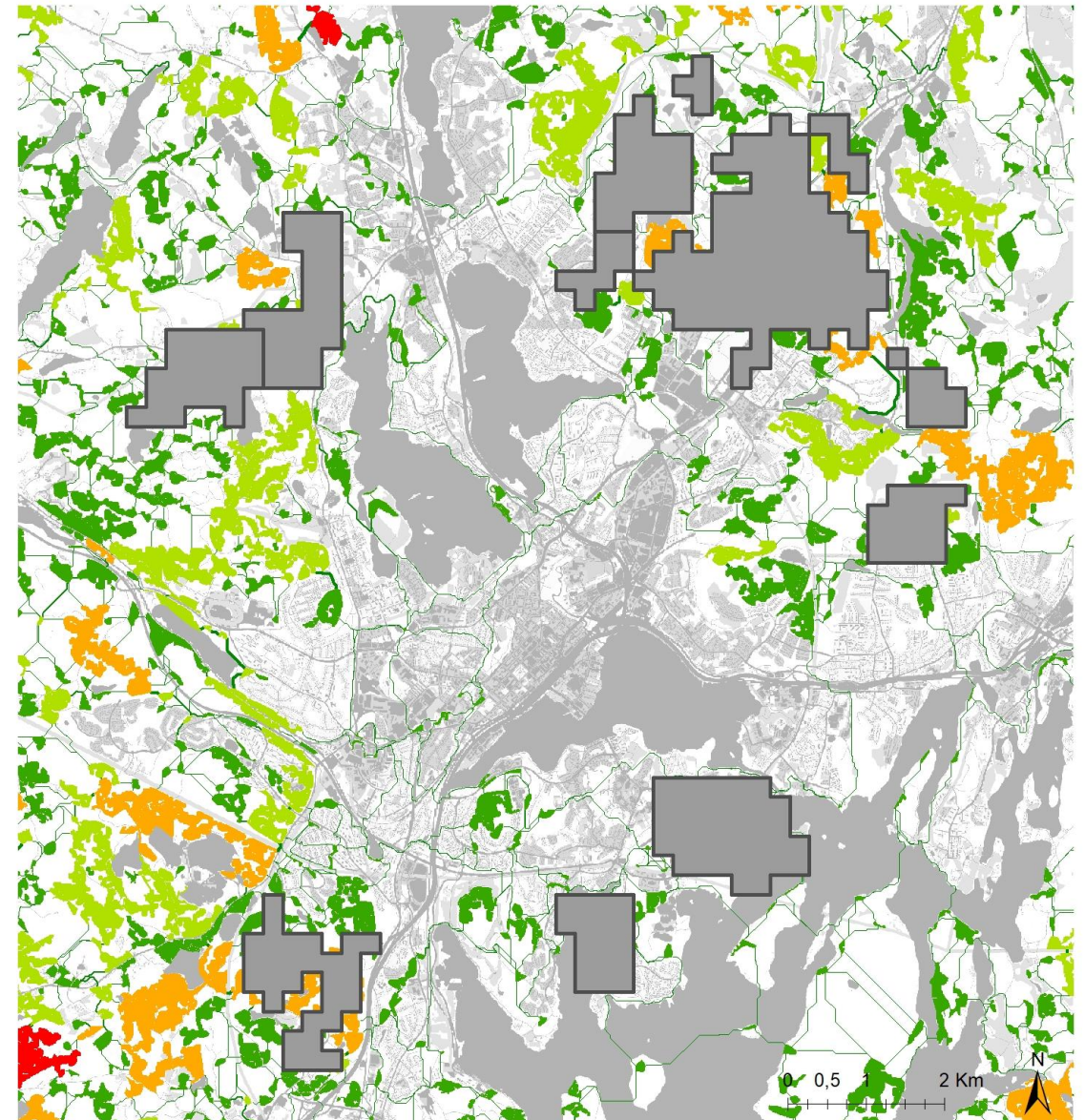
Maankäytön kokonaisvaikutus ja haittojen välttäminen

Skenaario	Kuvaus
ALL	Kaikki projektit rakennetaan
P1a	Kaikki, paitsi projekti 1, rakennetaan
P2a	Kaikki, paitsi projekti 2, rakennetaan
P3a	Kaikki, paitsi projekti 3, rakennetaan
P4a	Kaikki, paitsi projekti 4, rakennetaan
P5a	Kaikki, paitsi projekti 5, rakennetaan
P6a	Kaikki, paitsi projekti 6, rakennetaan
P7a	Kaikki, paitsi projekti 7, rakennetaan
P8a	Kaikki, paitsi projekti 8, rakennetaan
P9a	Kaikki, paitsi projekti 9, rakennetaan
P10a	Kaikki, paitsi projekti 10, rakennetaan



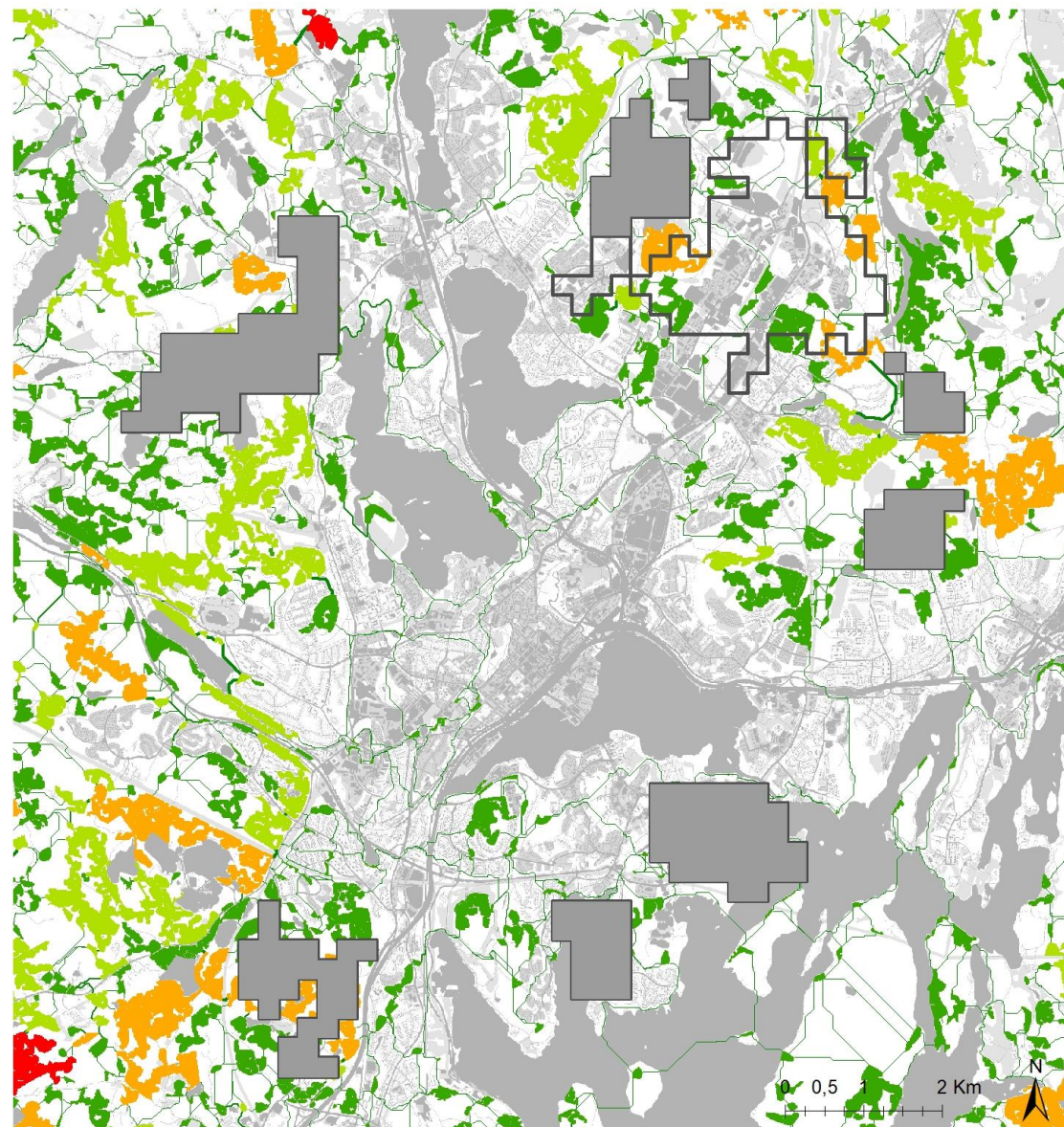
Maankäytön kokonaisvaikutus ja haittojen välttäminen

Skenaario	Kuvaus
ALL	Kaikki projektit rakennetaan
P1a	Kaikki, paitsi projekti 1, rakennetaan
P2a	Kaikki, paitsi projekti 2, rakennetaan
P3a	Kaikki, paitsi projekti 3, rakennetaan
P4a	Kaikki, paitsi projekti 4, rakennetaan
P5a	Kaikki, paitsi projekti 5, rakennetaan
P6a	Kaikki, paitsi projekti 6, rakennetaan
P7a	Kaikki, paitsi projekti 7, rakennetaan
P8a	Kaikki, paitsi projekti 8, rakennetaan
P9a	Kaikki, paitsi projekti 9, rakennetaan
P10a	Kaikki, paitsi projekti 10, rakennetaan

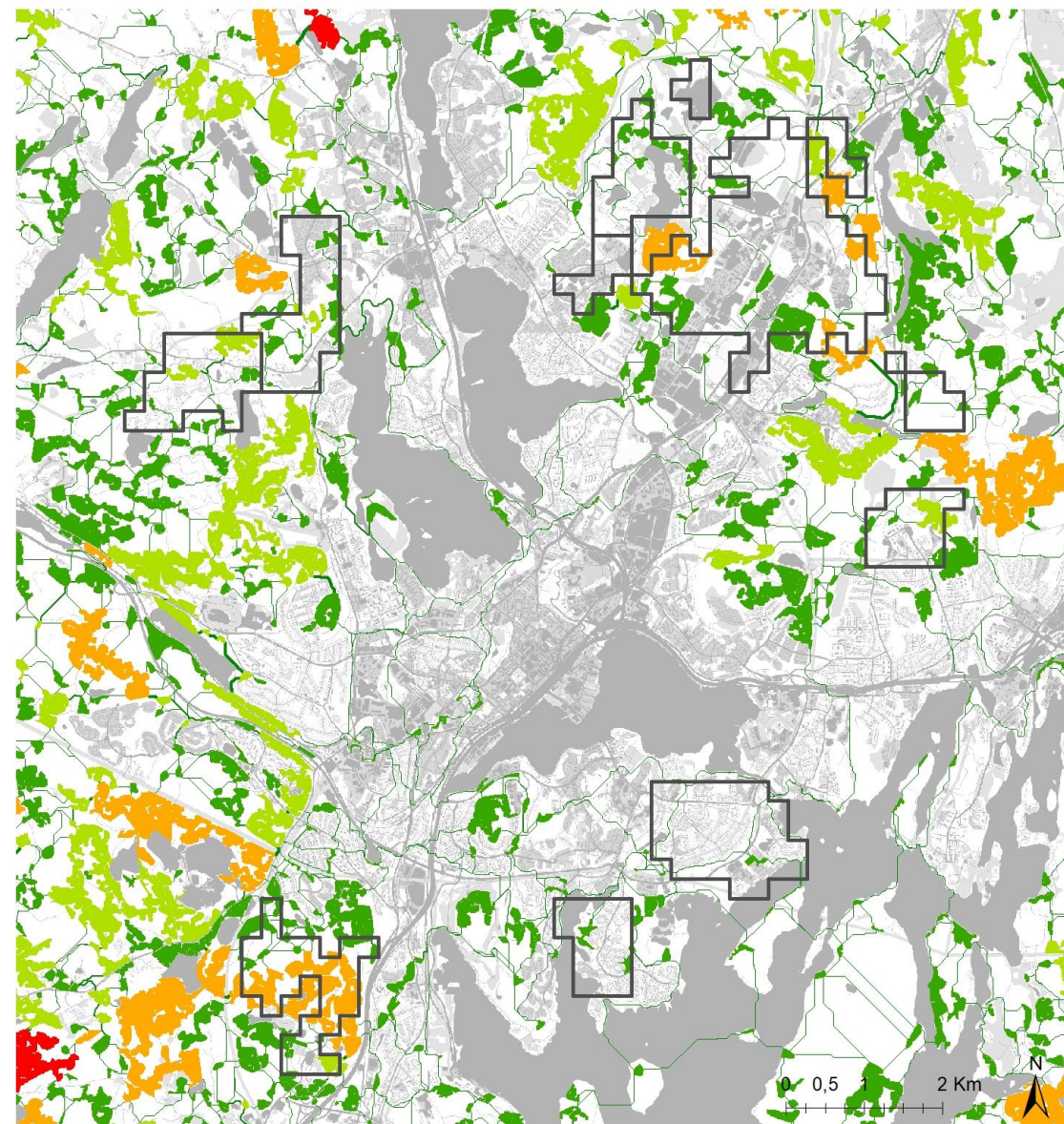
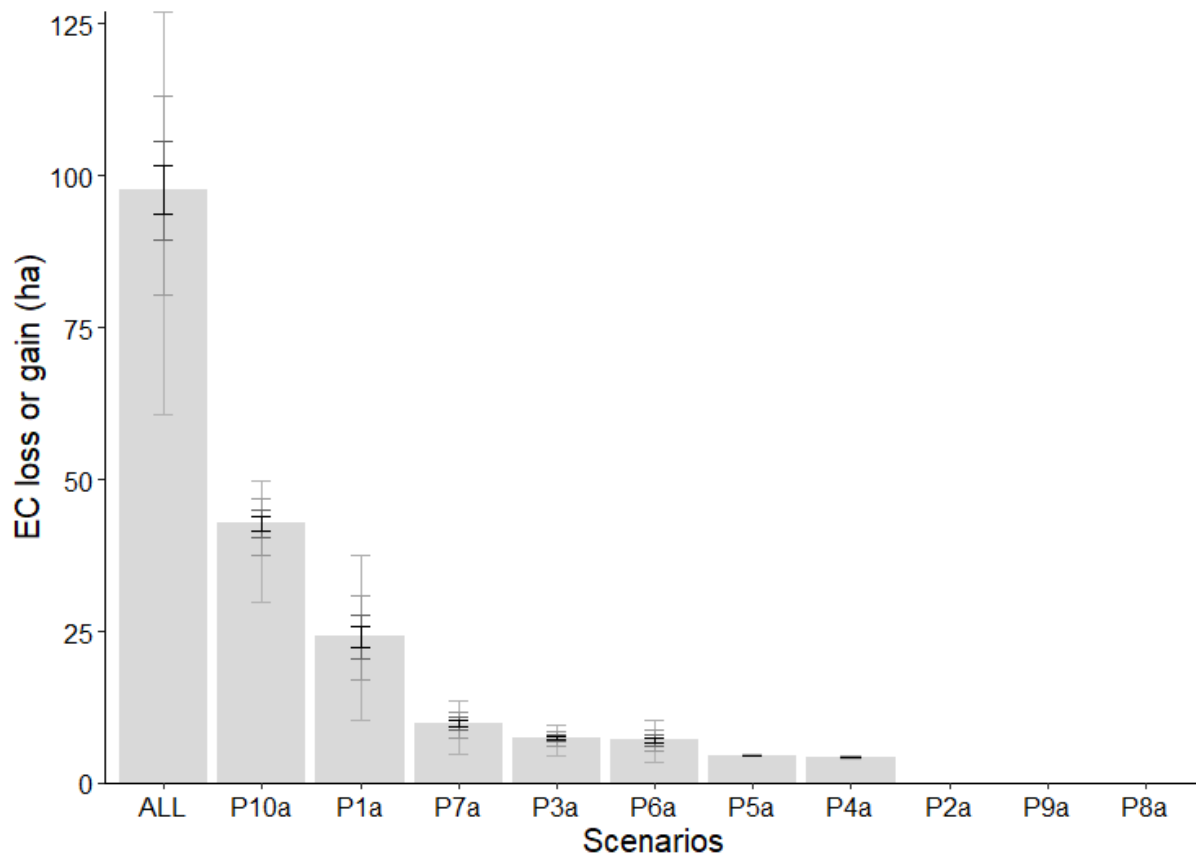


Maankäytön kokonaisvaikutus ja haittojen välttäminen

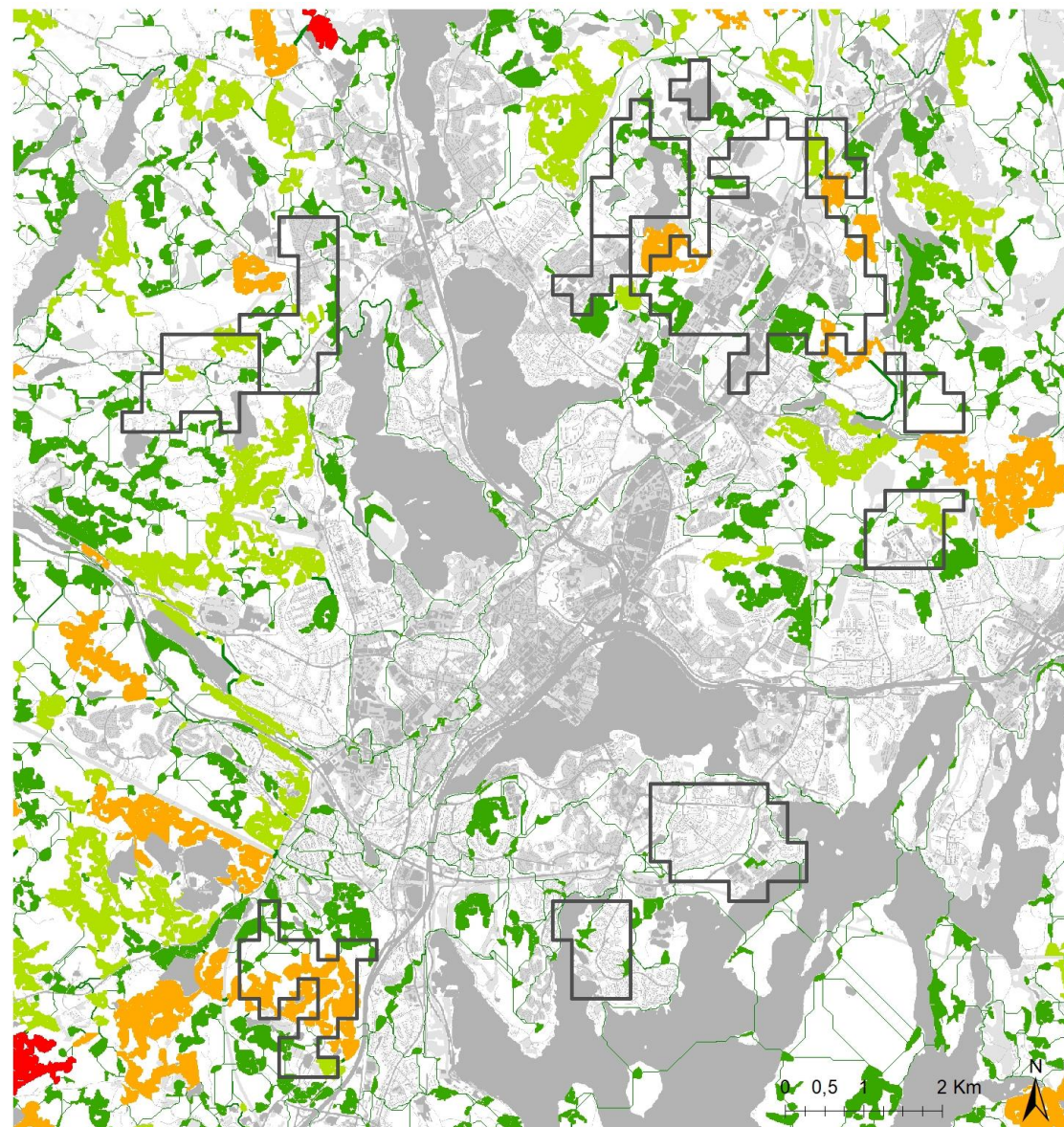
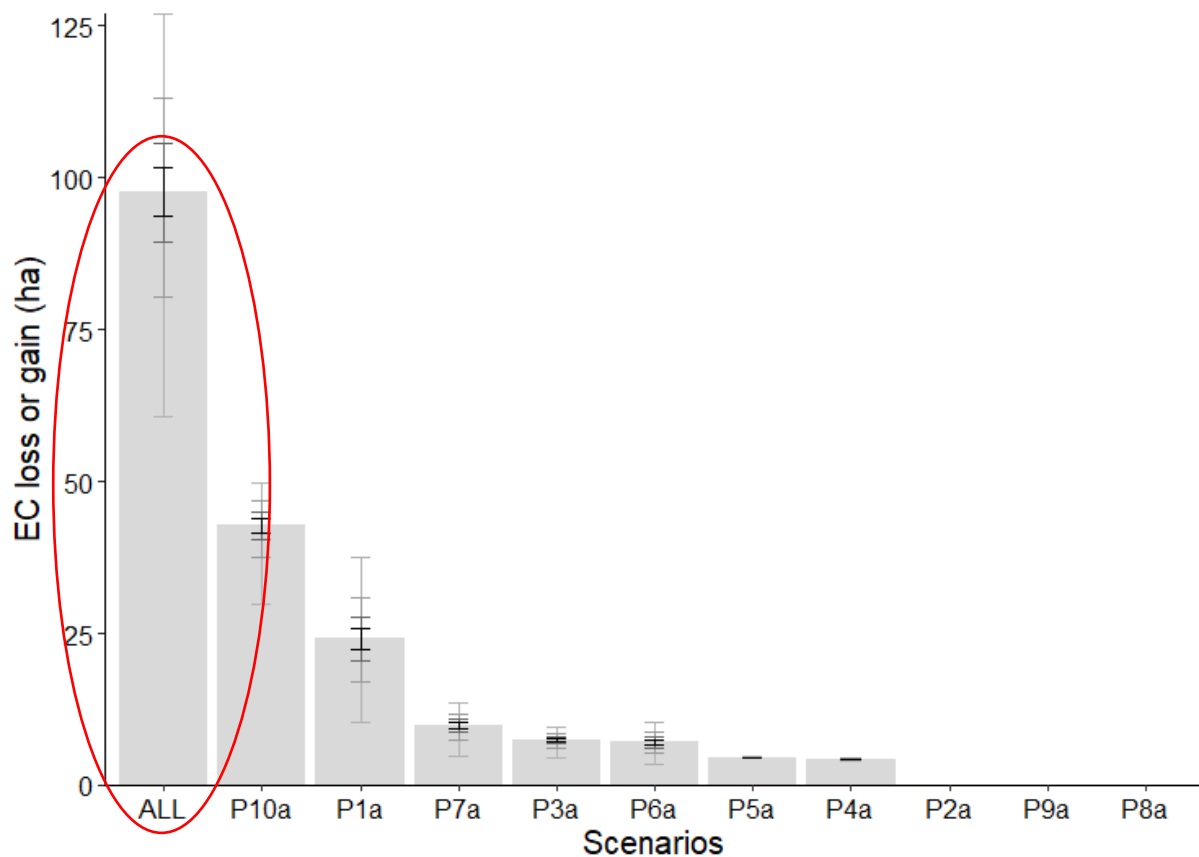
Skenaario	Kuvaus
ALL	Kaikki projektit rakennetaan
P1a	Kaikki, paitsi projekti 1, rakennetaan
P2a	Kaikki, paitsi projekti 2, rakennetaan
P3a	Kaikki, paitsi projekti 3, rakennetaan
P4a	Kaikki, paitsi projekti 4, rakennetaan
P5a	Kaikki, paitsi projekti 5, rakennetaan
P6a	Kaikki, paitsi projekti 6, rakennetaan
P7a	Kaikki, paitsi projekti 7, rakennetaan
P8a	Kaikki, paitsi projekti 8, rakennetaan
P9a	Kaikki, paitsi projekti 9, rakennetaan
P10a	Kaikki, paitsi projekti 10, rakennetaan



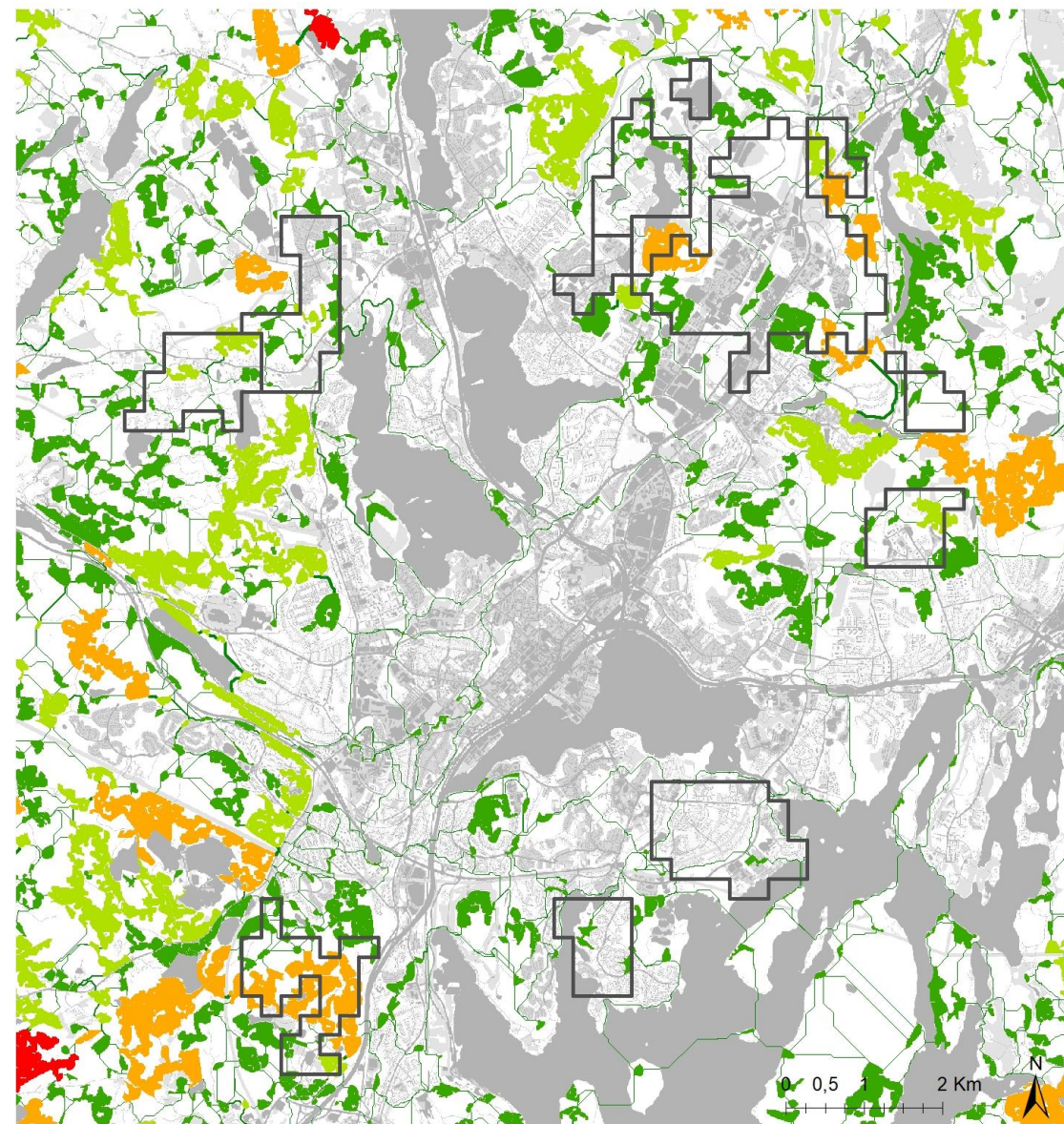
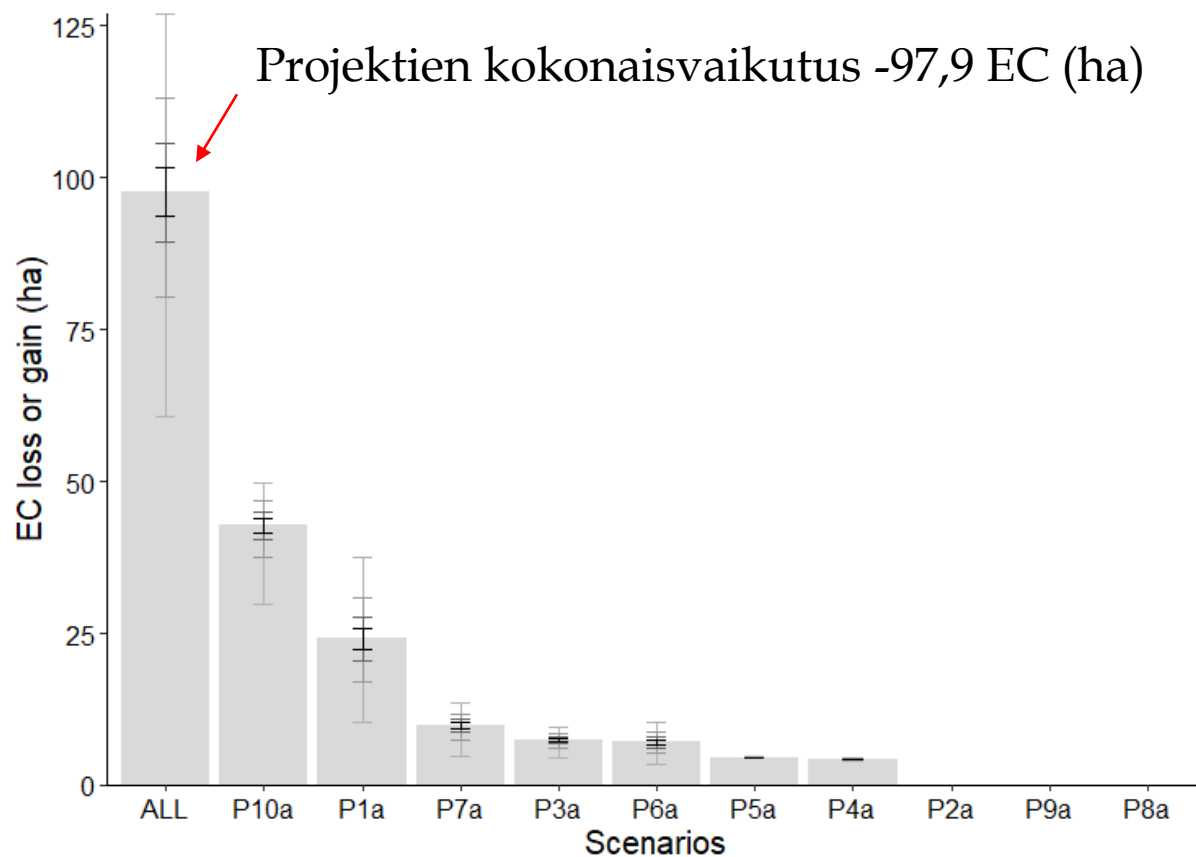
Maankäytön kokonaisvaikutus ja haittojen välttäminen



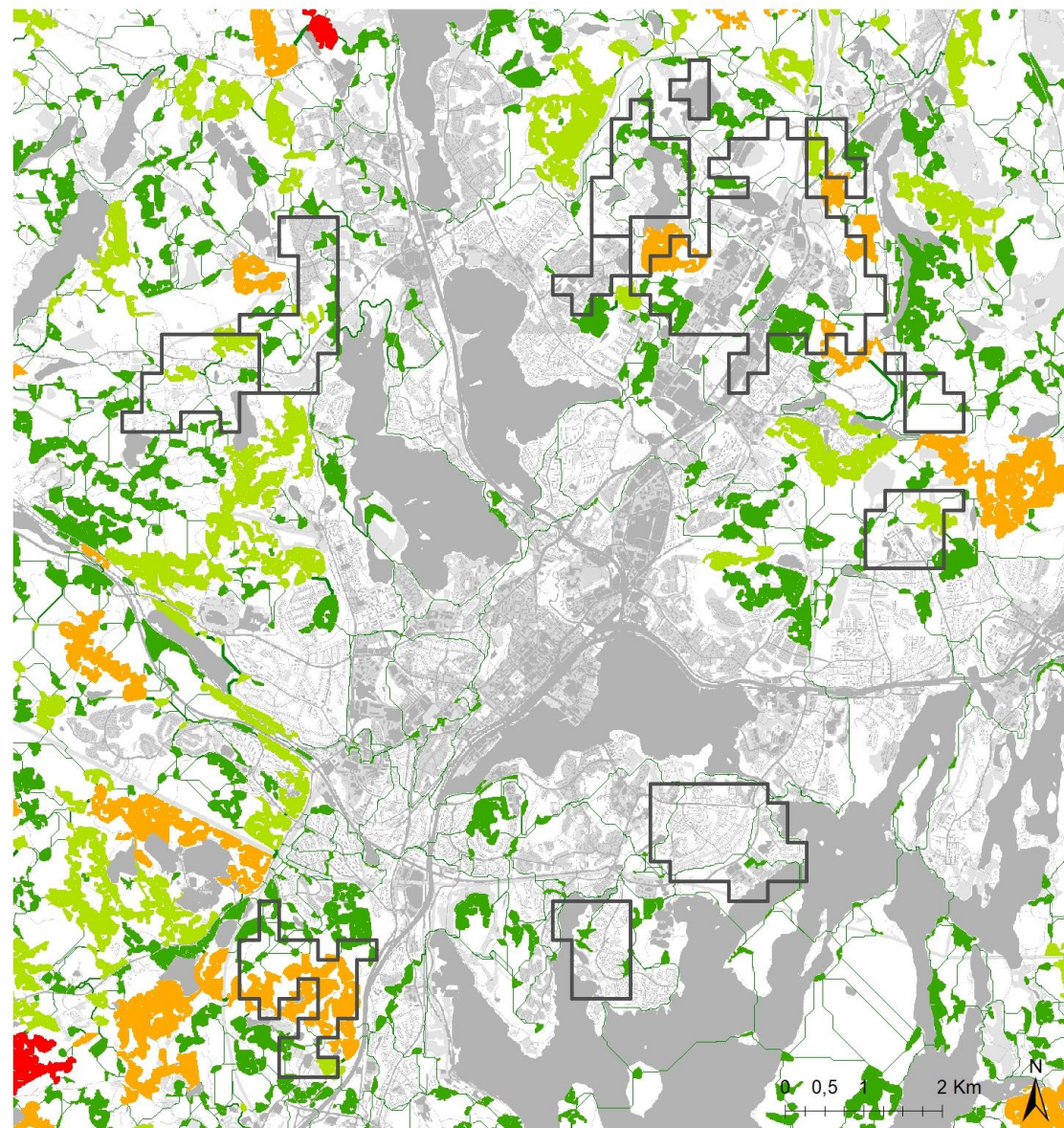
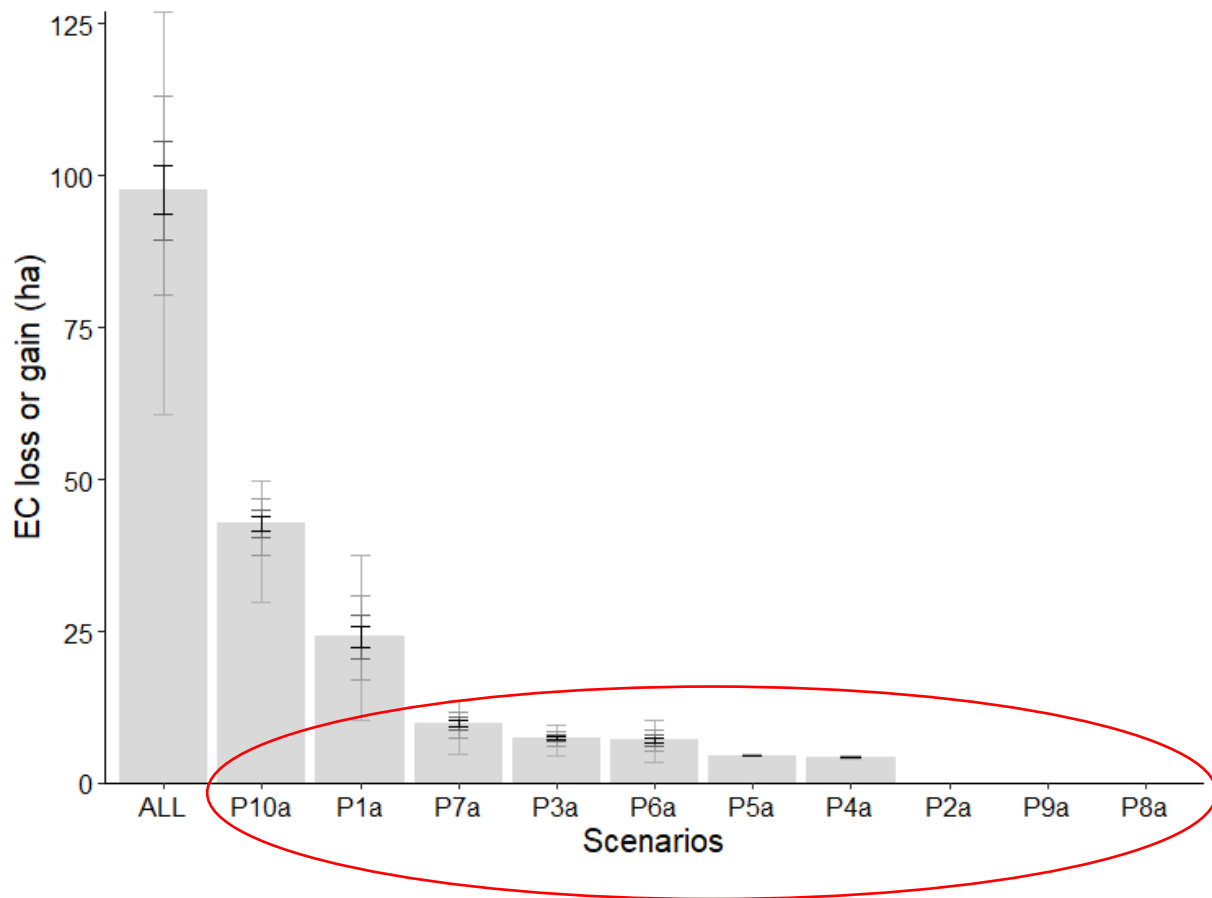
Maankäytön kokonaisvaikutus ja haittojen välttäminen



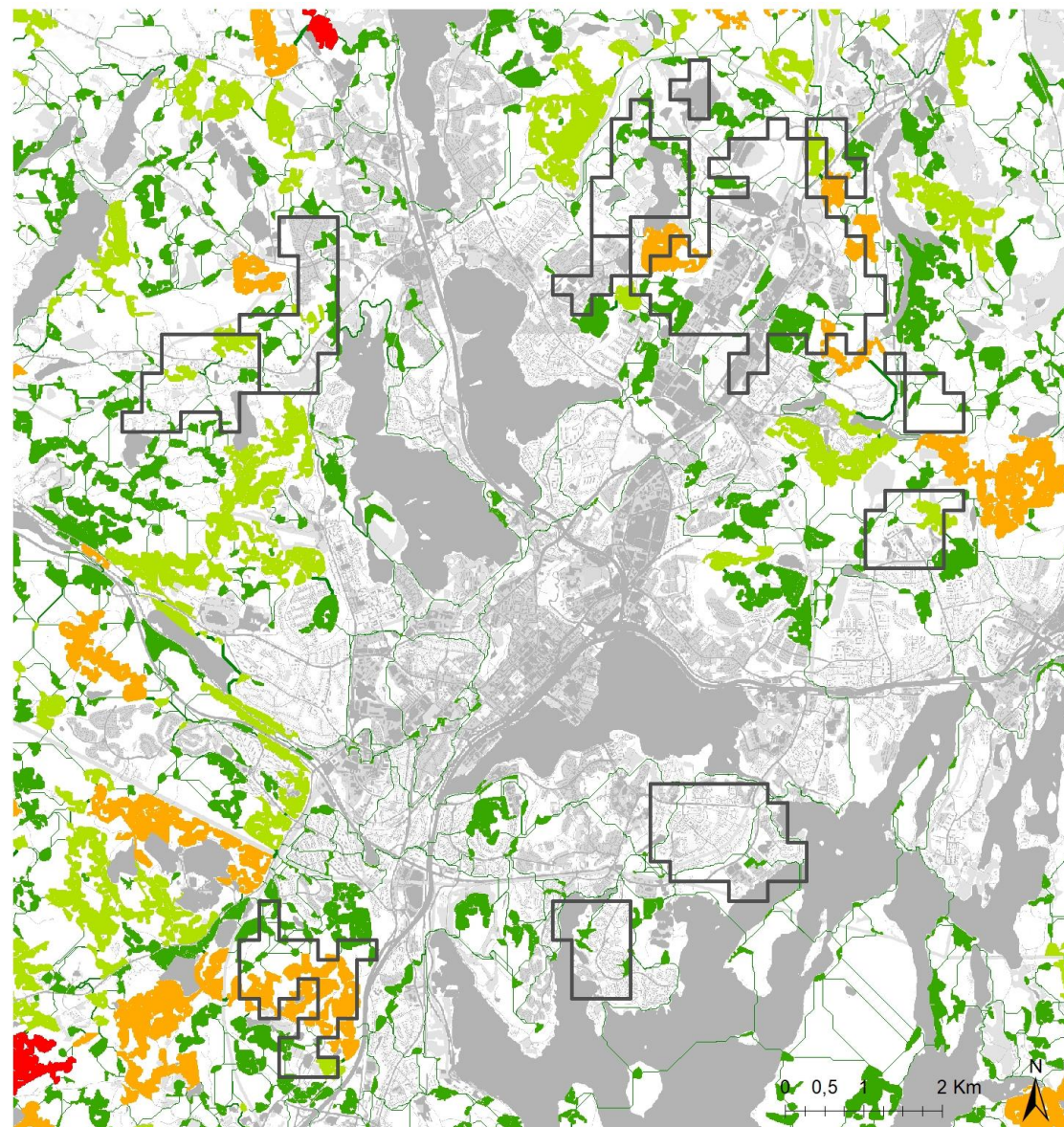
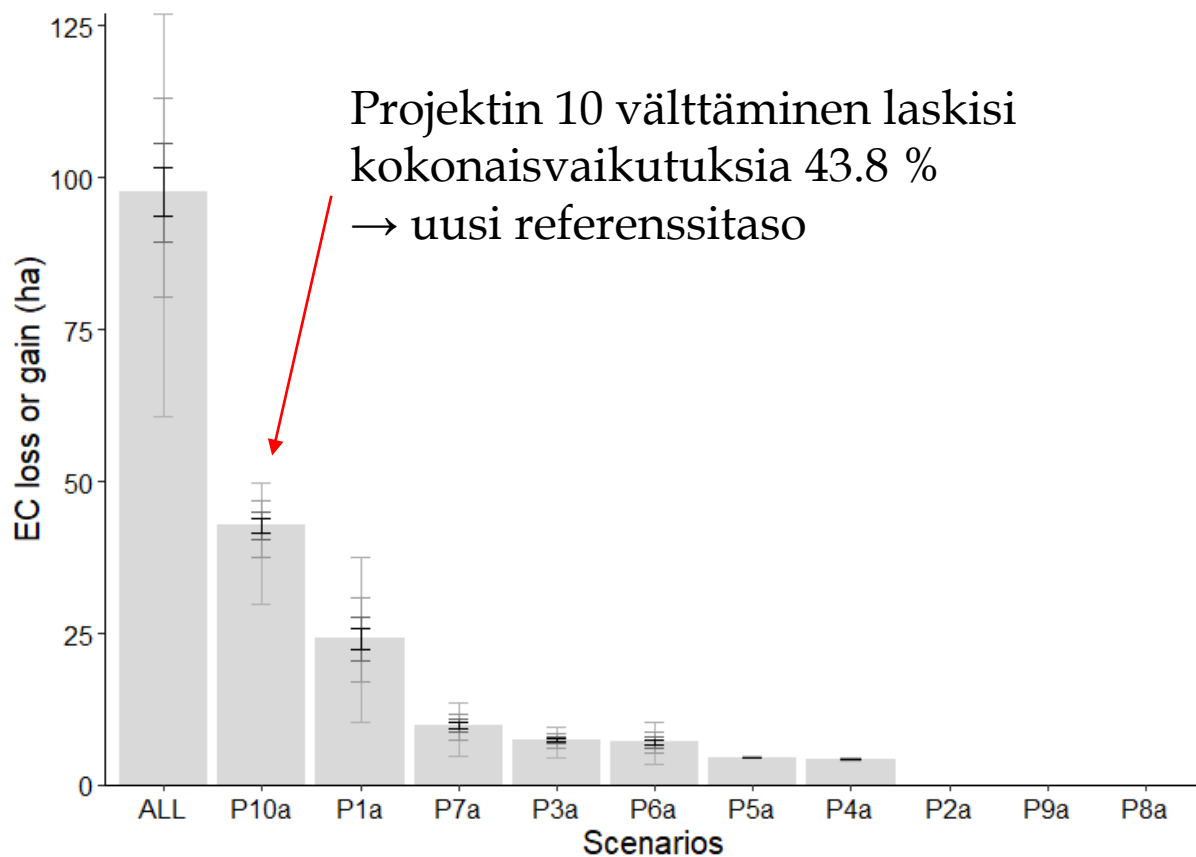
Maankäytön kokonaisvaikutus ja haittojen välttäminen



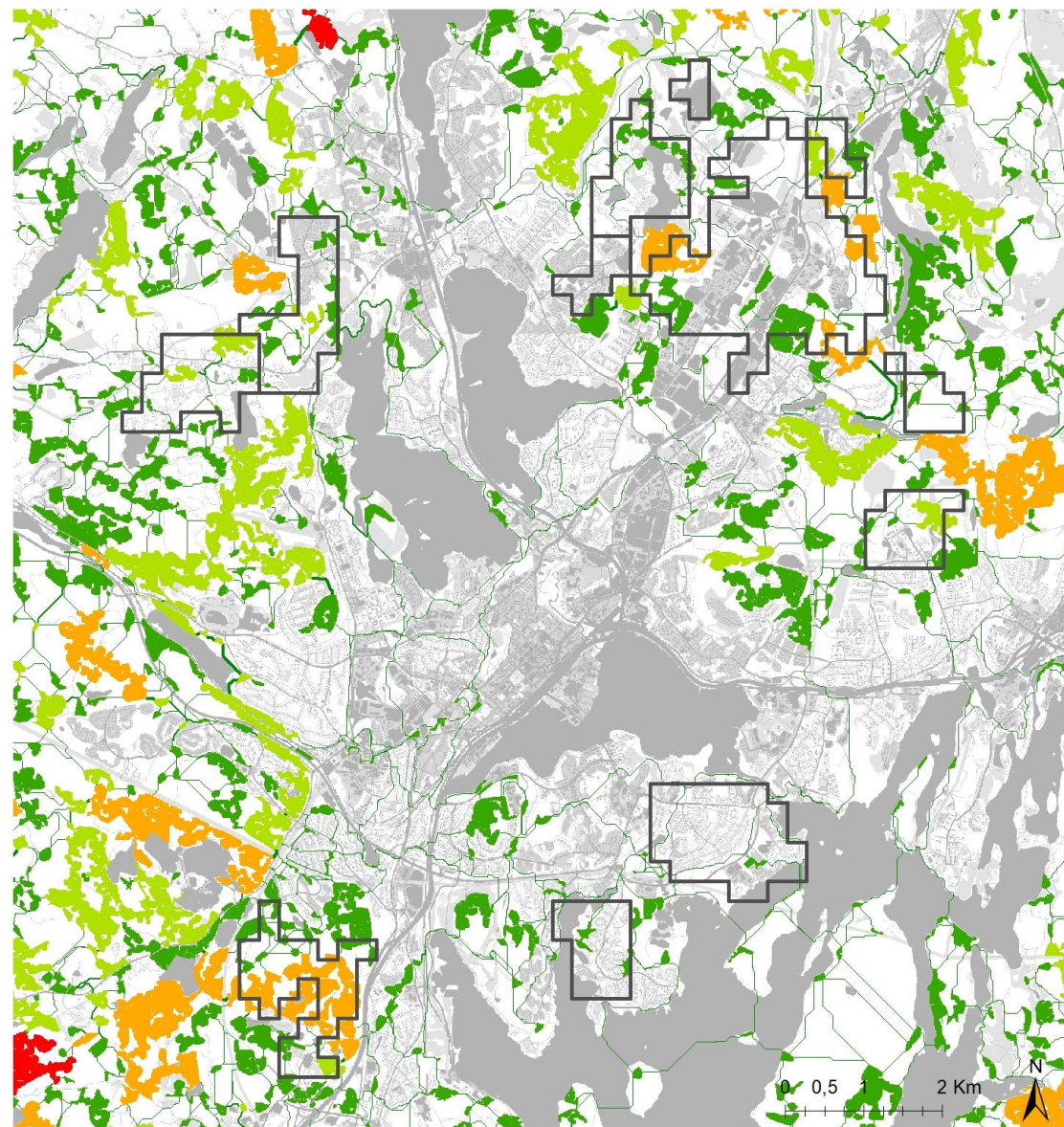
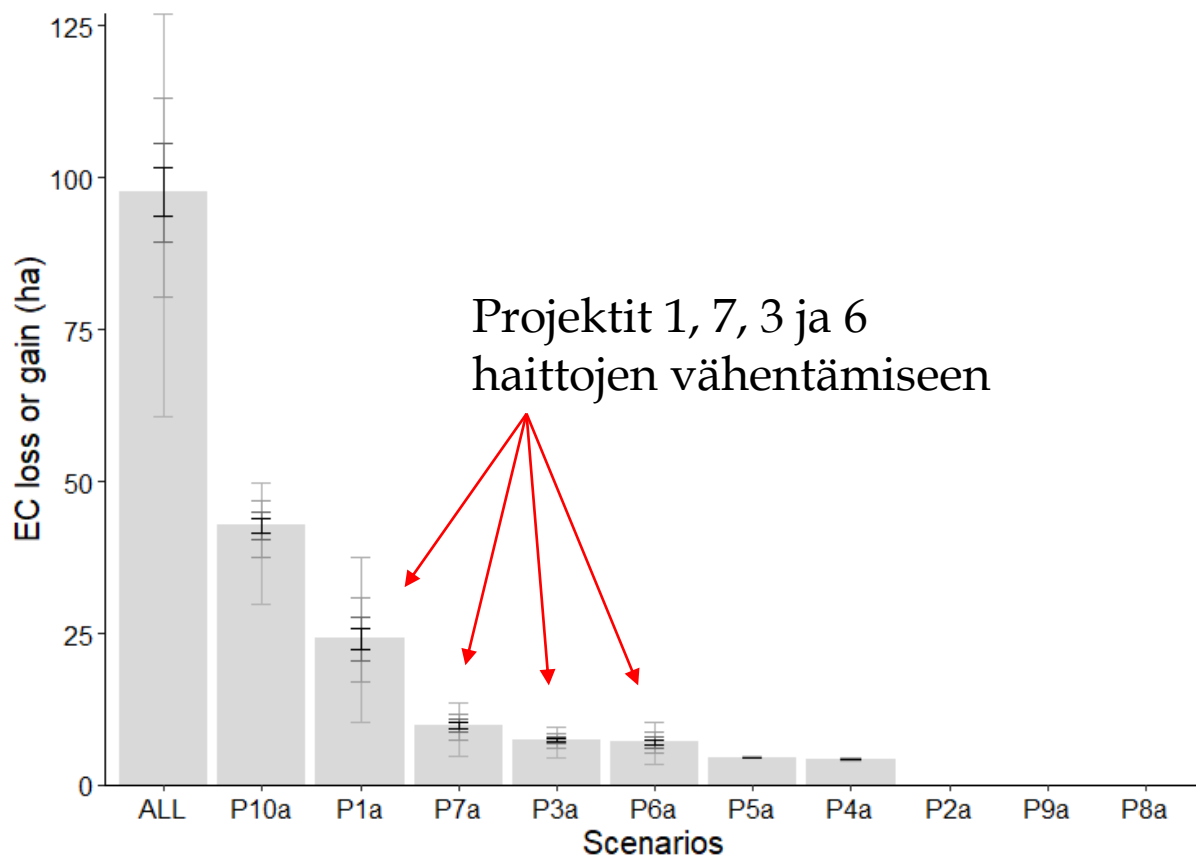
Maankäytön kokonaisvaikutus ja haittojen välttäminen



Maankäytön kokonaisvaikutus ja haittojen välttäminen



Maankäytön kokonaisvaikutus ja haittojen välttäminen



Yleiskatsaus menetelmistä

Spatiaalisen graafin luominen



Elinympäristökartta

+

Liikkumisen
kustannusta
kuvaava kartta

Least-cost path -
analyysi (LCP)

Elinympäristöverkostoa
kuvaava spatiaalinen
graafi

Projektien
kokonaisvaikutuk-
sien selvittäminen

Mitigaatiotaso 1:
välttäminen

Mitigaatiotaso 2:
vähentäminen

Mitigaatiotaso 3:
kompensointi

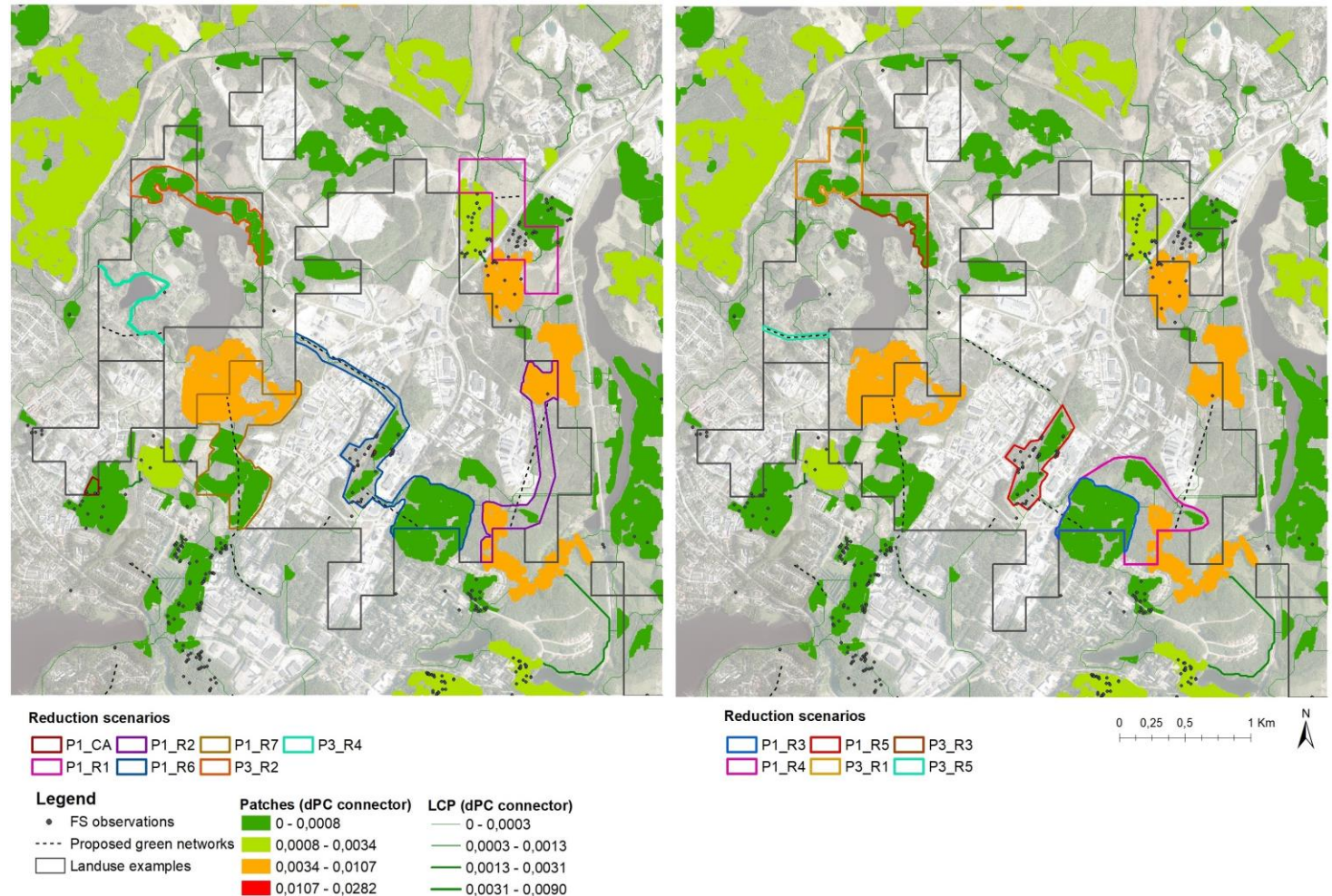
Skenaarioanalyysit muokkaamalla spatiaalista graafia

(Duflot et al. 2018)

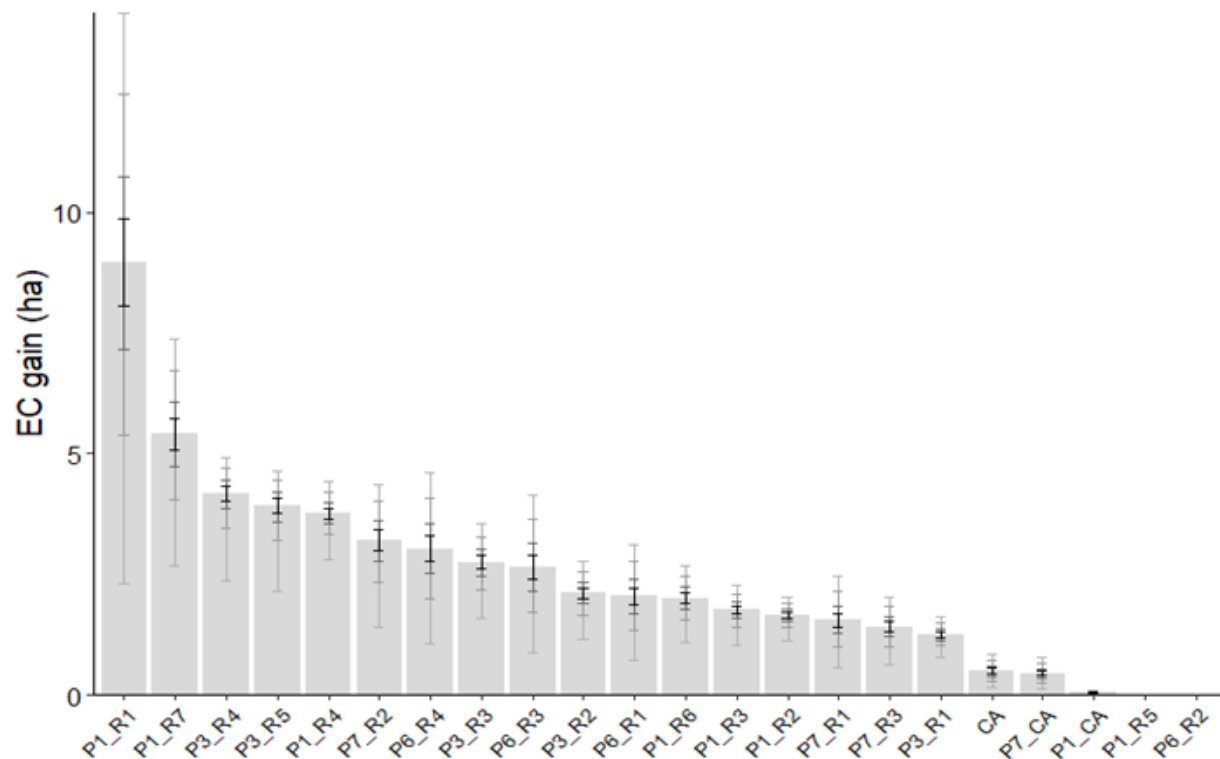
(Bergès et al. 2020)

Haittojen vähentäminen

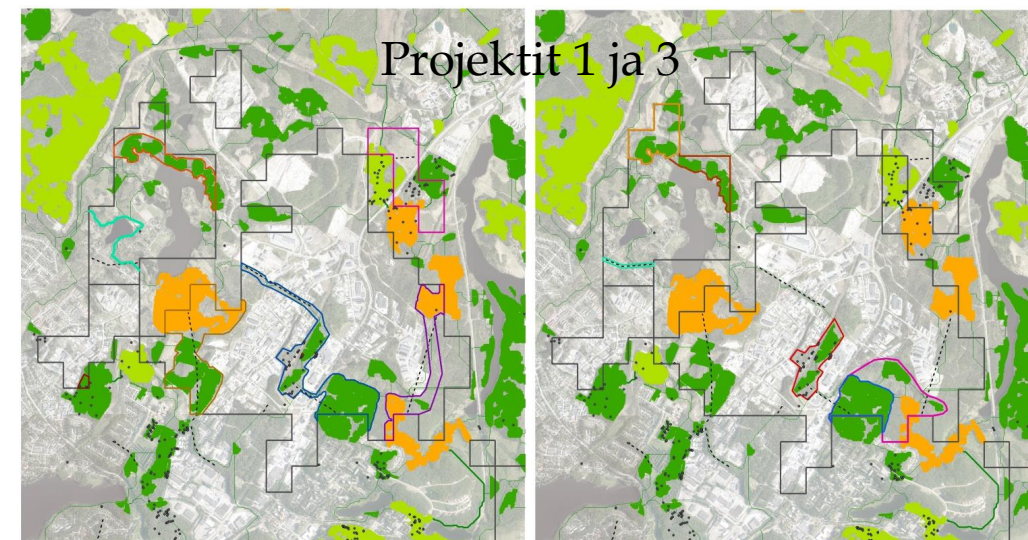
- Toimenpiteitä projektialueiden sisällä
 - Esim. säästetään tärkeitä elinympäristölaikkuja tai yhteyksiä (tai molempia)
- Projektit 1 ja 3 →



Haittojen vähentäminen

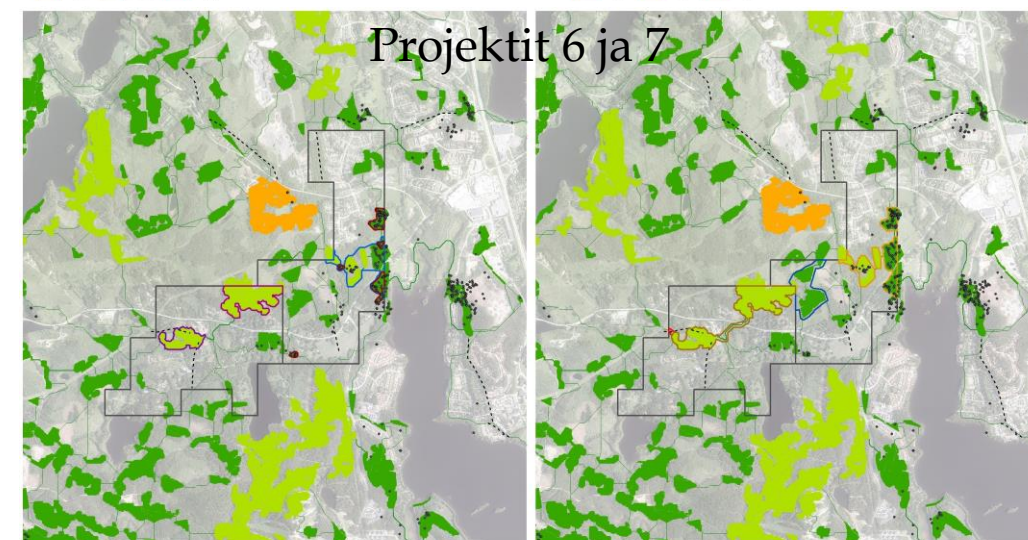


Valittiin parhain yhdistelmä toimenpiteitä
→ uusi referenssitaso



Reduction scenarios
P1_CA P1_R2 P1_R7 P3_R4
P1_R1 P1_R6 P3_R2

Reduction scenarios
P1_R3 P1_R5 P3_R3
P1_R4 P3_R1 P3_R5



Reduction scenarios
P6_R1 P7_CA
P6_R2 P7_R2

Reduction scenarios
P6_R3 P7_R
P6_R4 P7_R

Legend
FS observations
Proposed green networks
Landuse examples
Patches (dPC connector)
LCP (dPC connector)

Yleiskatsaus menetelmistä

Spatiaalisen graafin luominen



Elinympäristökartta

+

Liikkumisen
kustannusta
kuvaava kartta

Least-cost path -
analyysi (LCP)

Elinympäristöverkostoa
kuvaava spatiaalinen
graafi

Projektien
kokonaisvaikutuk-
sien selvittäminen

Mitigaatiotaso 1:
välttäminen

Mitigaatiotaso 2:
vähentäminen

Mitigaatiotaso 3:
kompensointi

Skenaarioanalyysit muokkaamalla spatiaalista graafia

(Duflot et al. 2018)

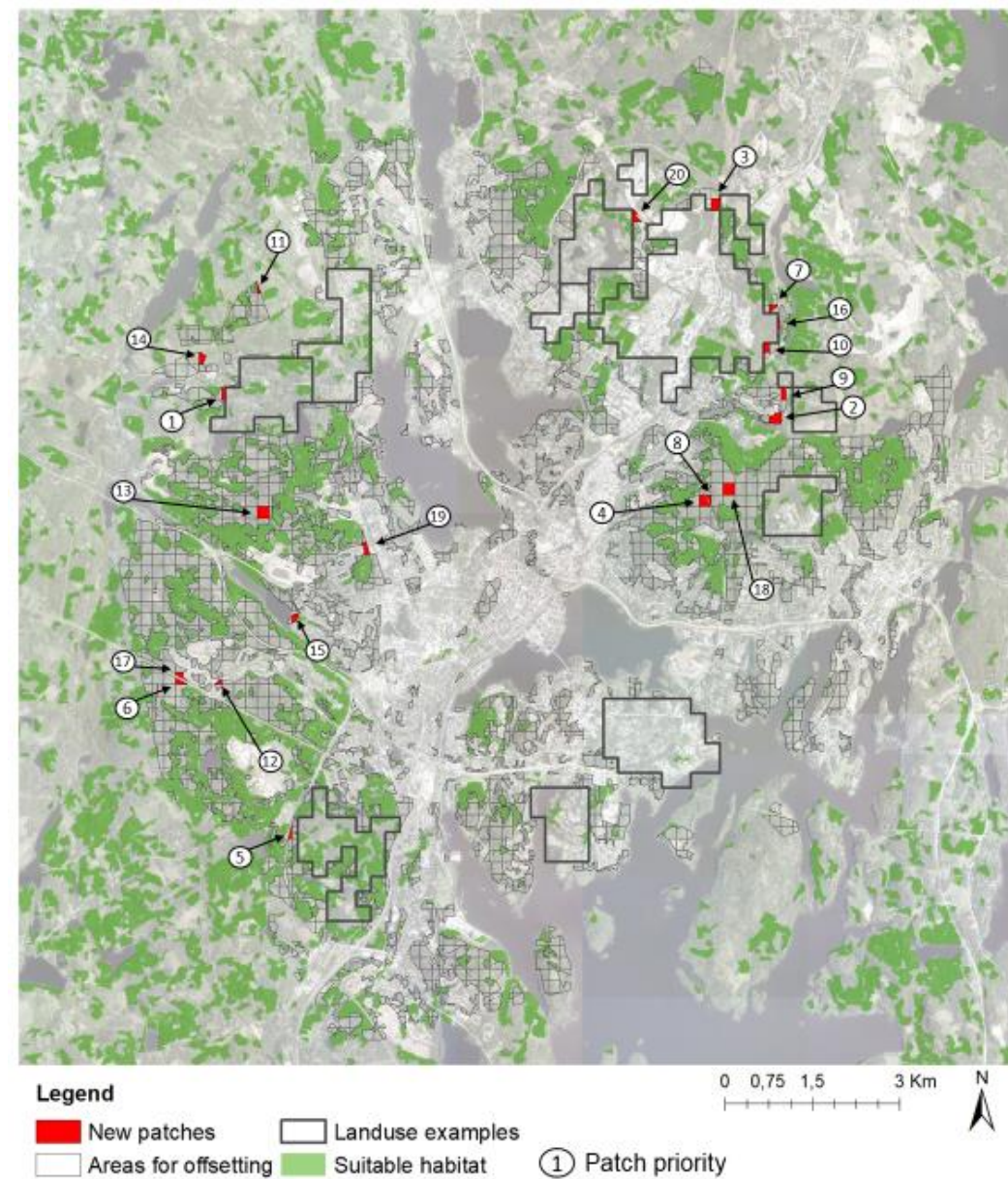
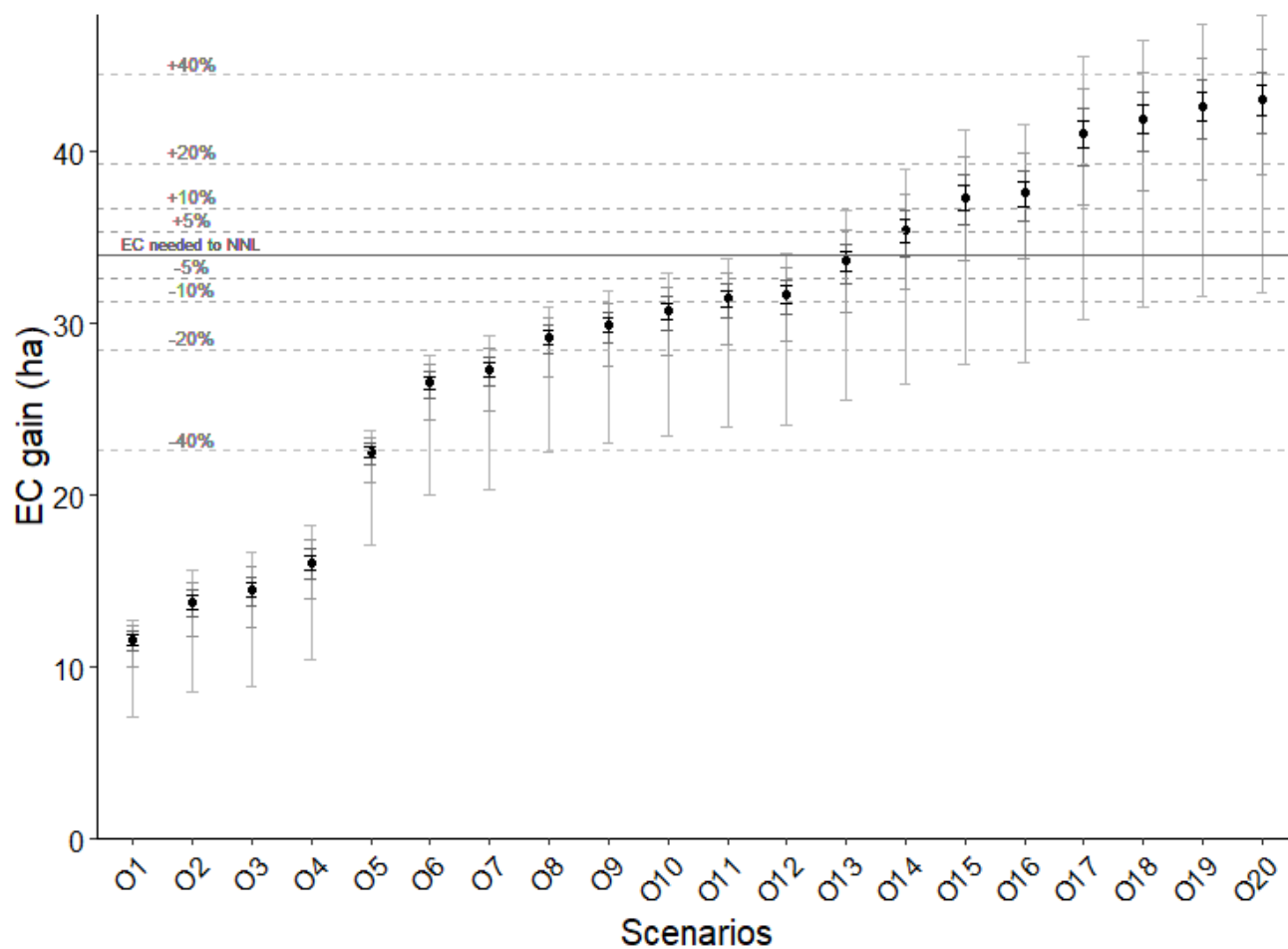
(Bergès et al. 2020)

Haittojen kompensointi

- Uusien sopivien elinympäristölaikkujen perustaminen kaupungin omistamissa metsissä
 - 1833 laikkua, kooltaan keskimäärin 1,7 ha
 - Graphab: A cumulative patch addition process (Foltête et al. 2014)
 - Etsii 20 uutta elinympäristölaikun paikkaa, jotka lisääisivät verkoston kytkeytyneisyyttä eniten

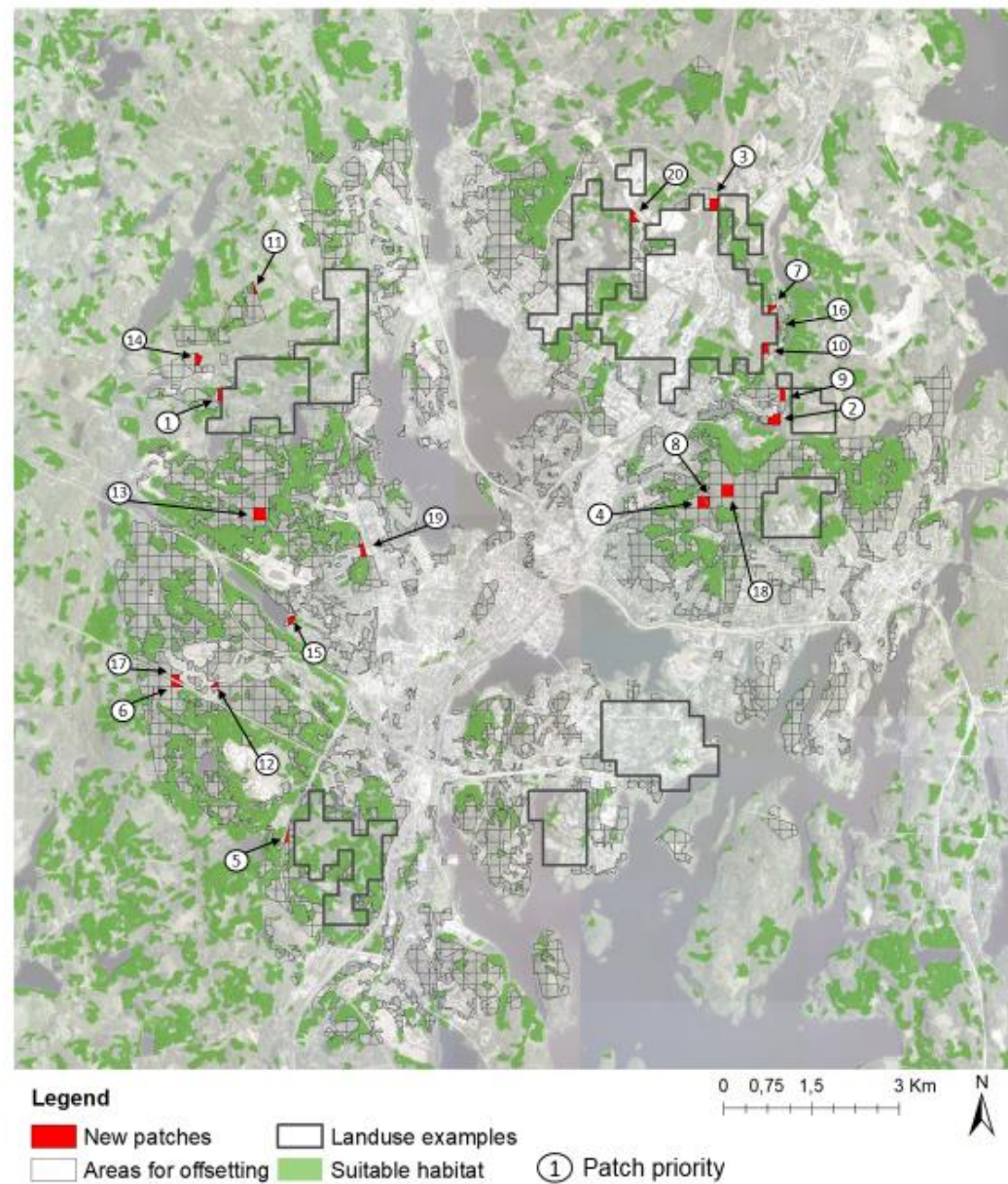
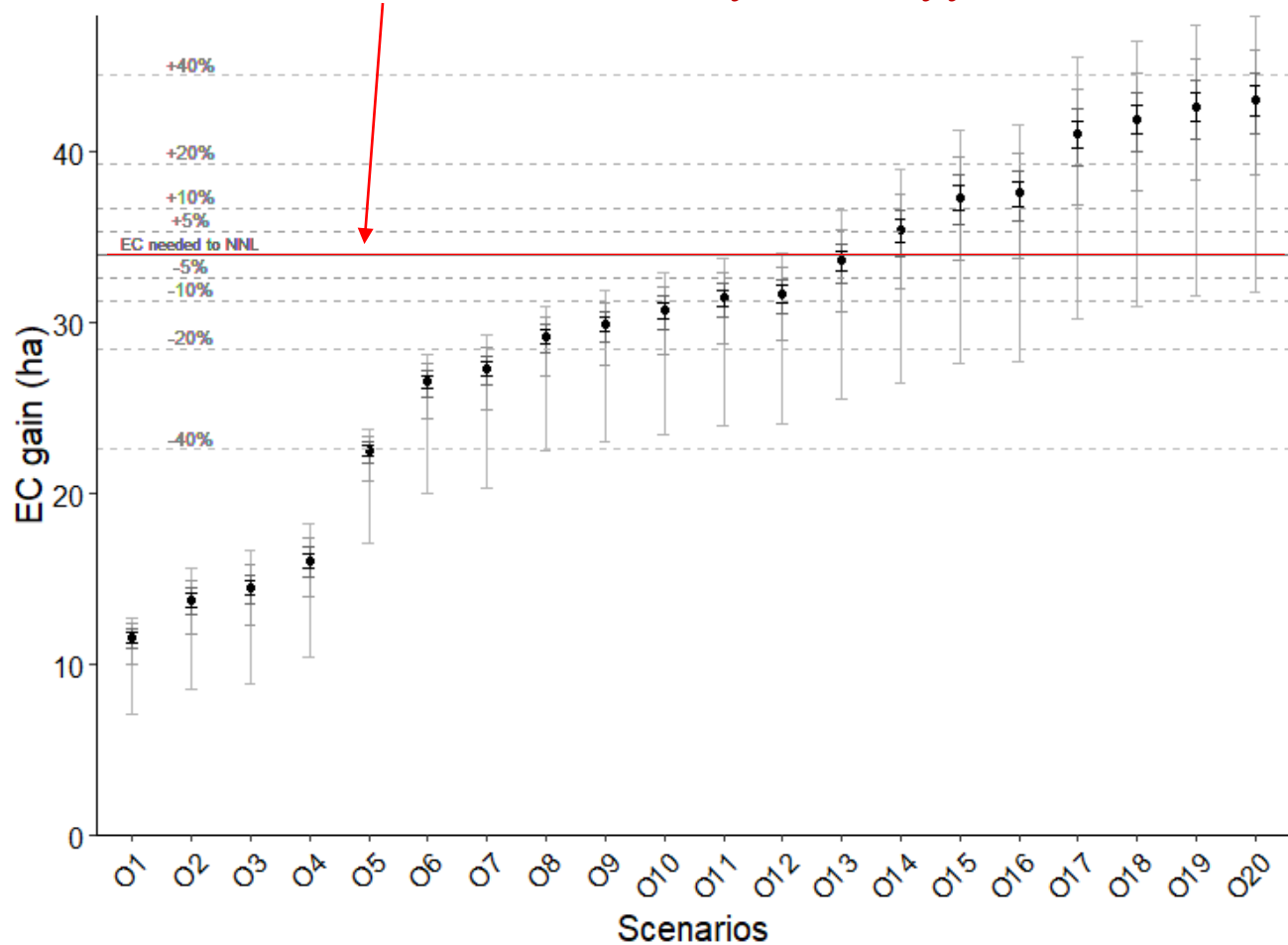


Haittojen kompensointi



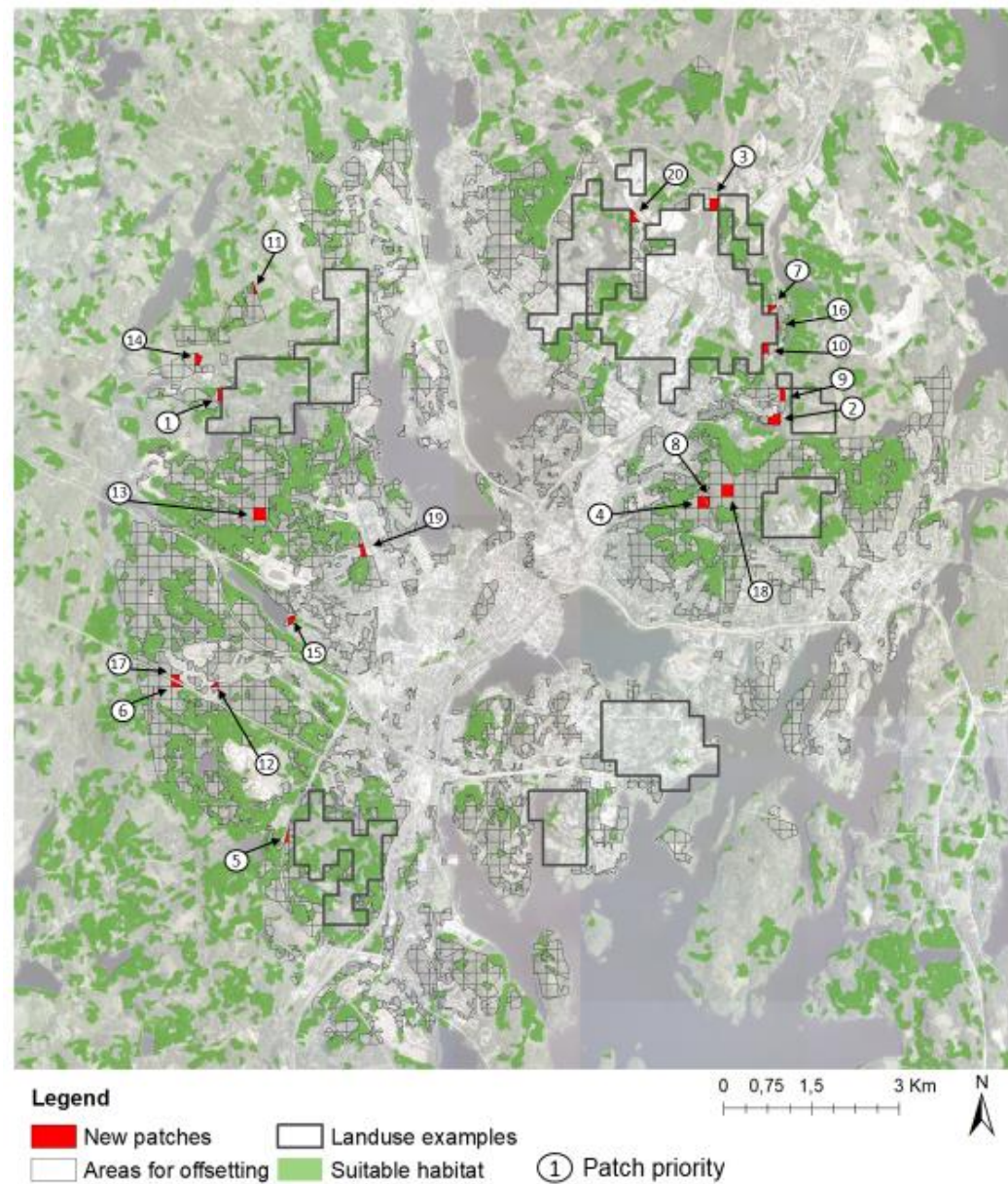
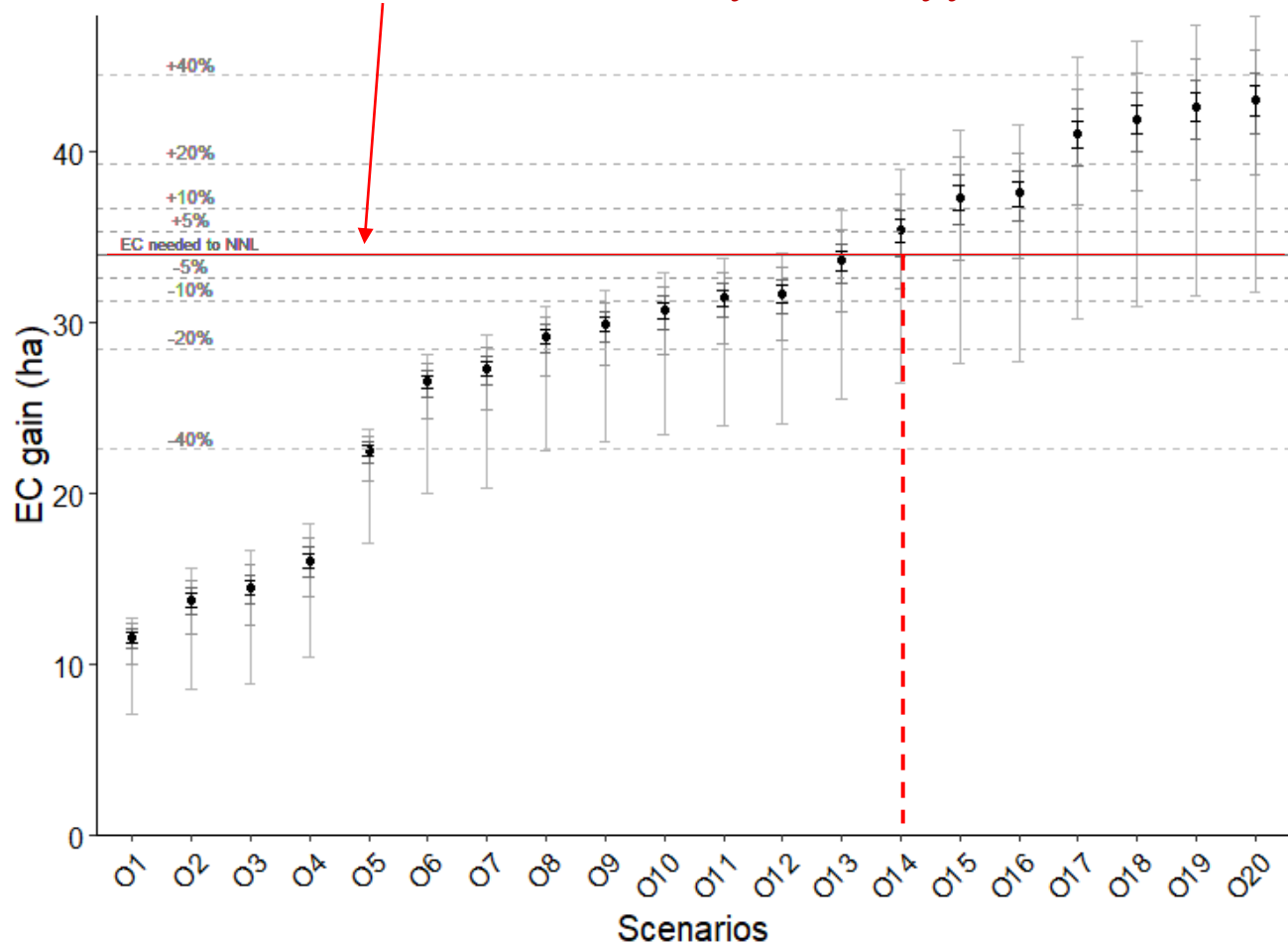
Haittojen kompensointi

kokonaisheikentymättömyys



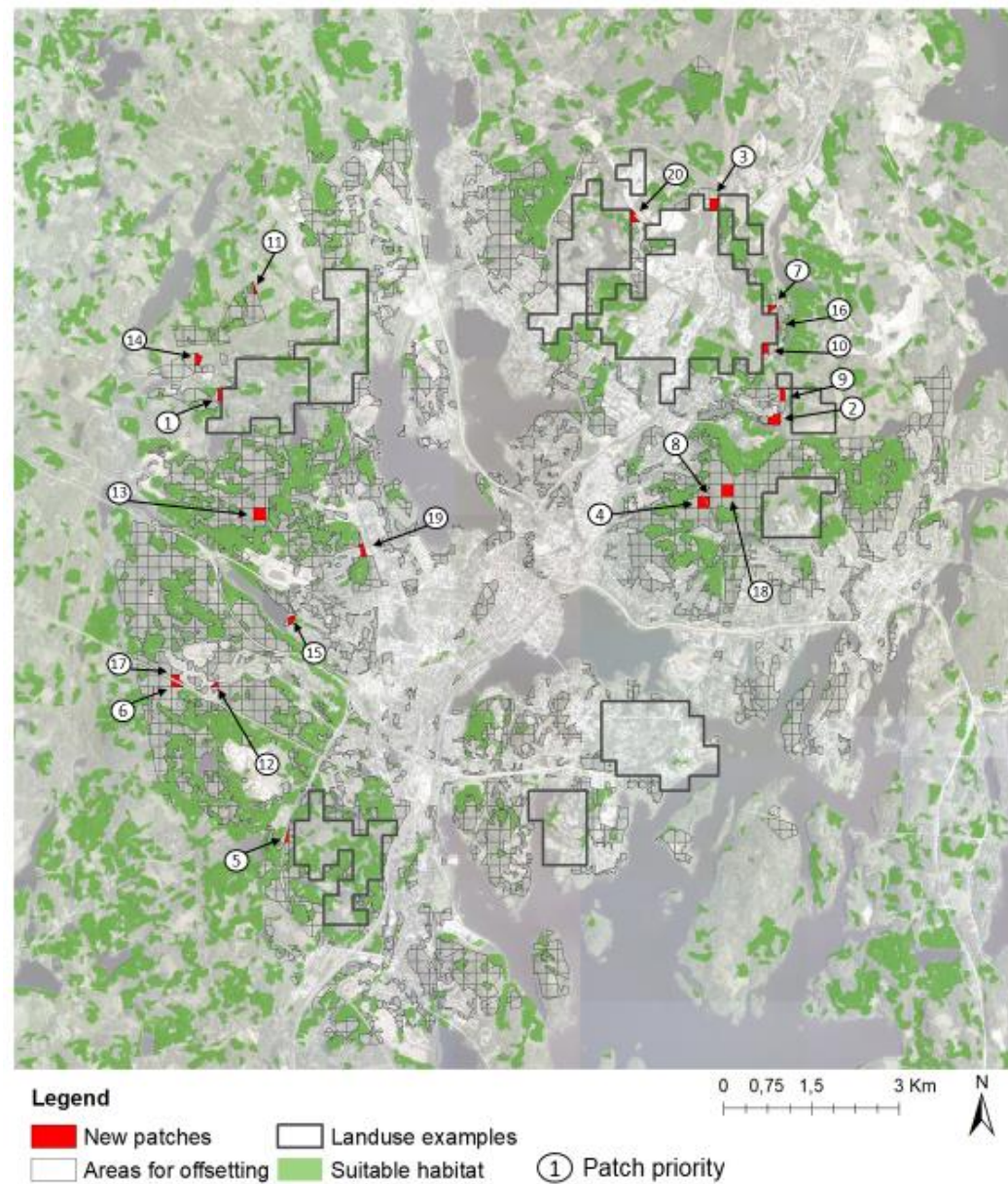
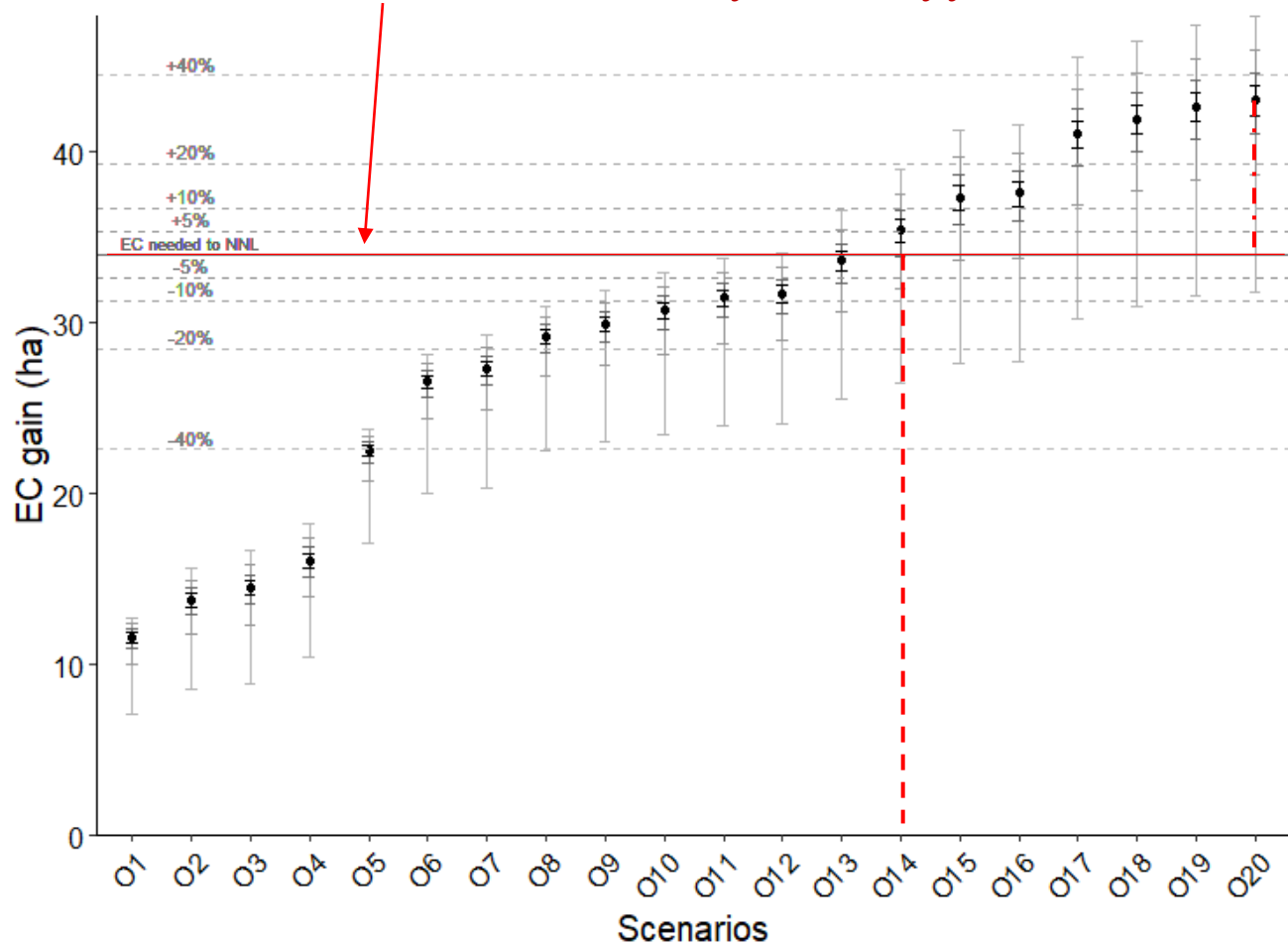
Haittojen kompensointi

kokonaisheikentymättömyys

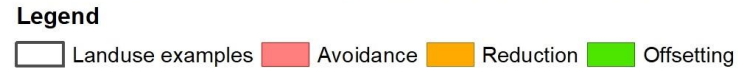
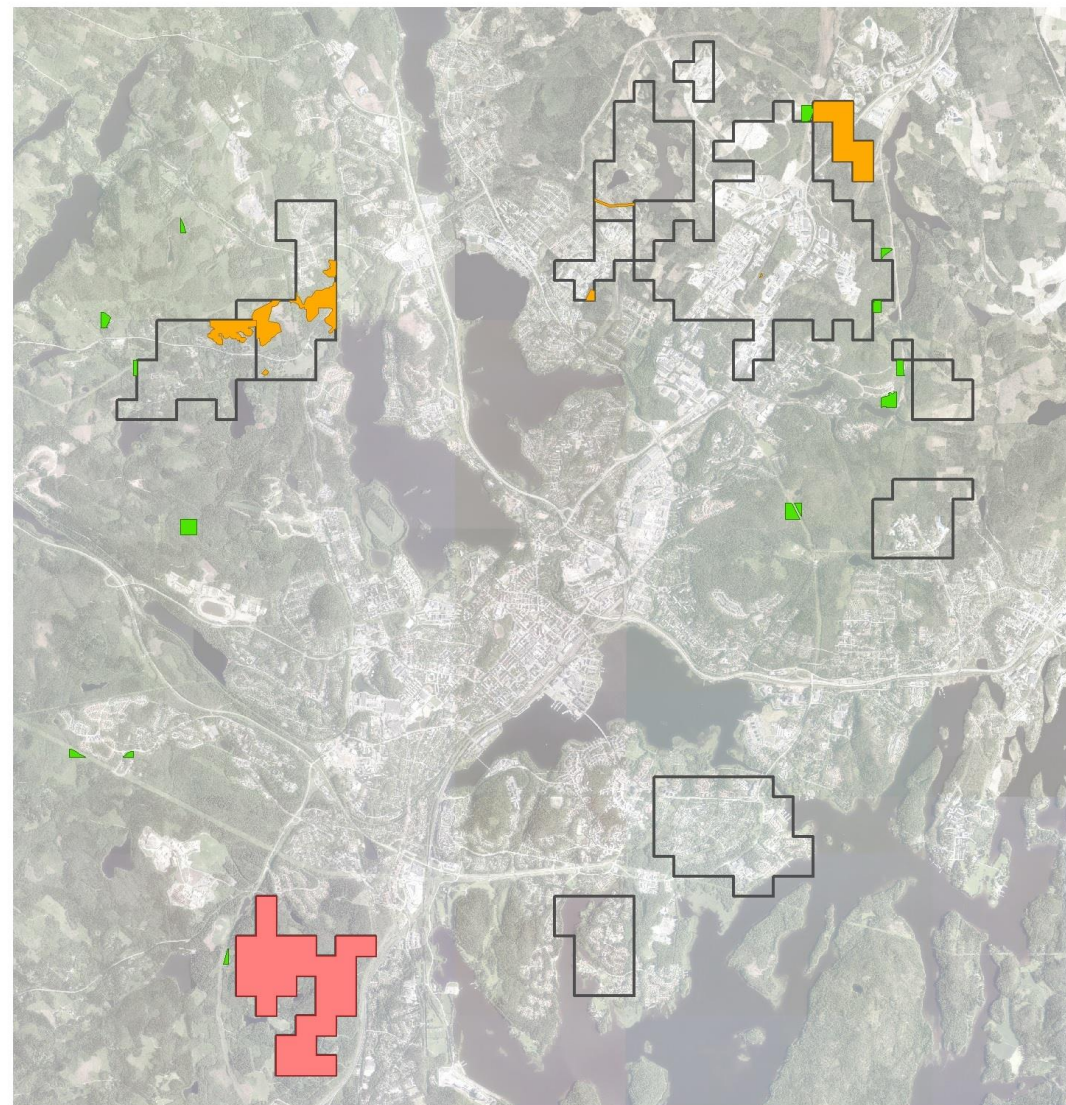
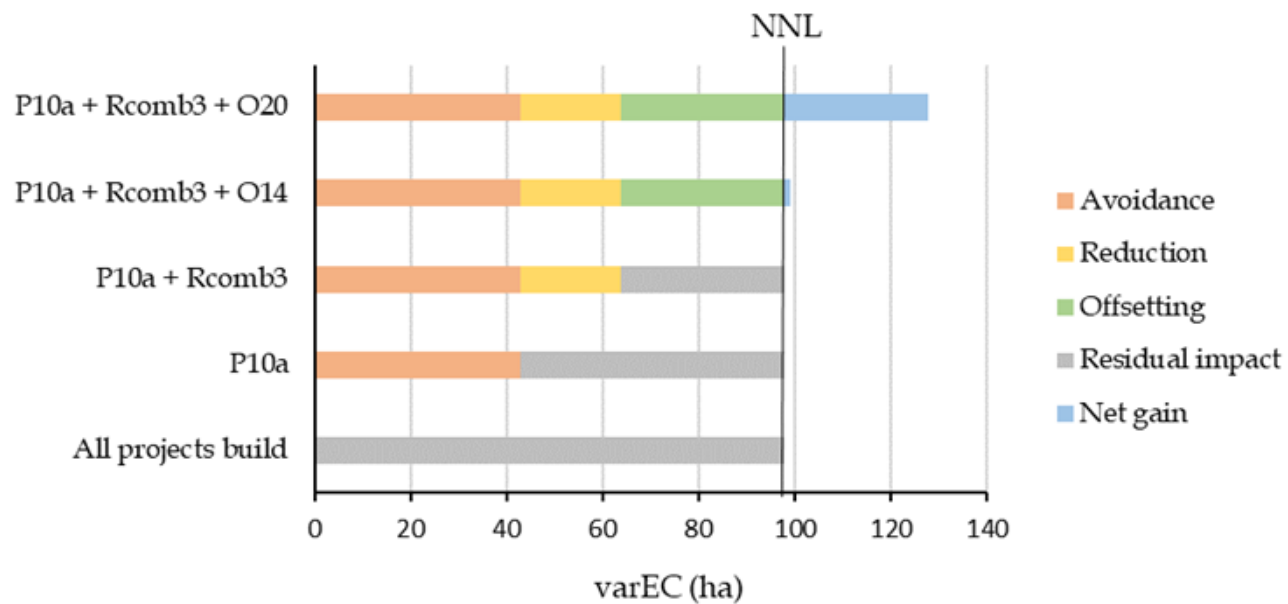


Haittojen kompensointi

kokonaisheikentymättömyys

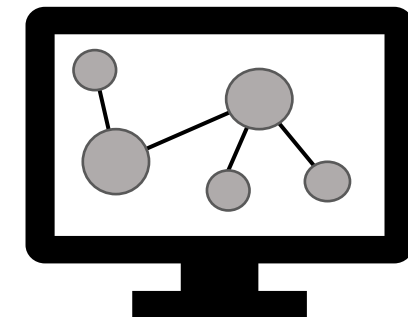


Toimenpiteiden vaikutukset tiivistettynä



Take-home messages

- Menetelmän avulla maankäyttö ja liito-oravan elinympäristöverkoston kytkeytyneisyyden suojele oli mahdollista sovittaa yhteen
- Spatiaaliset graafit hyödyllinen väline maankäytön suunnittelussa
- Haasteita menetelmän käytössä
 - Sopivien paikkatietoaineistojen olemassaolo / tuottaminen
 - Vaatii paljon laskentatehoa
 - Epävarmuudet liittyen mm. lajien dispersaaliin
- Menetelmä tulisi soveltaa kattamaan useita lajeja





KONE FOUNDATION

Väitöskirjaprojekti

Biodiversiteetin suojeleminen kaupungeissa: useiden lajien elinympäristöverkostojen kytkeytyneisyyden tärkeys kaupunkisuunnittelussa ja haittojen lievennystoimissa



Tavoitteena:

- Soveltaa gradussa käytetty menetelmä kattamaan useita lajeja
- Vertailla eri mallinnustapoja ja selvittää parhaat menetelmät maankäytön suunnittelun käyttöön
- Jyväskylä tutkimusalueena



Ohjaajat:

PhD Rémi Duflot
University of Jyväskylä

PhD Heini Kujala
Finnish Museum of Natural History
University of Helsinki

Prof. Janne Kotiaho
University of Jyväskylä

Yhteistyössä:

PhD Anne Laita
Land use planning biologist
City of Jyväskylä

JYVÄSKYLÄ 

Lähteitä

- Bergès L., Avon C., Bezombes L., Clauzel C., Duflot R., Foltête J.C., Gaucherand S., Girardet X. & Spiegelberger T. 2020. Environmental mitigation hierarchy and biodiversity offsets revisited through habitat connectivity modelling. *Journal of Environmental Management* 256: 109950.
- CSBI 2015. A cross-sector guide for implementing the mitigation hierarchy. Prepared by the Biodiversity Consultancy on behalf of IPIECA, ICMM and the Equator Principles Association: Cambridge, UK. Retrieved from: <http://www.csbi.org.uk/our-work/mitigation-hierarchy-guide/>
- Duflot R., Avon C., Roche P. & Bergès L. 2018. Combining habitat suitability models and spatial graphs for more effective landscape conservation planning: An applied methodological framework and a species case study. *Journal for Nature Conservation* 46: 38–47.
- Foltête J.C., Girardet X. & Clauzel C. 2014. A methodological framework for the use of landscape graphs in land-use planning. *Landscape and Urban Planning* 124: 140–150.
- Hanski I.K. & Selonen V. 2009. Female-biased natal dispersal in the Siberian flying squirrel. *Behavioral Ecology* 20: 60–67.
- Hanski I.K., Stevens P.C., Ihalempia P. & Selonen V. 2000. Home-range size, movements, and nest-site use in the Siberian flying squirrel, *Pteromys volans*. *Journal of Mammalogy* 81: 798–809.
- Hilty J. et al., 2020. Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors. IUCN, Gland, Switzerland
- Hyvärinen E., Juslén A., Kemppainen E., Uddström A. & Liukko U.-M. 2019. The 2019 Red List of Finnish Species. *Ministry of the Environment & Finnish Environment Institute*, Helsinki.
- IPBES 2019. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- Jokinen M., Mäkeläinen S. & Ovaskainen O. 2015. ‘Strict’, yet ineffective: Legal protection of breeding sites and resting places fails with the Siberian flying squirrel. *Animal Conservation* 18: 167–175.
- LIFE17 NAT/FI/000469. Co-operation for improving the conservation of the Flying squirrel in Europe. 01.08.2018-31.11.2025. http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=6797
- Mäkeläinen S., Schrader M. & Hanski I.K. 2015. Factors explaining the occurrence of the Siberian flying squirrel in urban forest landscape. *Urban Ecosystems* 18: 223–238.
- Mäkeläinen S., Knecht H.J. de, Ovaskainen O. & Hanski I.K. 2015. Erratum to: Home-range use patterns and movements of the Siberian flying squirrel in urban forests: Effects of habitat composition and connectivity. *Movement Ecology* 4: 1–14.
- Mönkkönen M., Juutinen A., Mazziotta A., Miettinen K., Podkopaev D., Reunanen P., Salminen H. & Tikkanen O.P. 2014. Spatially dynamic forest management to sustain biodiversity and economic returns. *Journal of Environmental Management* 134: 80–89.
- Selonen V. & Hanski I.K. 2012. Dispersing Siberian flying squirrels (*Pteromys volans*) locate preferred habitats in fragmented landscapes. *Canadian Journal of Zoology* 90: 885–89
- Taylor P., Fahrig, L., Henein, K. & Merriam, G. 1993. Connectivity Is a Vital Element of Landscape Structure. *Oikos*, 68: 571–573.
- Urban D. & Keitt T. 2001. Landscape connectivity: A graph-theoretic perspective. *Ecology* 82: 1205–1218.

Kiitos!



Maari Kosma, tohtoriopiskelija
maari.h.kosma@student.jyu.fi
Bio- ja ympäristötieteiden laitos
Ambiotica, YAC320.1
Jyväskylän yliopisto

Pääohjaaja:
Rémi Duflot, tutkija
remi.r.duflot@jyu.fi
Jyväskylän yliopisto

Yhteistyö, seurantaryhmän jäsen:
Anne Laita, kaavoitusbiologi
anne.laita@jyvaskyla.fi
Jyväskylän kaupunki



Picture: Tiina Tikka



www.jyu.fi/berg



Suomen Biologian Seura Vanamo ry
Societas Biologica Fennica Vanamo



Suomen Luonnonsuojelun Säätiö
Naturskyddsstiftelsen i Finland



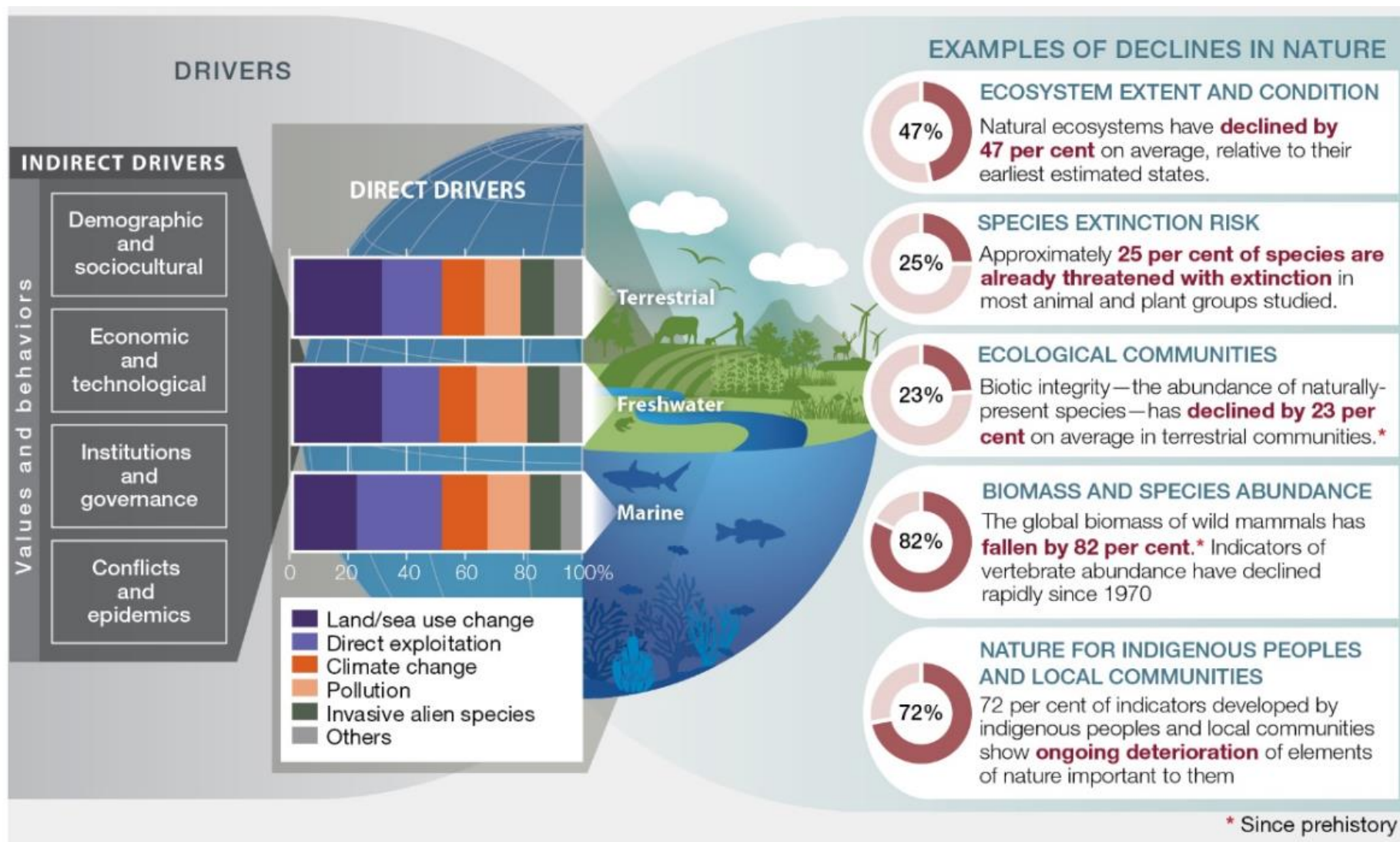
KONE FOUNDATION



This study has gained funding from the Flying Squirrel LIFE program ([LIFE17/NAT/FI/000469](#)) funded by the European Commission

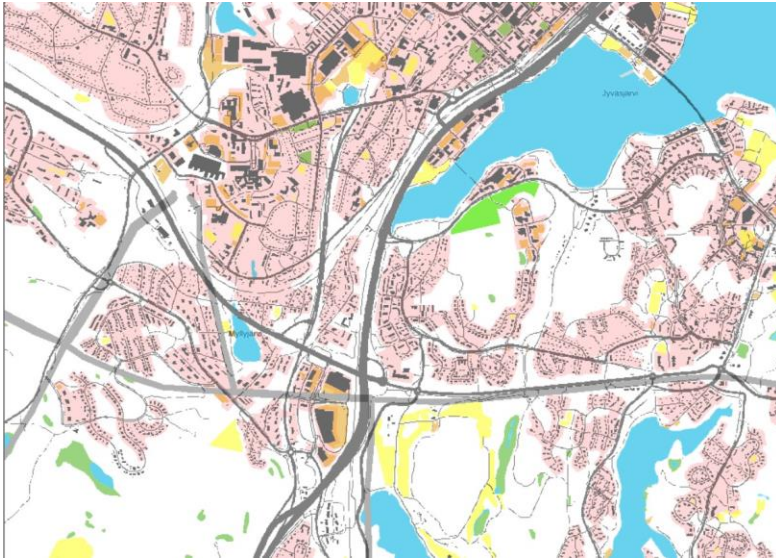
Ylimääräisiä dioja alla



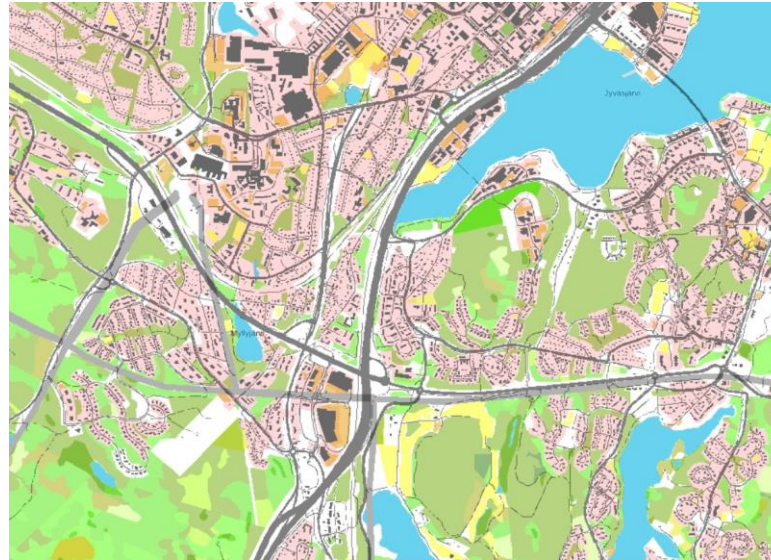


IPBES 2019: Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Source: <https://www.ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment>

Creating landcover



Maastotietokanta (MML 2019)
Many gaps



Maastotietokanta (MML 2019)
+ Forest data from Metsäkeskus
+ Forests owned by the city
Still gaps



Maastotietokanta (MML 2019)
+ Forest data from Metsäkeskus
+ Forests owned by the city
+ Forest data from LUKE (2017)
+ Corine landcover 2018

Habitat suitability model



Journal of Environmental Management
Volume 134, 15 February 2014, Pages 80–89



Spatially dynamic forest management to sustain biodiversity and economic returns

Mikko Mönkkönen^{a,*}, Artti Juutinen^{b,c,d}, Adriano Mazziotta^a, Kaisa Miettinen^e, Dmitry Podkopaev^{a,e}, Pasi Reunanen^a, Hannu Salminen^d, Olli-Pekka Tikkanen^f

- Habitat Suitability Index (HSI) based on expert knowledge of habitat requirements (Mönkkönen et al. 2014):

- The volume of spruce
- The proportion of spruce
- The volume of deciduous trees

HSI = 1 = highly suitable

HSI = 0 = not suitable

We used our own experience on flying squirrel habitat requirements (Reunanen et al. 2002, 2004; Hurme et al. 2007) to formulate sub-utility functions for the flying squirrel:

1. Spruce vol m³/ha

$$w_{sprucevol} = \begin{cases} 0, & \text{if } v_{spruce} \leq 140 \\ 0.028 * v_{spruce} - 4, & \text{if } 140 < v_{spruce} \leq 175 \\ 1, & \text{if } v_{spruce} > 175 \end{cases}$$

2. Proportion of spruce of total timber volume (%)

$$w_{sprucep} = \begin{cases} 0, & \text{if } p_{spruce} \leq 50 \\ 0.1 * p_{spruce} - 5, & \text{if } 50 < p_{spruce} \leq 60 \\ 1, & \text{if } p_{spruce} > 60 \end{cases}$$

3. Volume of deciduous trees m³/ha

$$w_{dec} = \begin{cases} 0, & \text{if } v_{dec} \leq 12 \\ 0.333 * v_{dec} - 4, & \text{if } 12 < v_{dec} \leq 15 \\ 1, & \text{if } v_{dec} > 15 \end{cases}$$

Habitat suitability for the flying squirrel is a product of these three functions

$$HSI_{fs} = w_{sprucevol} * w_{sprucep} * w_{dec}$$

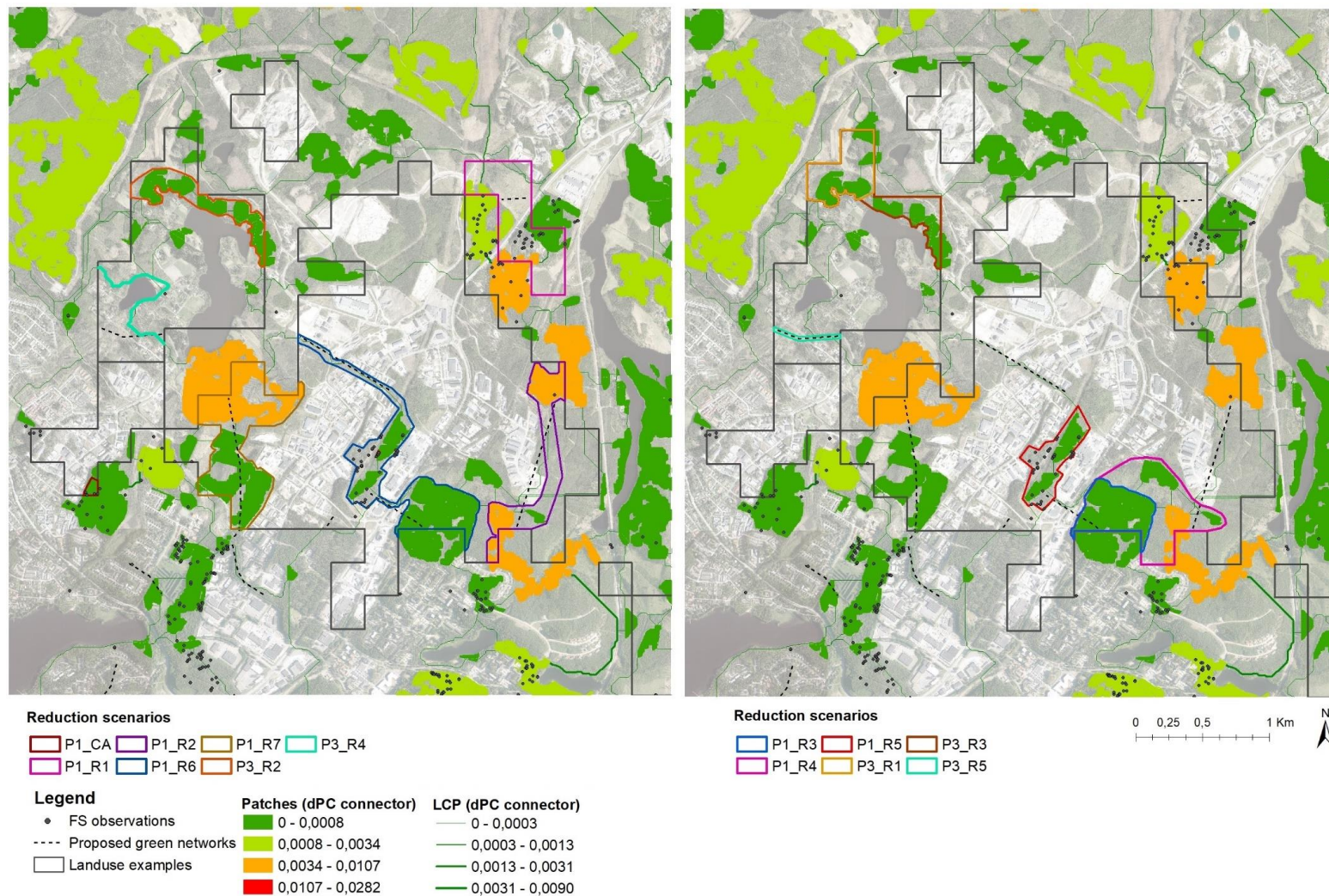
and equals to one when the volume of spruce is > 175 m³/ha, the proportion of spruce of the total timber volume is >60%, and the volume of deciduous trees is > 15 m³/ha.

Results – Reduction scenarios

Project	Scenario	Reduction action
All	CA	All core areas for flying squirrel defined by city saved (seven)
Project 1	P1_CA	All core areas in project 1 saved (two)
Project 1	P1_R1	Upper right corner saved (many patches and observations)
Project 1	P1_R2	Lower right corner saved (important habitats, one green connection)
Project 1	P1_R3	Bottom mid patch saved (large patch)
Project 1	P1_R4	Bottom mid area saved (many patches, one important for connectivity)
Project 1	P1_R5	Middle patch saved (many observations and one little core area)
Project 1	P1_R6	Bottom mid and middle patch and two connections saved
Project 1	P1_R7	Left area saved (important patches and green connection)
Project 3	P3_R1	Upper corner saved (three nearby patches and their connections)
Project 3	P3_R2	Upper patches saved (three nearby patches and their connections)
Project 3	P3_R3	Whole upper area saved (many nearby patches and their connections)
Project 3	P3_R4	One important link saved following LCP
Project 3	P3_R5	One important link saved following city proposed green connection
Project 6	P6_R1	Upper right patch saved (important for connectivity)
Project 6	P6_R2	Left patch saved (important for connectivity)
Project 6	P6_R3	Upper right and left patch and their connection saved
Project 6	P6_R4	Upper right and left patch and two connections saved
Project 7	P7_CA	All core areas in project 7 saved (five)
Project 7	P7_R1	Middle patches saved (six patches)
Project 7	P7_R2	Middle area saved (six patches and their connections)
Project 7	P7_R3	Left corner saved (three patches and their connections)

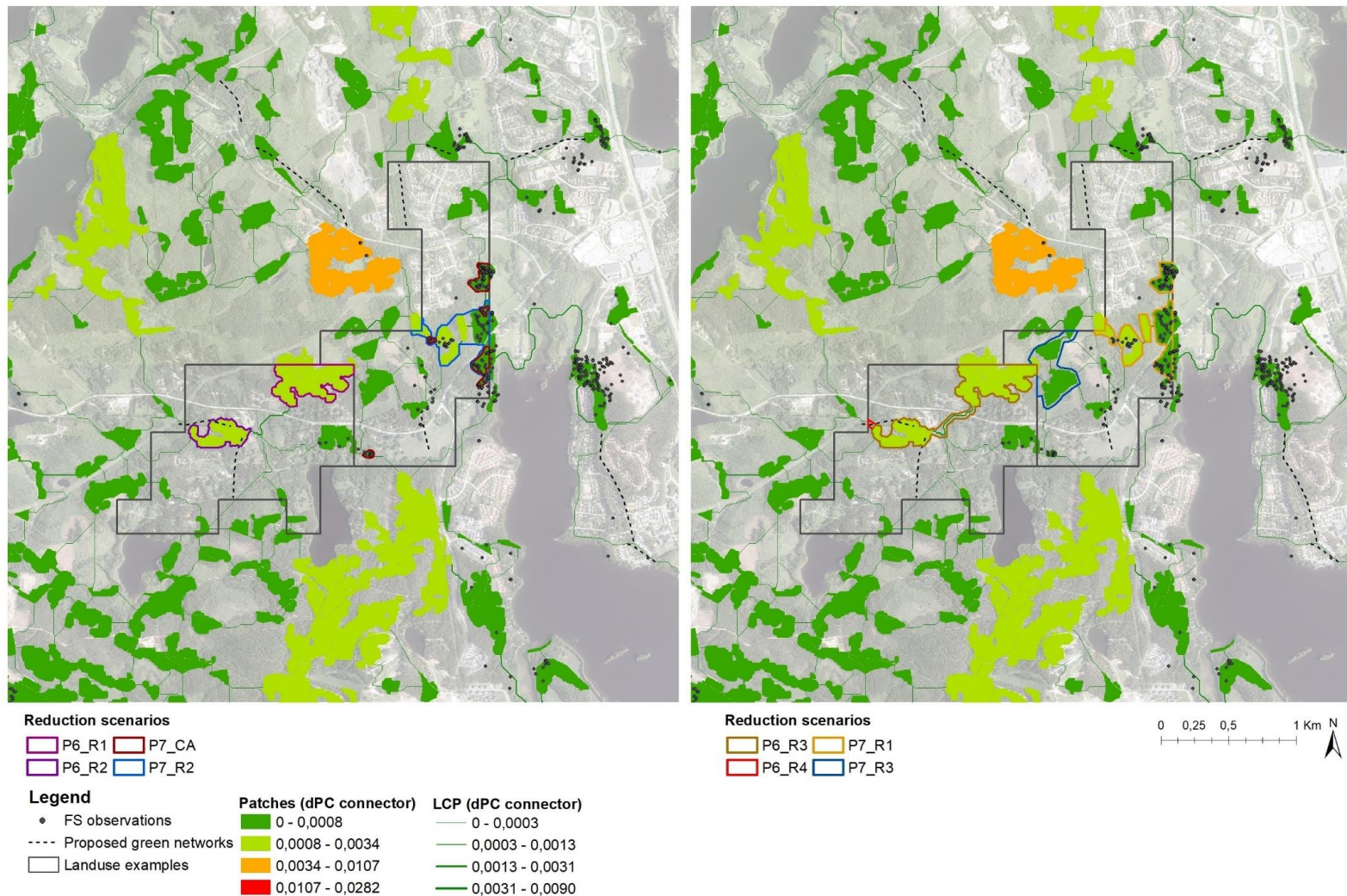
Methods – Reduction scenarios

Project 1 and 3



Methods – Reduction scenarios

Project 6 and 7



Equations:

Probability of dispersal which takes dispersal capacity into account

$$p_{ij} = e^{-\alpha d_{ij}}$$

Probability of Connectivity (to whole network)

$$PC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i a_j p_{ij}^*}{A_L^2}$$

Percentage of variation in PC, for ranking patches and links

$$dPC_k = \frac{PC - PC_{remove,k}}{PC} \times 100$$

Three components of dPC

$$dPC_k = dPC_k \text{ intra} + dPC_k \text{ flux} + dPC_k \text{ connector}$$

Habitat availability Dispersal flux Connectivity

“EC = the size of a single habitat patch (in ha) which is totally connected and gives the same probability of connectivity as the actual habitat pattern”

Equivalent Connectivity

$$EC = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i a_j p_{ij}^*}$$

Measuring the overall modification of the network

$$varEC = EC_{after} - EC_{before}$$

$$dEC = \frac{EC_{after} - EC_{before}}{EC_{before}}$$

Bergès et al. 2020 and Duflot et al. 2018

Vaarantuneet
VU Vulnerable

Case study – Study species

Siberian flying squirrel (*Pteromys volans*, FS)

- Vulnerable in Finland
- Under strict, but ineffective, protection
- Able to live in fragmented urban areas
 - Connectivity found to be important for long-term persistence
→ Landscape-scale conservation needed
- Moves mainly by gliding from tree to tree



(Hyvärinen et al. 2019, Jokinen et al. 2015, Selonen & Hanski 2012, Mäkeläinen et al. 2015 and 2016)

Steps

- **I. Identifying biodiversity hotspots in urban landscape**
 - Data: Species observations (FinBIF, KSLY, city of JKL, ELY) + environmental layers
 - Method: Species distribution modelling
- **II. Modelling multi-species habitat networks and prioritizing areas important for connectivity**
 - Data: SDMs + environmental layers + info from dispersal
 - Method: spatial graphs (and Zonation?)
- **III. Mitigating the effects of urban development on multi-species habitat networks**
 - Data: spatial graphs + city development plans
 - Method: Scenario analyses
- **IV. Studying the effect of habitat connectivity in mitigation planning (offsetting)**
 - Data: spatial graphs + scenarios of development
 - Method: Scenario analyses, spatial statistics

Species

- Birds
 - Lesser spotted woodpecker, LC
 - Eurasian three-toed woodpecker, LC
 - White-backed woodpecker, VU
 - Great spotted woodpecker, LC
 - Northern goshawk, NT
 - European honey buzzard, EN
 - Common buzzard, VU
 - Willow tit, EN
- Mammals
 - Siberian flying squirrel, VU
 - Eurasian Red Squirrel, LC
 - Western hedgehog, LC
 - Yellow-necked Field Mouse, LC (14 obs.)
 - Mountain Hare, LC (65 obs.)
- Others
 - Butterflies (but which species?)
 - Data problems: bats, bryophytes
 - Fungus: polypores, SieniAtlas (Panu Halme)?
 - Plants?
 - Lichen?

Environmental variables

- Forests
 - Forest stand and tree characteristics
 - Most important variables, MANY
 - The distance to nearest forest edge
 - The amount of forest in x distance
- Other landcover classes
 - Urban areas classified by density
 - Parks & gardens classified by vegetation high/tree density
 - Agricultural areas, buildings, roads etc...
 - Hedgerows and green areas nearby roads?
 - The distance to nearest x
 - The amount of x in x distance
- Other environmental variables
 - Physical conditions
 - Temperature, elevation
 - Soil variables
 - Noise & light pollution