

# Integrated mapping of urban ecosystem services to manage spatial planning trade-offs in Trondheim, Norway

Roel May, Frank Hanssen, Erik Stange, Jiska van Dijk & Berit Köhler

*Norwegian Institute for Nature Research (NINA), Norway*

Integrative Management of Green Infrastructures Multifunctionality,  
Ecosystem integrity and Ecosystem Services

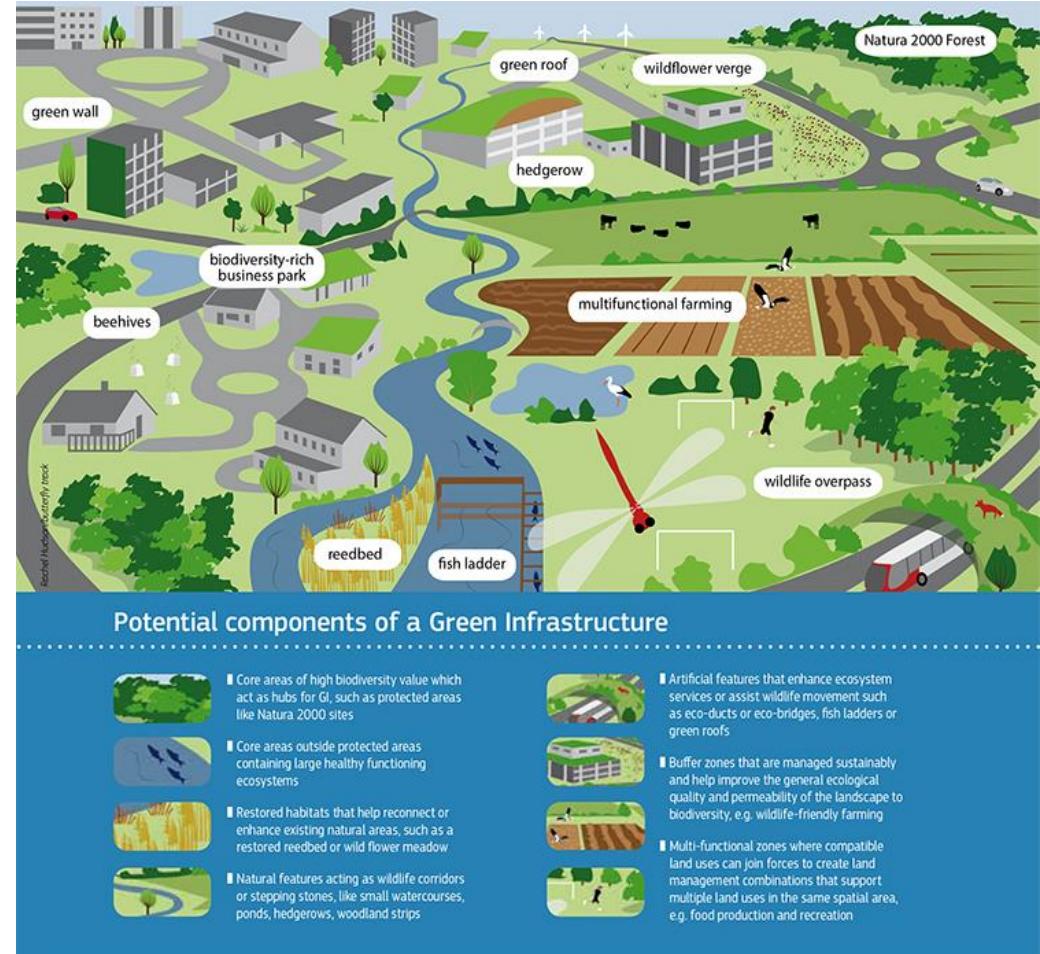


# Managing trade-offs in Green Infrastructure

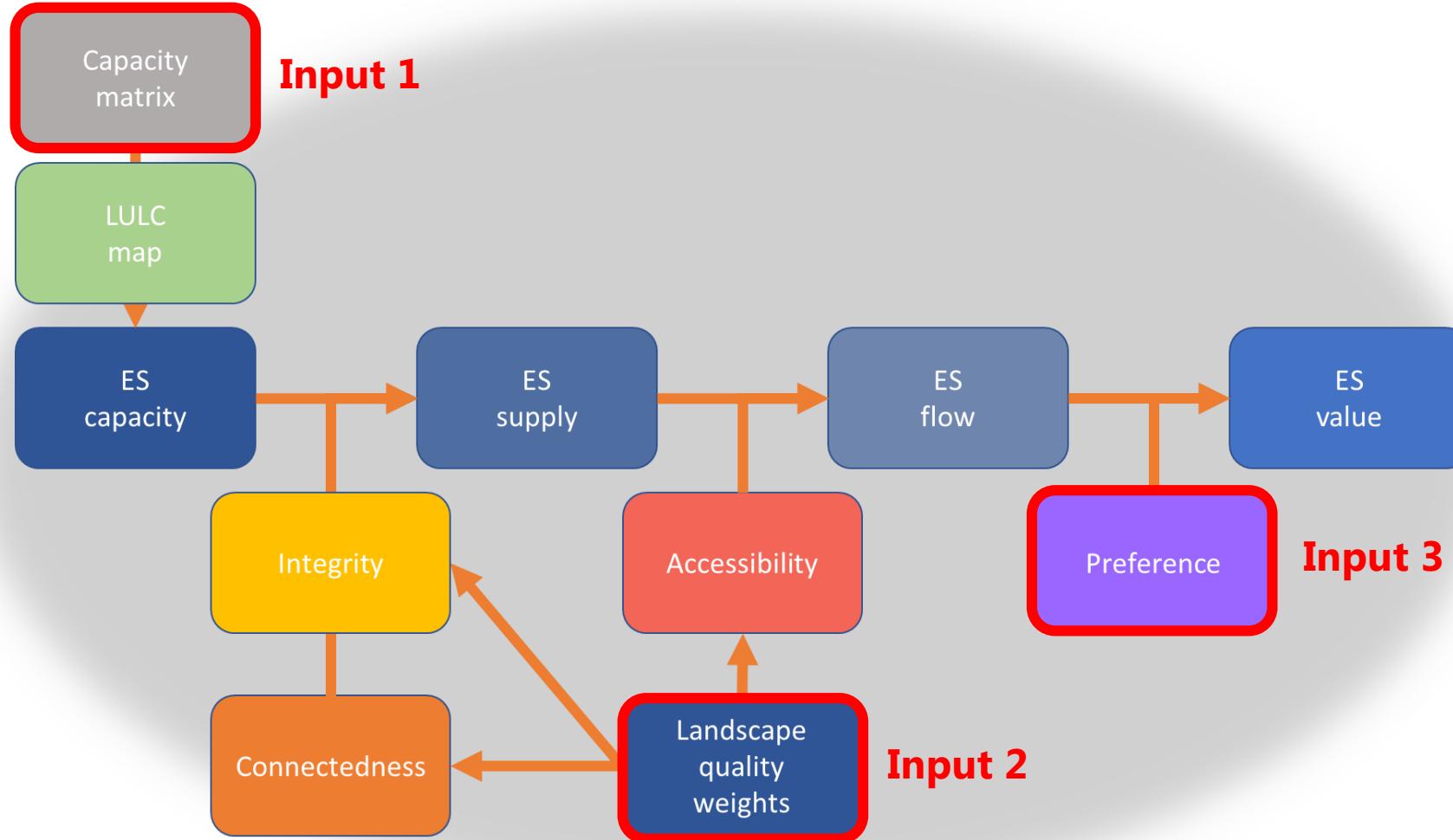
- The multi-functional nature of GI in urban and rural landscapes necessitates balancing spatial trade-offs
  - Geographical visualization of landscape qualities enhancing biodiversity and delivering ecosystem services for society
  - Public engagement supports transparency of land-use planning and restoration initiatives
- Develop adaptive and spatially-explicit landscape planning tools for evaluating alternative design and management options of GI at landscape level

# Ecosystem service trade-offs

- Ecosystem services versus development
- Ecosystem services versus biodiversity
- Ecosystem services versus disservices
- Amongst ecosystem services



# The ecosystem service delivery chain



Trondheim, Norway

| Landskapstype  | Kulturelle tjenester                          |  |                                  |   |  | Forsynende tjenester                         |                           |   | Regulerende tjenester   |                             |                                      |                |                       |                           |   | Ugunstige tjenester   |   |  |  | Hvor sikker er du i din verdisetting for hver landskapsstype? |
|--|---|--|----------------------------------|---|--|--|---------------------------|---|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------|---|---|---|--|--|---|
|  | Eksistensverdi av biodiversitet / økosystemer | Friluftsliv og annen rekreasjon for fysisk og mental helse | Vitenskap, utdanning og kunnskap | Stedsidentitet (inkl natur- og kulturarv, kjennemerker i landskapet, tradisjon) | Åndelig berikelse (f.eks. kontakt med naturen, opplevelse av sammenheng, ro og ettertanke, estetikk) | Ville planter, alger, sop og deres produkter | Vildyr og deres produkter | Landbruk/skog som produserer for ernæring, bosetting eller annet bruk | Opprettholde viralethet | Pollinering og frøspredning | Opprettholde populasjoner og habitat | Hindre erosjon | Lokal klimaregulering | Naturlig skadedyrkempelse | Overvannshåndtering (inkl. flombeskyttelse, drenering av overflatevann) | Interaksjoner med vildyr (inkl insektbitt, elgangrep, o.l.) | Allergier eller forgiftning fra planter (inkl pollen) og sopp | Mangel på sikkerhet (f.eks. mørke sykkel- og fotstier, elgkollisjoner) | Spredning av fremmede arter (med økologisk eller økonomisk risiko som følge) |   |
| Dyrket mark (fulldyrka + overflatendyrka)  | 2.00  | 1.21   | 2.00                             | 4.07  | 2.57   | 0.21   | 1.36                      | 5.00  | 0.64                    | 2.50                        | 1.14                                 | 1.36           | 1.21                  | 1.57                      | 2.50  | 1.07  | 2.50  | 0.79   | 2.64   | 2.29  |
| Innmarksbeite  | 3.14  | 1.93   | 2.86                             | 4.21  | 2.93   | 1.36   | 1.71                      | 4.71  | 0.79                    | 3.64                        | 2.43                                 | 2.21           | 1.79                  | 2.07                      | 2.71  | 2.00  | 2.79  | 0.79   | 3.07   | 2.07  |
| Løvskog  | 4.64  | 4.14   | 4.36                             | 3.93  | 4.57   | 4.57   | 4.36                      | 4.00  | 3.79                    | 4.50                        | 4.79                                 | 4.71           | 4.57                  | 3.21                      | 4.50  | 3.71  | 4.29  | 2.71   | 2.93   | 2.64  |
| Gran- og blandingskog  | 4.57  | 4.36   | 4.64                             | 4.14  | 4.57   | 4.79   | 4.71                      | 4.79  | 3.57                    | 4.57                        | 4.79                                 | 4.64           | 4.64                  | 3.36                      | 4.43  | 3.86  | 3.93  | 2.93   | 2.79   | 2.71  |
| Åpen mark  | 4.14  | 4.21   | 4.00                             | 4.21  | 4.43   | 3.93   | 3.93                      | 1.64  | 2.79                    | 4.50                        | 4.29                                 | 3.29           | 2.50                  | 2.57                      | 3.29  | 3.00  | 3.21  | 1.93   | 3.21   | 2.29  |
| Myr  | 4.64  | 2.93   | 4.71                             | 3.64  | 3.86   | 4.21   | 3.57                      | 1.57  | 4.29                    | 4.21                        | 4.86                                 | 4.36           | 4.00                  | 2.86                      | 4.64  | 4.00  | 2.79  | 2.29   | 2.14   | 2.57  |
| Bekk   | 4.29  | 3.57   | 4.50                             | 3.86  | 4.29   | 2.57   | 2.64                      | 1.29  | 4.00                    | 2.43                        | 4.79                                 | 1.64           | 3.14                  | 1.86                      | 3.86  | 3.07  | 0.64  | 2.64   | 3.64   | 2.43  |
| Elv  | 4.71  | 4.14   | 4.43                             | 4.43  | 4.79   | 2.71   | 4.29                      | 1.93  | 4.21                    | 2.64                        | 4.71                                 | 1.64           | 3.43                  | 1.86                      | 3.86  | 2.64  | 0.64  | 4.00   | 3.93   | 2.29  |
| Innsløp  | 4.57  | 4.43   | 4.43                             | 4.36  | 4.79   | 2.71   | 4.43                      | 1.21  | 3.93                    | 1.64                        | 4.64                                 | 1.79           | 3.43                  | 1.79                      | 3.86  | 2.93  | 0.93  | 3.64   | 3.21   | 2.21  |
| Dam  | 4.29  | 2.71   | 4.29                             | 3.14  | 3.43   | 2.64   | 2.43                      | 0.79  | 3.57                    | 1.14                        | 4.29                                 | 1.71           | 2.21                  | 1.64                      | 3.64  | 2.64  | 1.21  | 2.64   | 2.71   | 2.00  |
| Kystsone   | 4.50  | 4.64   | 4.43                             | 4.21  | 4.57   | 2.93   | 4.00                      | 1.50  | 3.64                    | 2.36                        | 4.57                                 | 2.64           | 2.50                  | 1.86                      | 3.00  | 1.93  | 1.93  | 3.14   | 3.79   | 2.00  |
| Elvesone   | 4.57  | 4.21   | 4.50                             | 3.64  | 4.36   | 2.71   | 3.07                      | 1.14  | 3.79                    | 3.36                        | 4.79                                 | 3.79           | 3.00                  | 2.36                      | 4.07  | 3.21  | 2.71  | 3.00   | 3.64   | 1.93  |
| Mindre grønne områder, lekeplasser, rekreasjonsområder (< 200 daa) knyttet til bebygde arealer | 3.14  | 4.79   | 3.07                             | 3.57  | 3.21   | 1.07   | 1.00                      | 0.21  | 1.21                    | 2.79                        | 2.14                                 | 2.43           | 2.71                  | 1.36                      | 3.14  | 1.57  | 2.57  | 2.64   | 2.93   | 2.57  |
| Skrenter   | 3.43  | 1.43   | 2.57                             | 2.57  | 2.21   | 1.86   | 1.71                      | 0.57  | 0.71                    | 2.86                        | 3.43                                 | 1.79           | 1.57                  | 1.57                      | 1.14  | 1.43  | 1.64  | 3.50   | 1.93   | 2.00  |
| Grupper av trær (f.eks. alléer, treklynger, åkerøyer)  | 3.93  | 2.64   | 3.14                             | 4.00  | 3.64   | 2.07   | 2.07                      | 1.07  | 1.86                    | 4.36                        | 3.93                                 | 3.43           | 3.36                  | 3.00                      | 3.07  | 2.07  | 3.64  | 2.21   | 3.21   | 2.50  |
| Hvor sikker er du i din verdisetting for hver gunstige tjenester eller ugunstige tjenester?    | 2.43  | 2.71   | 2.50                             | 2.43  | 2.50   | 2.36   | 2.43                      | 2.50  | 2.07                    | 2.36                        | 2.64                                 | 2.00           | 2.14                  | 1.64                      | 2.21  | 2.15  | 2.07  | 2.00   | 2.00   |   |
| Land cover   |   |  |                                  |   |  |  |                           |   |                         |                             |                                      |                |                       |                           |   |   |   |  |  |   |

# Ecosystem (dis)services

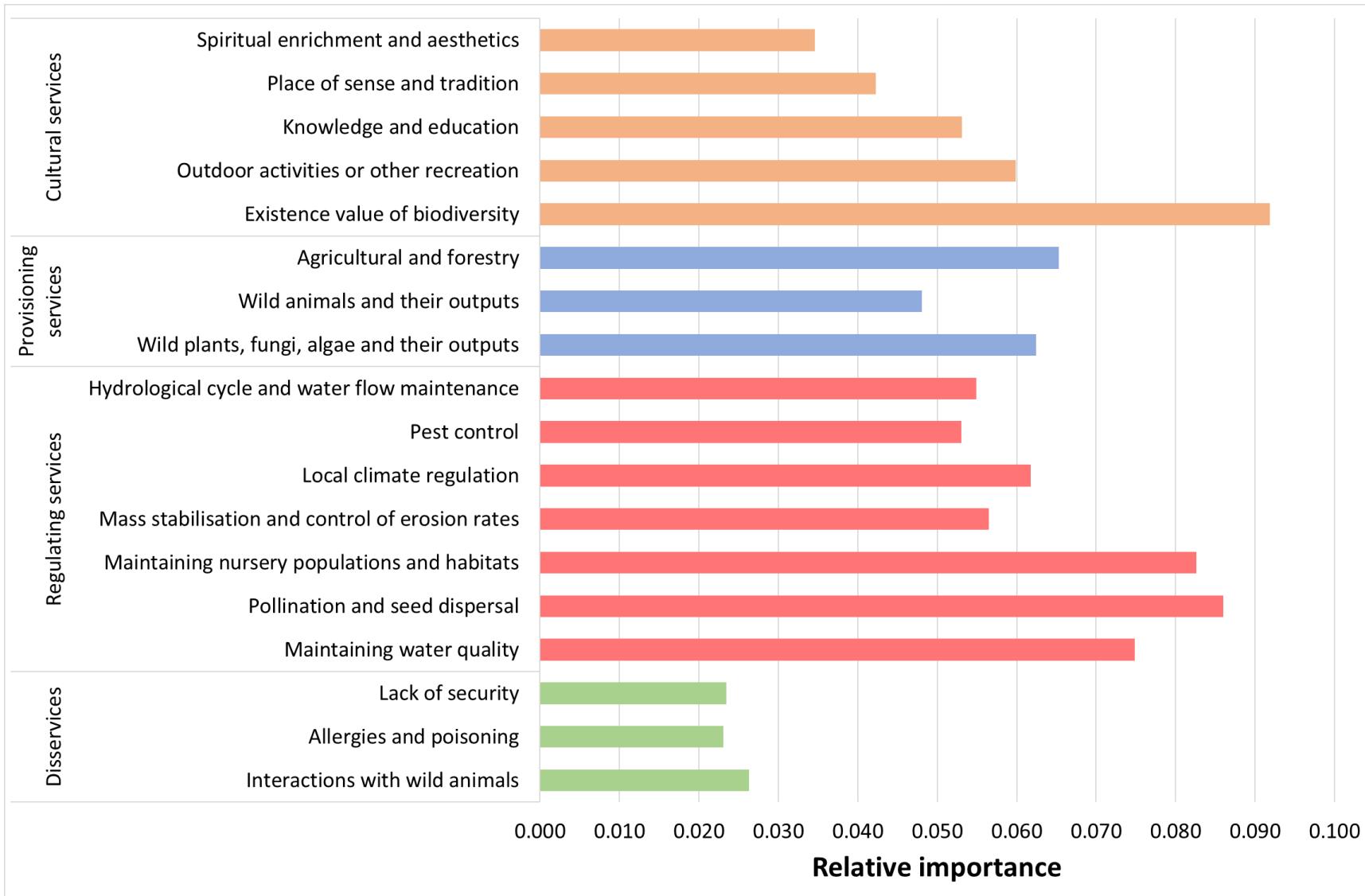
# Weighing of landscape quality

| Hvor viktig er følgende egenskaper av relevante landskapstyper (med en potensiale/kapasitet 1-5) for leveranse av en viss tjeneste? | Kulturelle tjenester                          |   |                                  |   |  | Forsynende tjenester                          |                            |  | Regulerende tjenester    |                             |   |                |                       |                              |   | Ugunstige tjenester  |   |  |  | Hvor sikker er du i din verdisetting for hver landskapstype? |
|---|---|---|----------------------------------|---|--|---|----------------------------|--|--------------------------|-----------------------------|---|----------------|-----------------------|------------------------------|---|--|---|--|--|--|
|   | Eksistensverdi av biodiversitet / økosystemer | Friluftsliv, og annen rekreasjon for fysisk og mental helse | Vitenskap, utdanning og kunnskap | Stedsidentitet (inkl natur- og kulturarv, kjennemerker i landskapet, tradisjon) | Åndelig berikelse (f.eks. kontakt med naturen, opplevelse av sammenheng, ro og ettertanke, estetikk) | Ville planter, alger, sopp og deres produkter | Vilddyr og deres produkter | Landbruk/skogbrukprodukter for ernæring, energi eller annet bruk | Opprettholde værtialitet | Pollinering og frøspredning | Opprettholde fungerende populasjoner og arter | Hindre erosjon | Lokal klimaregulering | Naturlig skadedyrbekjempelse | Overvannshåndtering (inkl. flombeskyttelse, drenering av overflatevann) | Interaksjoner med vilddyr (inkl insektbitt, elgangrep, o.l.) | Allergier eller forgiftning fra planter (inkl pollen) og sopp | Mangel på sikkerhet (f.eks. mørke sykkel- og fotstier, elgkollisjoner) | Spredning av fremmede arter (med økologisk eller økonomisk risiko som følge) |  |
| Økologisk intakt / naturlighet (f.eks. naturlige prosesser, artsrikhet)   | 5.00  | 3.79  | 4.36                             | 3.71  | 4.43   | 4.71  | 4.57                       | 3.29   | 4.79                     | 4.71                        | 4.93  | 4.29           | 3.79                  | 3.79                         | 4.14  | 3.36   | 3.07  | 1.93   | 2.57   | 2.57   |
| Uframkort / samlede tjenester (f.eks. mht opplykking, barriere)   | 4.57  | 4.00  | 3.79                             | 3.29  | 3.71   | 3.86  | 4.29                       | 2.79   | 3.57                     | 3.86                        | 4.71  | 3.64           | 3.29                  | 2.86                         | 4.29  | 2.79   | 2.36  | 2.21   | 2.93   | 2.21   |
| Lett luktur (f.eks. ei, parkeringsplass, tilgang, løypenett eller annet tilrettelagning)  | 1.29  | 4.64  | 2.93                             | 3.50  | 2.79   | 3.00  | 2.71                       | 3.50   | 0.71                     | 0.36                        | 0.36  | 0.64           | 0.93                  | 0.43                         | 0.79  | 2.14   | 1.79  | 3.14   | 2.79   | 2.14   |
| Hvor sikker er du i din verdisetting for hver gunstige tjenester eller ugunstige tjenester?   | 2.62  | 2.62  | 2.77                             | 2.38  | 2.31   | 2.62  | 2.54                       | 2.46   | 2.54                     | 2.46                        | 2.62  | 2.38           | 2.31                  | 1.92                         | 2.23  | 1.77   | 1.92  | 1.92   | 1.77   |  |

Ecosystem (dis)services

# Preference of ecosystem services

27%



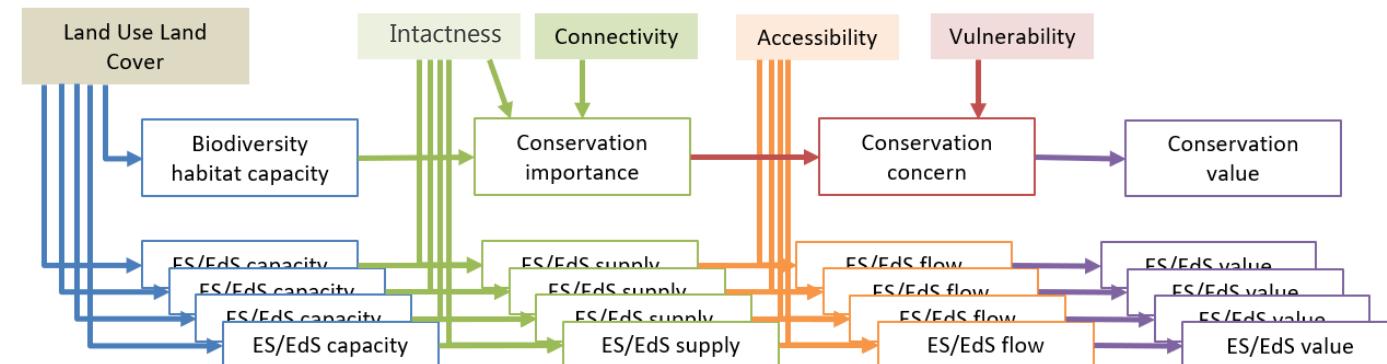
28%

33%

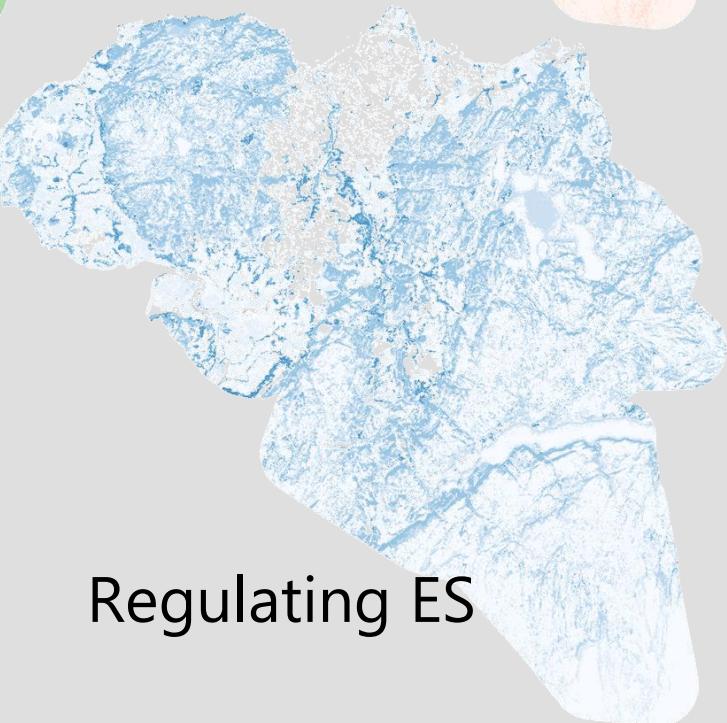
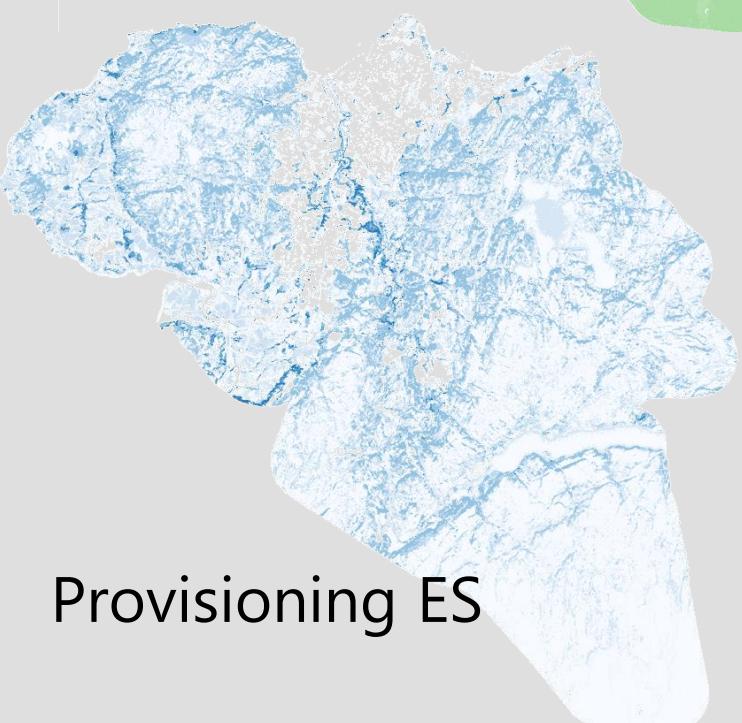
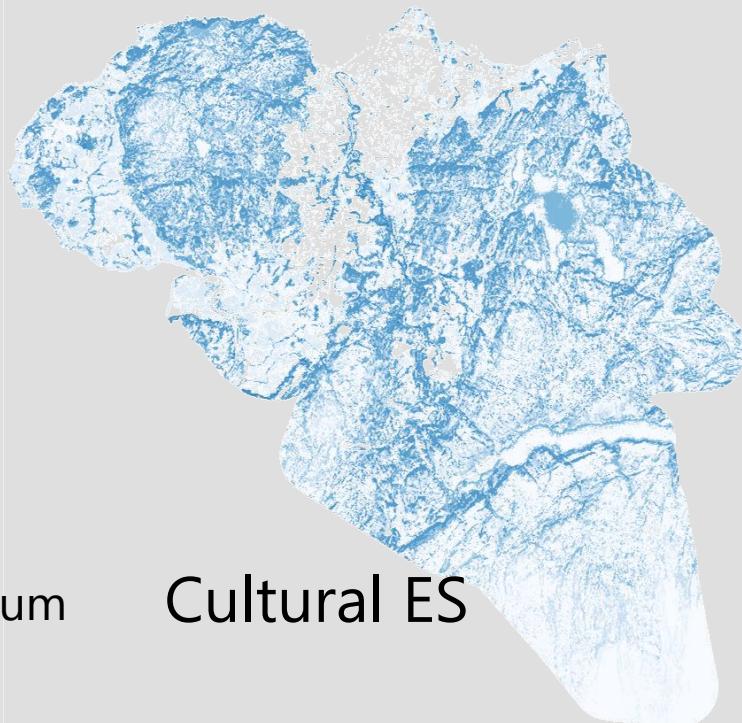
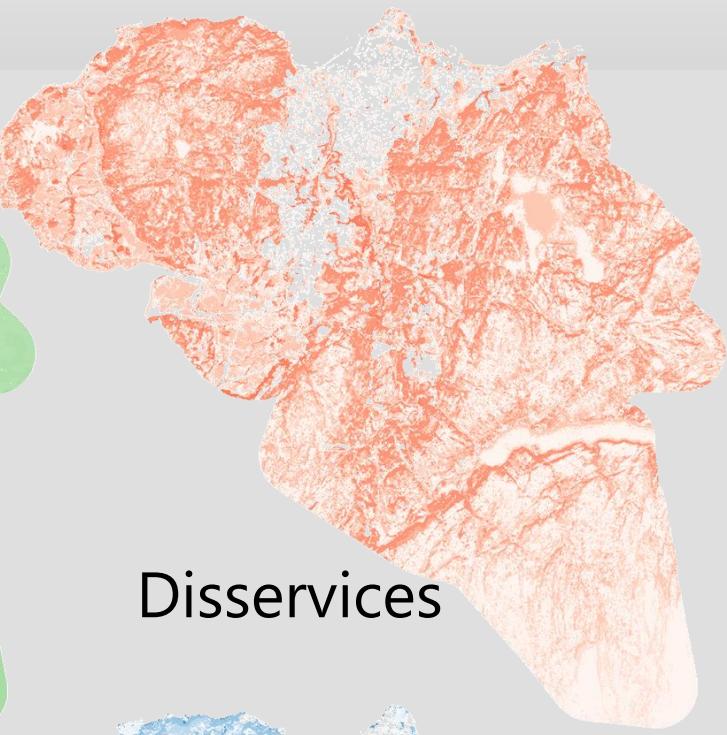
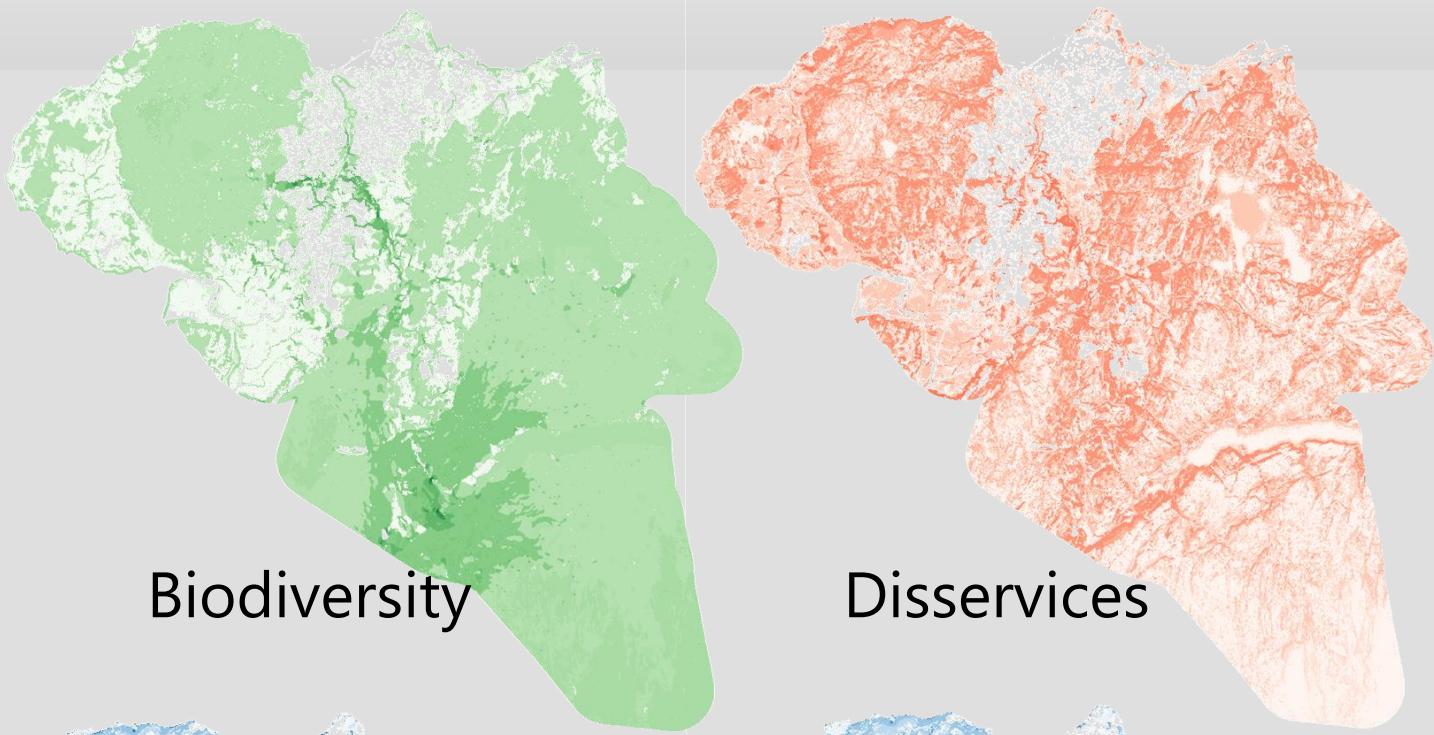
12%

# Mapping GI ecosystem (dis)service delivery

- Bayesian Belief Network is a graphical social-ecological systems framework that allows the integration of knowledge on biodiversity and ecosystem (dis)service capacity, landscape quality information and stakeholder valuation of ES
- Visualize GI ecosystem (dis)service delivery and site-specific key management challenges, such as prioritization of sites of conservation concern

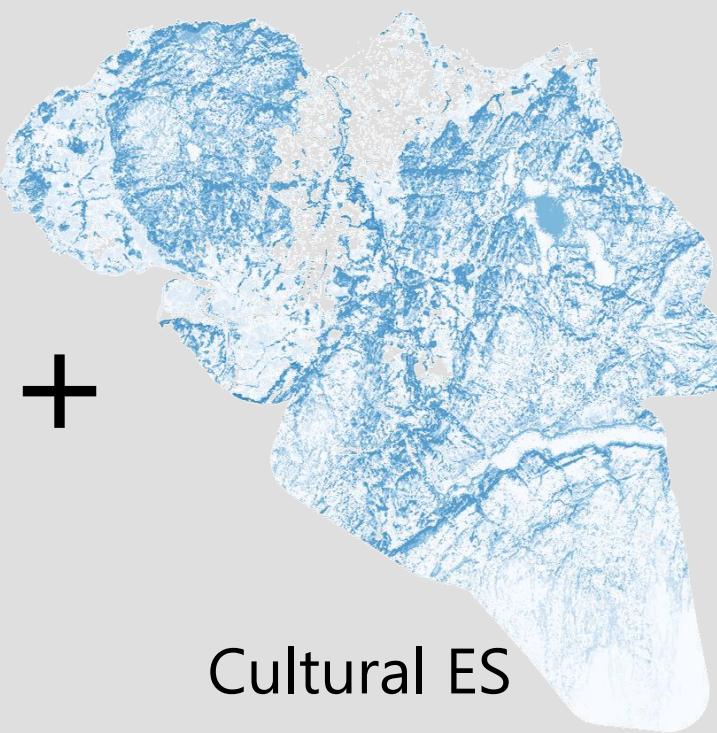
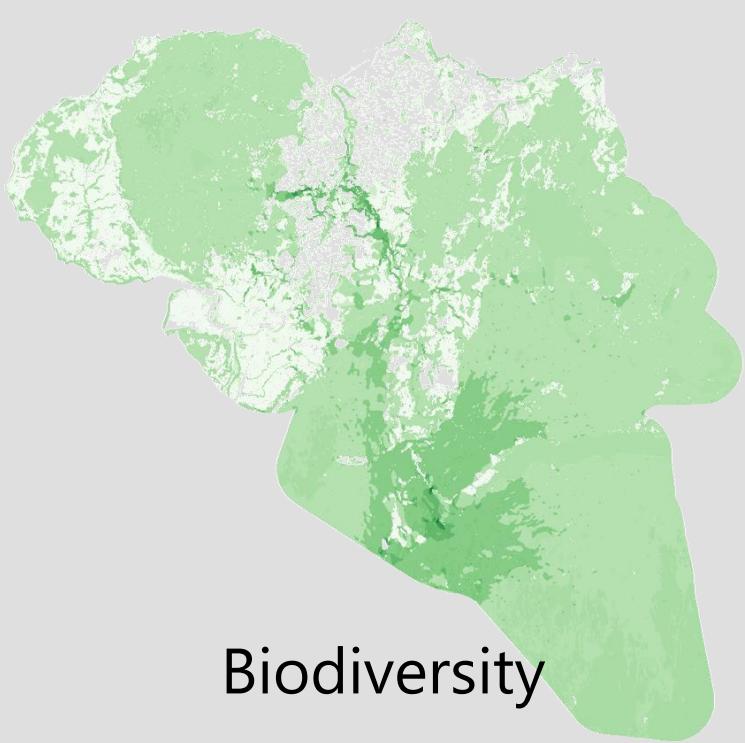


- Map ecosystem (dis)service delivery and biodiversity…



High  
Medium  
Low

- ...for site-specific prioritization of Green Infrastructure: trade-offs and zoning options



+

High  
Medium  
Low

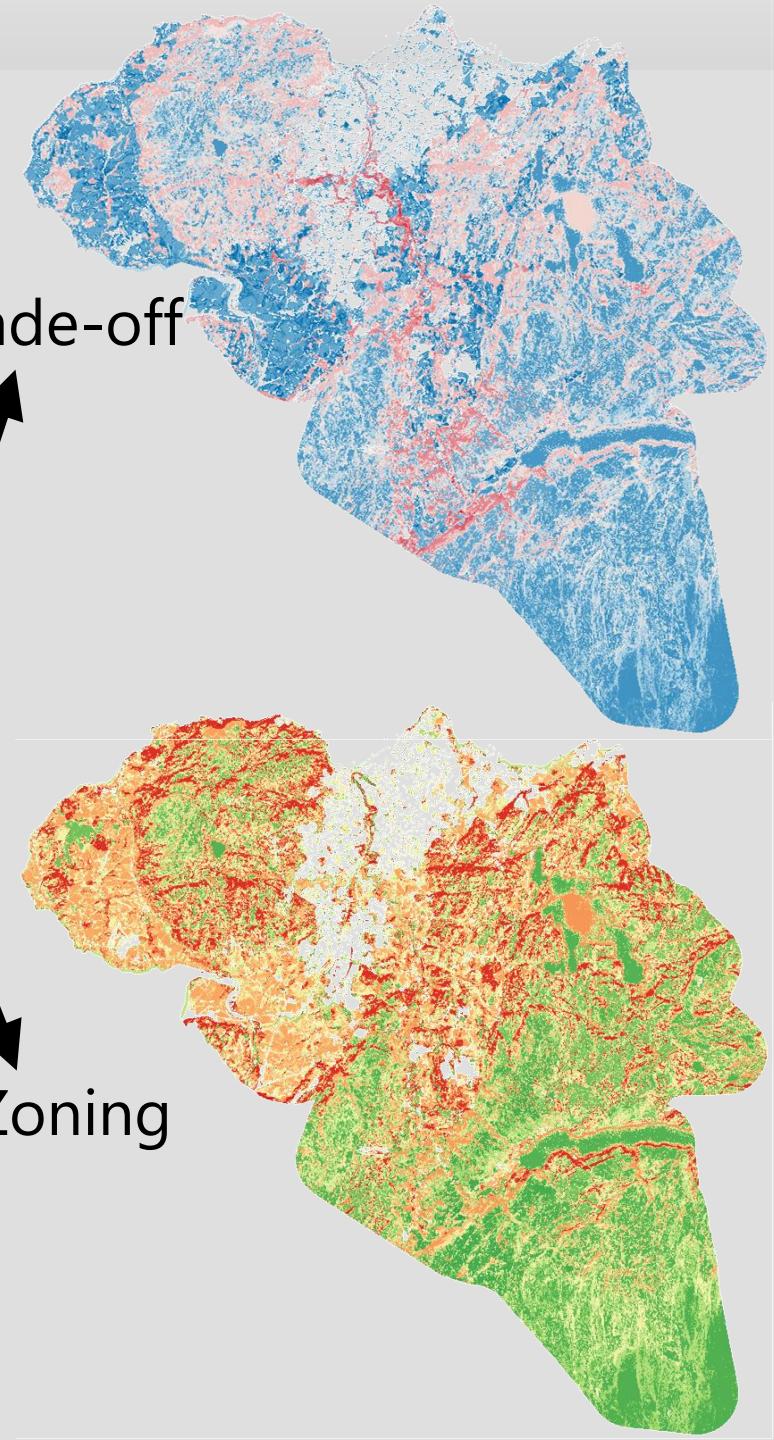
Cultural ES

Biodiversity

Trade-off

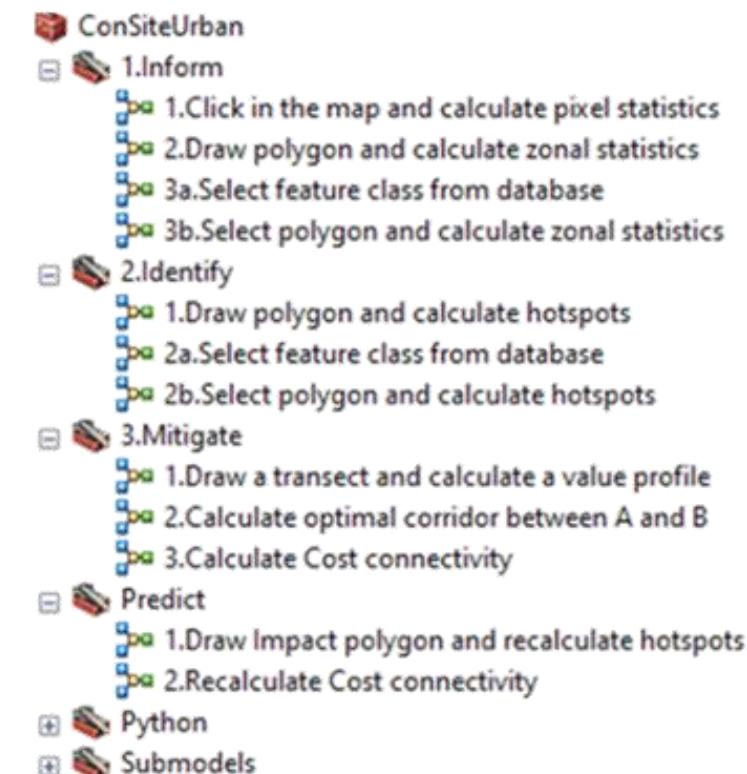


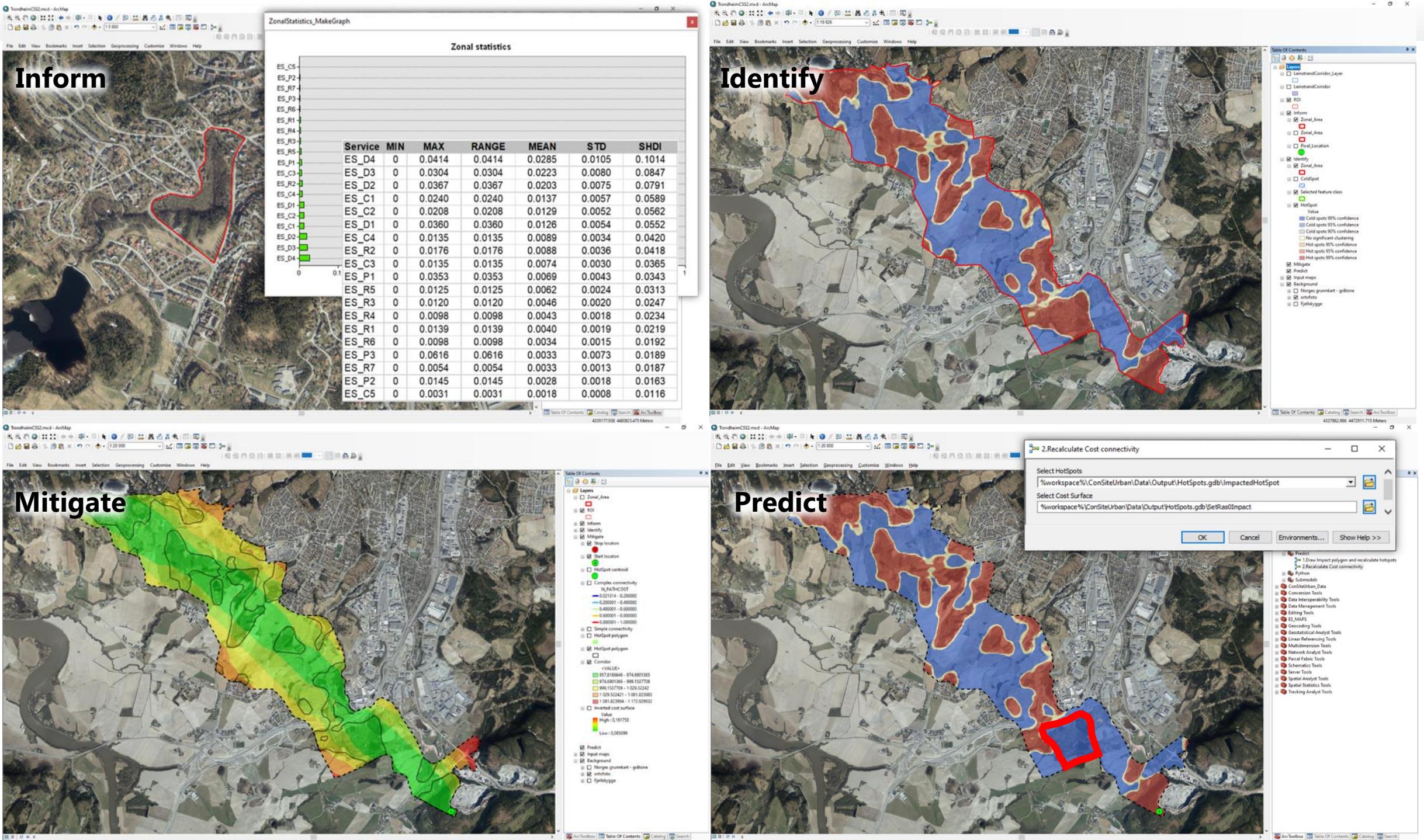
Zoning



# ConSite Urban – GI planning tool

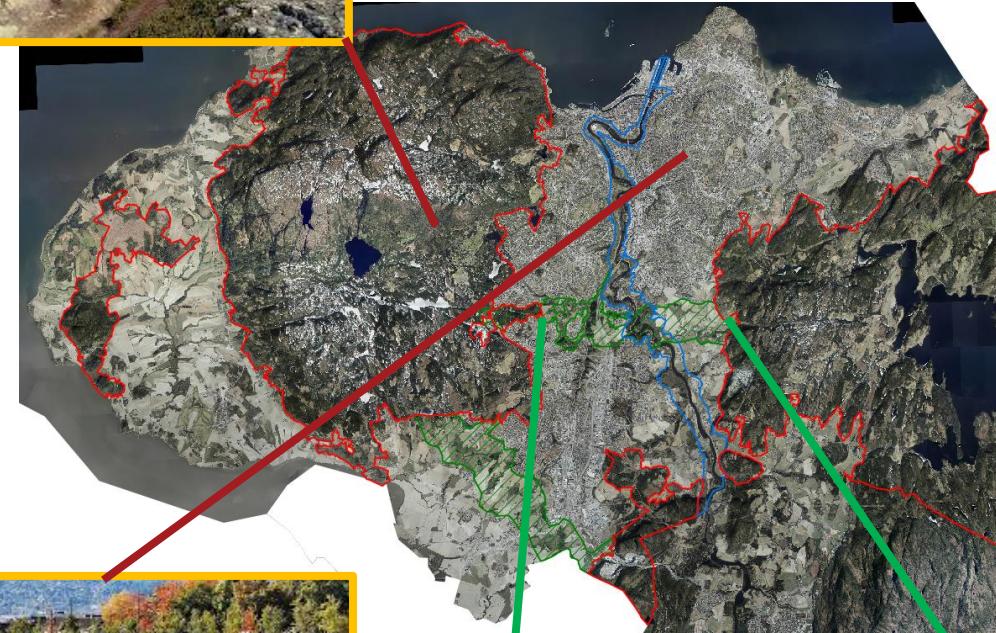
- Visualization of spatial consequences of various 'what-if' scenarios for GI allocation and design in spatial planning and management
- Tool functionality:
  - **Inform:** interactive visualization of ecosystem (dis)service values (green accounting)
  - **Identify:** visualization of GI hotspots and coldspots to identify potential bottlenecks (ecosystem-based management)
  - **Mitigate:** assess connectivity of GI patches (ecological restoration)
  - **Predict:** assess spatial consequences of infrastructural development on GI (spatial zoning)





# Managing GI trade-offs

- Stimulate engagement by capturing local stakeholder knowledge
- Scenarios visualize spatial consequences of complex and vague policy or planning alternatives
- Interest for implementation from
  - Trondheim municipality
  - Norwegian Environment Agency
  - Friends of the Earth Norway



# Geoprospective Toolbox – Participatory GIS

NINA Geoprospective

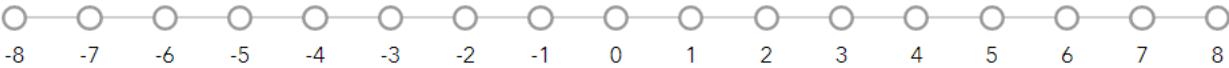
Fortetting i Trondheim Steg 1: Litt om deg Steg 2: Naturgodekartlegging Steg 3: Plenumsdiskusjon Steg 4: Justeringer **Steg 5: SWOT-analyse** Steg 6: Resultater

## Steg 5: SWOT-analyse

Nå vil vi se på Naturgode X sine styrker, svakheter, muligheter og trusler i en såkalt SWOT-analyse (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats).

SWOT-analysen deles inn i to deler: interne faktorer (styrker og svakheter) og eksterne faktorer (muligheter og trusler). De interne faktorene gjenspeiler de naturlige prosessene, mens de eksterne faktorene handler om menneskelige aktiviteter.

1) Hvor stabile (+) eller ustabile (-) vil du si at de naturlige prosessene (A) er for de områdene har vurdert som godt egnet for Naturgode X?

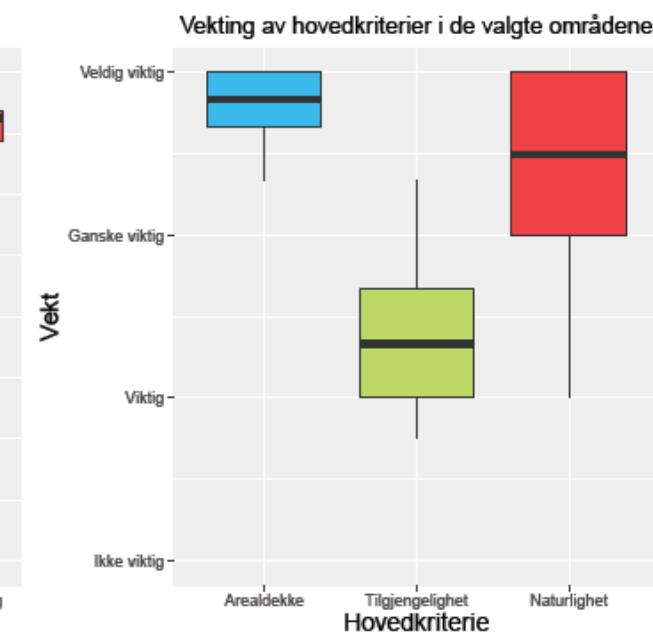
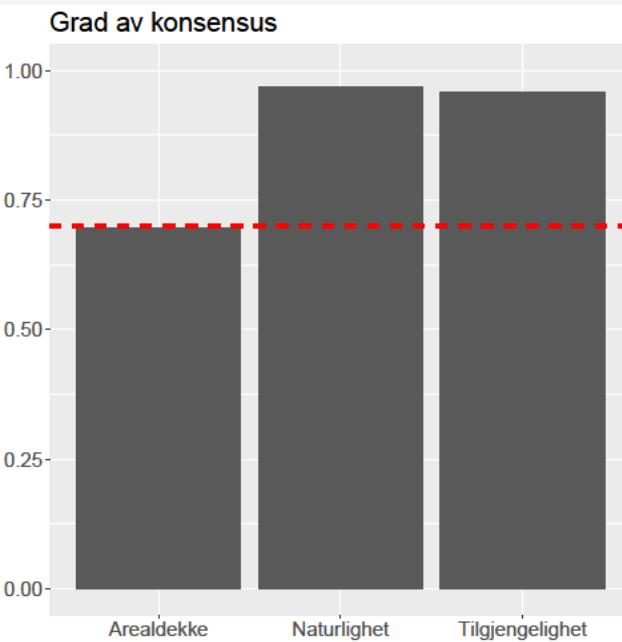
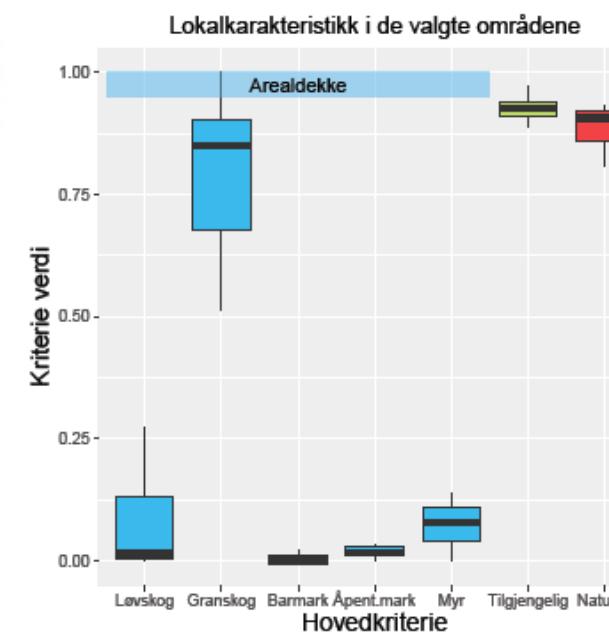
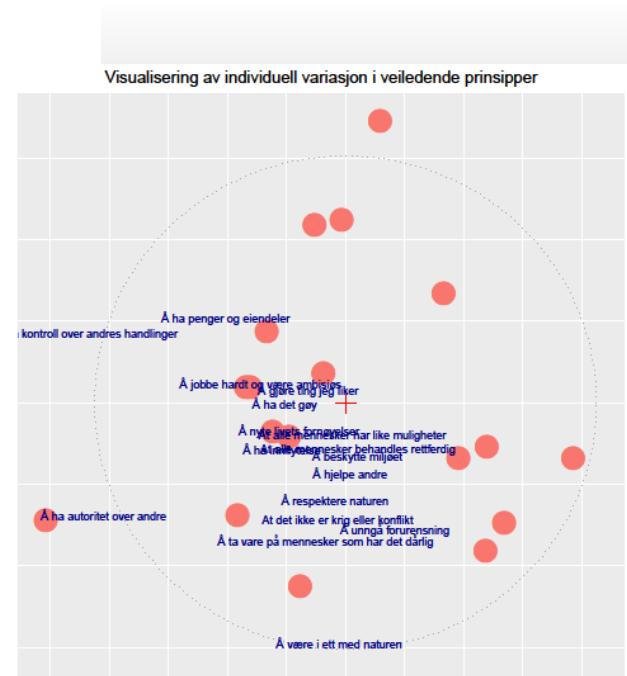
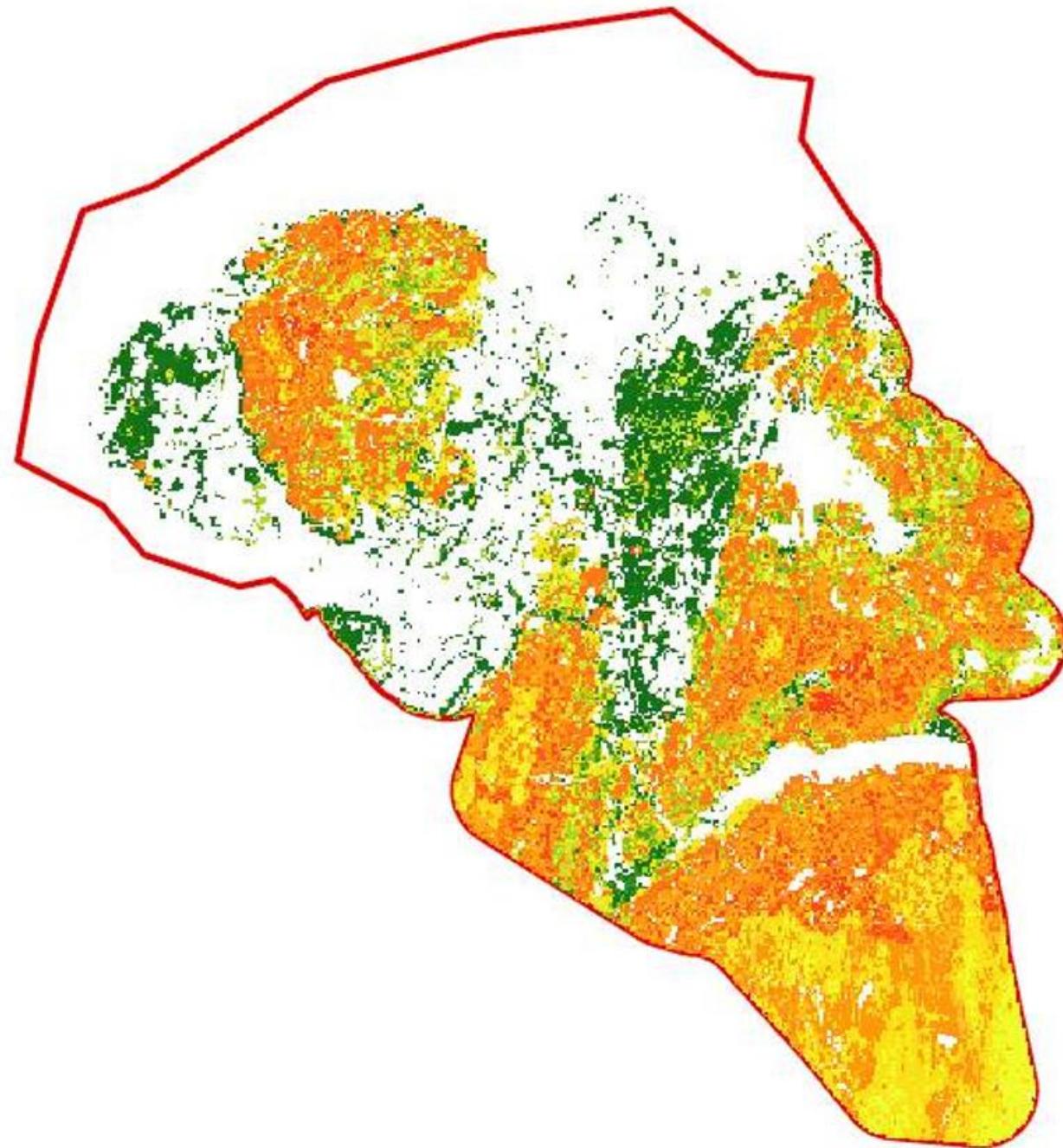


2) Vil du si at menneskelig aktivitet (B) representerer muligheter (+) eller trusler (-) for de områdene du har vurdert som godt egnet for Naturgode X?

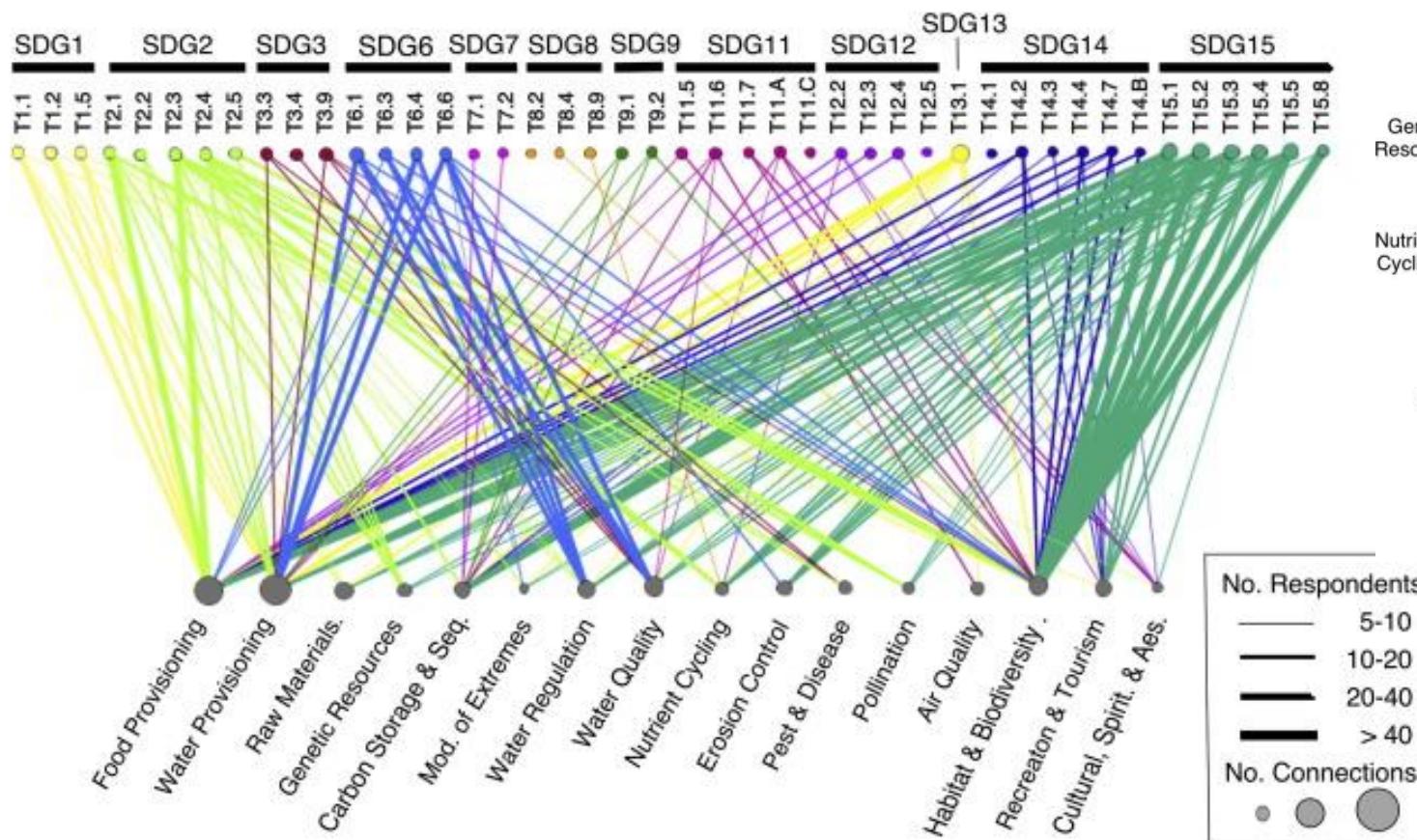


3) Hvilke av de to (naturlige prosesser A, eller menneskelig aktivitet B) er viktigst og tar overhånd? 0 (A og B er like viktige), -8 (A er viktigst) og 8 (B er viktigst)

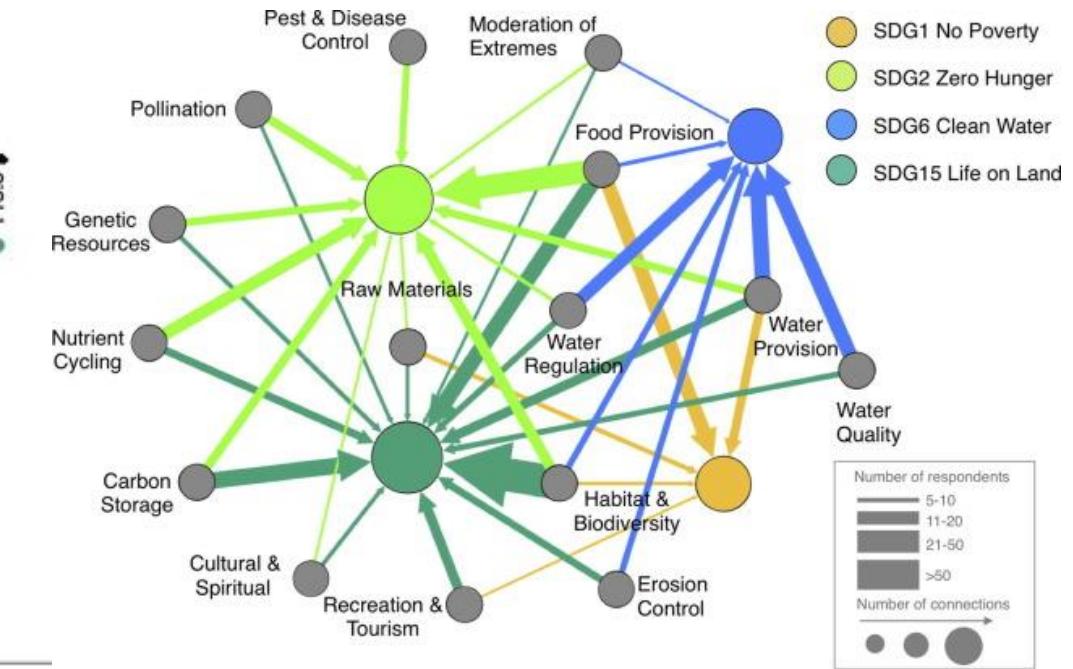




# Looking into the sustainable future…



No. Respondents  
5-10  
10-20  
20-40  
> 40  
No. Connections  
● ● ●



Thank you for your attention!

