Modelleringen av avrinningsområden -
erosion, ytavrinning, fosforförluster, översvämningar och våtmarker

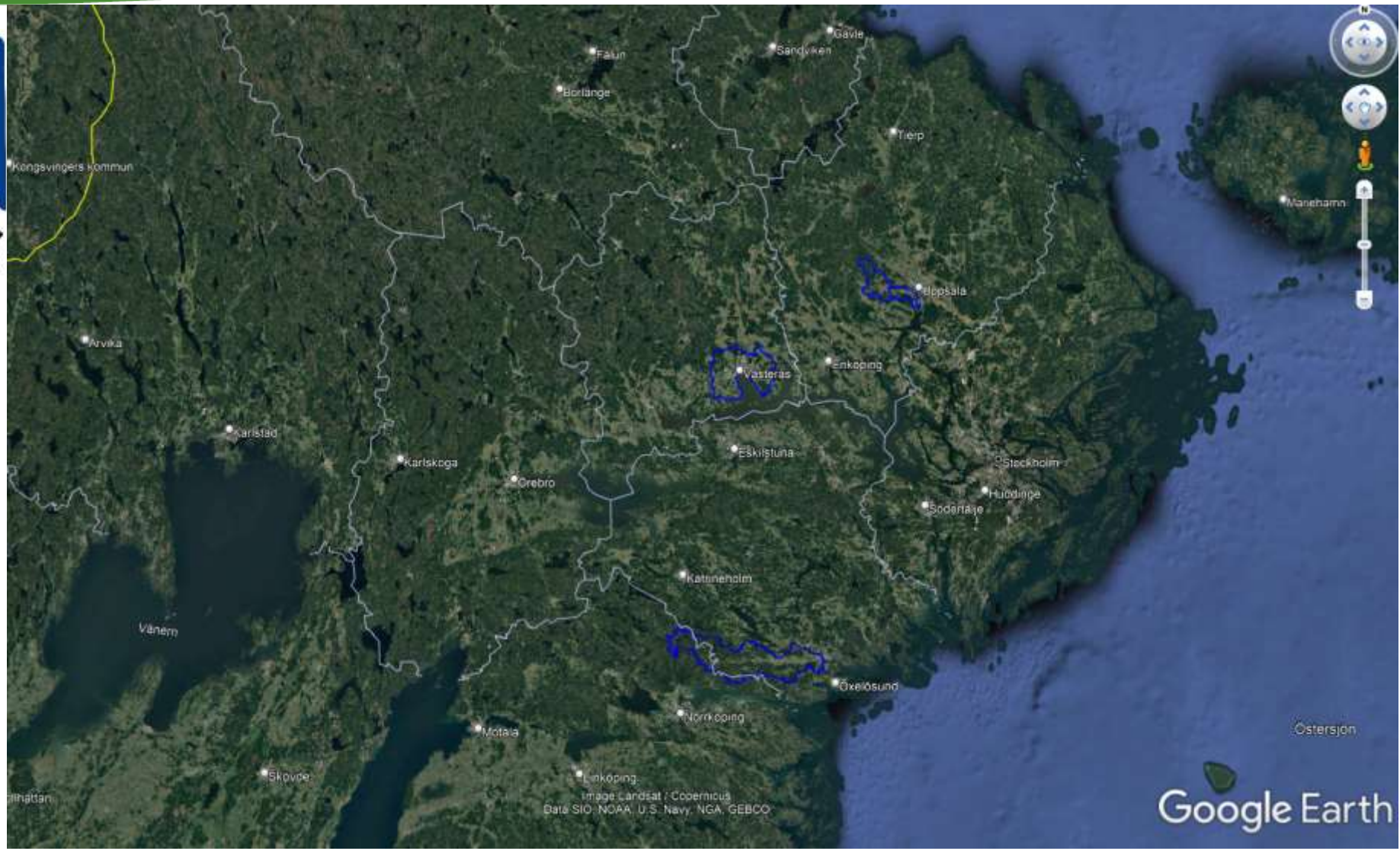
Faruk Djodjic
Hampus Markensten
Elin Widén Nilsson
Omran Alshibabi
Mats Söderström
SLU

Mälarinarium 20210924

Inledning

- Diffusa fosforförluster … är egentligen inte så diffusa
  - 80/20 regel
  - Kritiska källområden
  - Platsspecifika förutsättningar – platsspecifika lösningar
  - Rätt åtgärd på rätt plats

Rich Waters



Havs och Vatten myndigheten

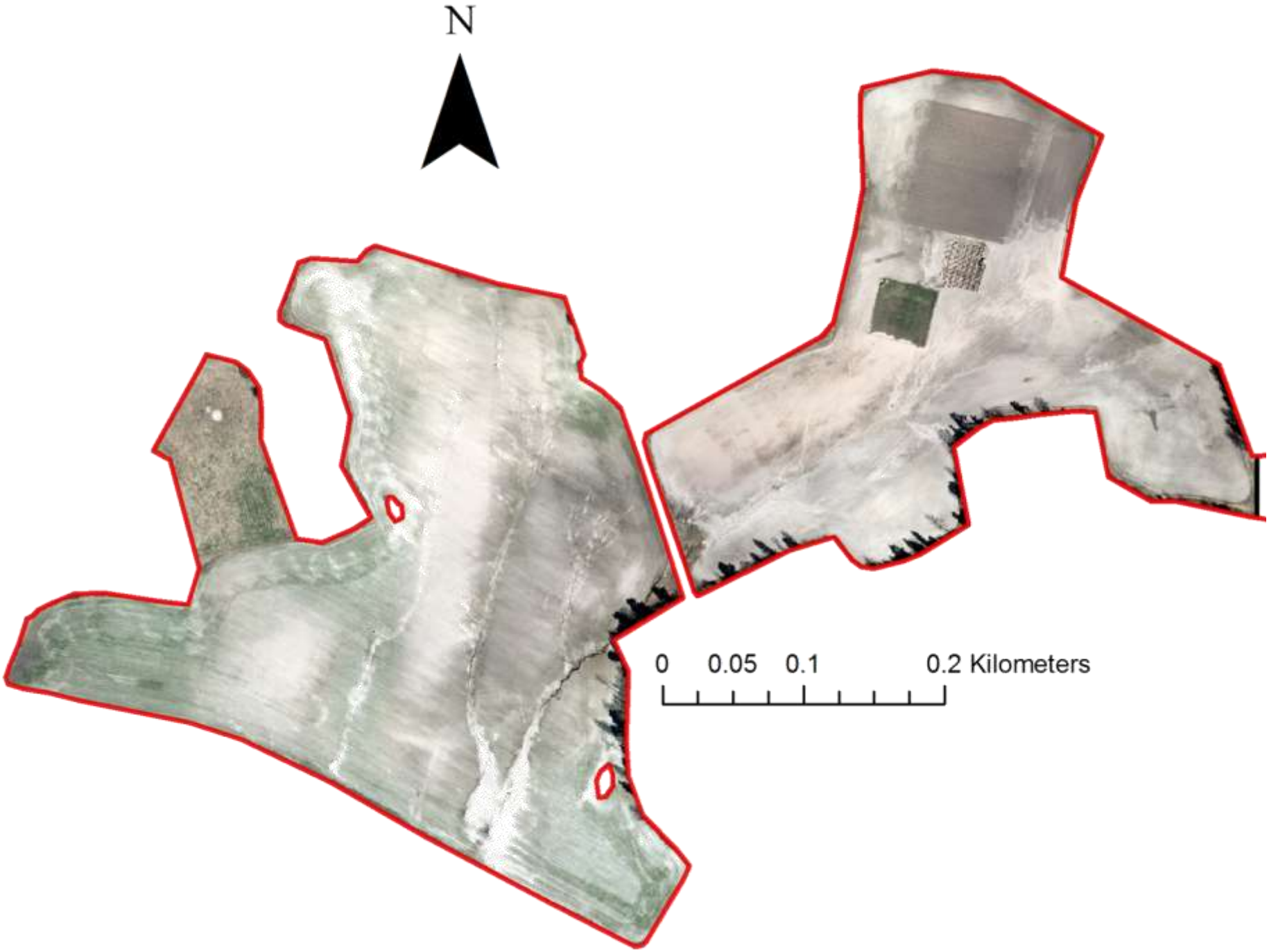
Life

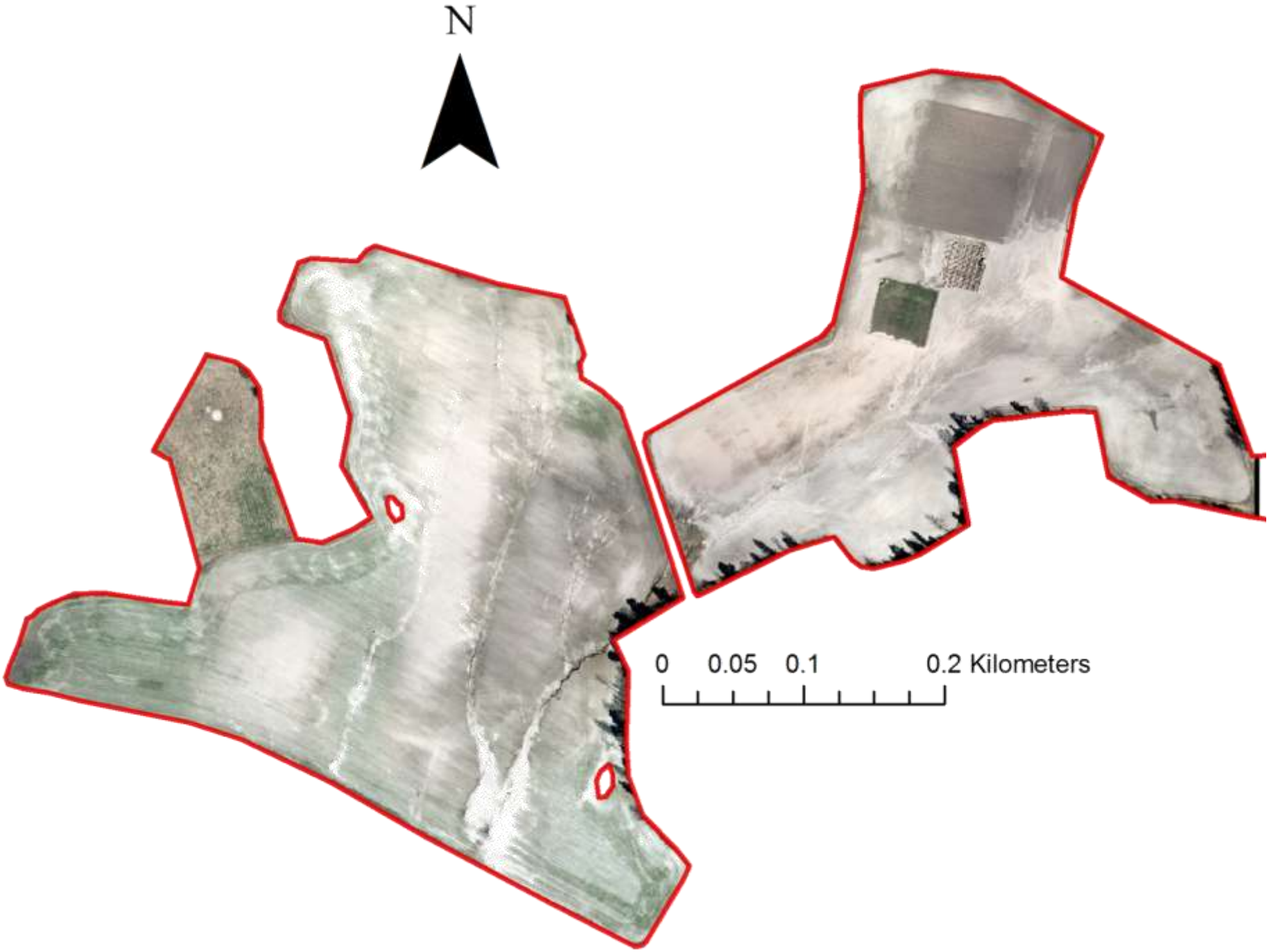
Rich Waters

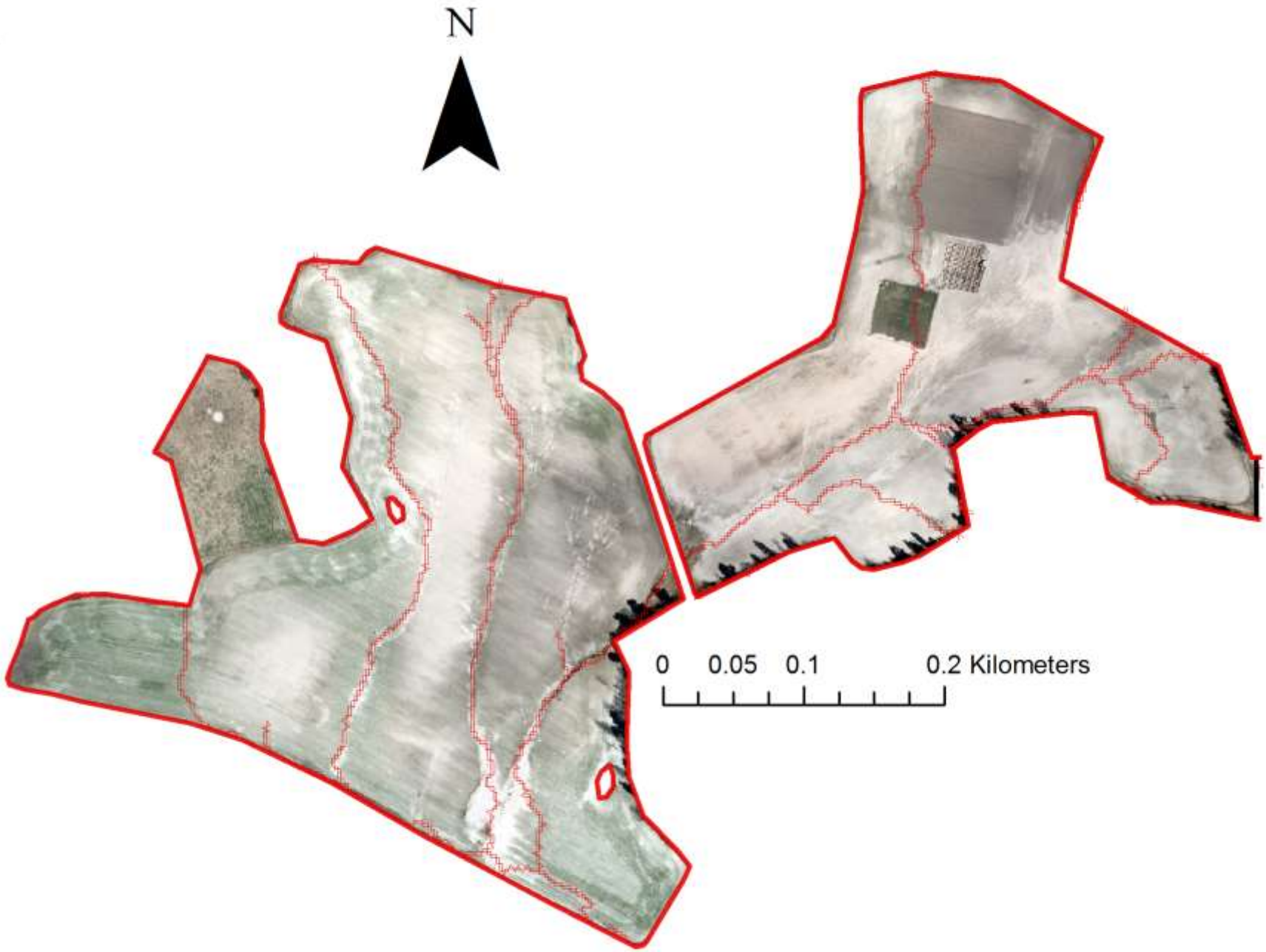
Waterdrive

Havs och Vatten myndigheten

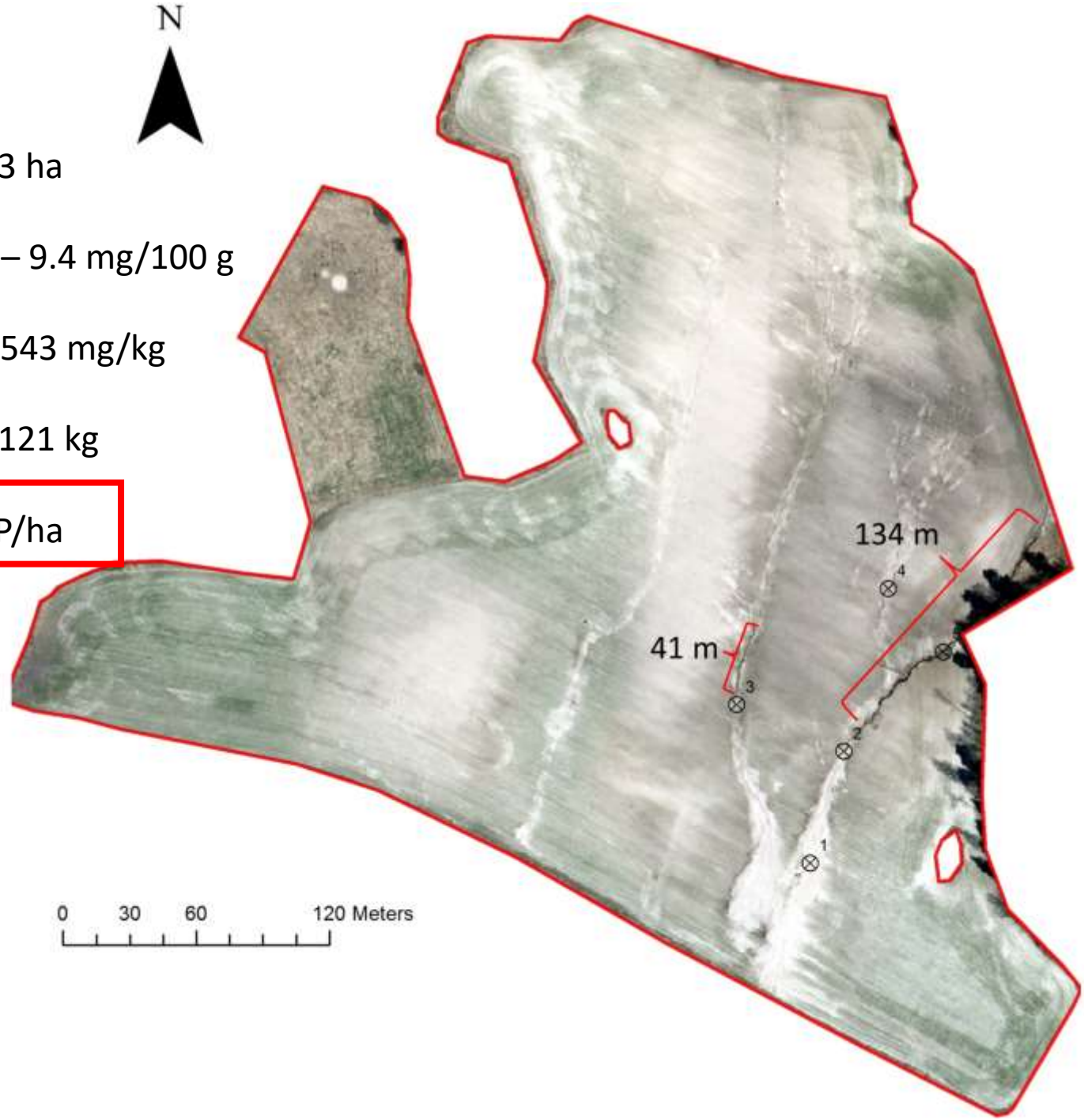
Life


N
0 0.05 0.1 0.2 Kilometers


N
0 0.05 0.1 0.2 Kilometers


N
0 0.05 0.1 0.2 Kilometers

- Field: 12.3 ha
- P-AL: 5.5 – 9.4 mg/100 g
- TP: 483 - 543 mg/kg
- ≈ TP loss 121 kg
- ≈ 10 kg TP/ha



Ambio 2019, 48:1129–1142
https://doi.org/10.1007/s13280-018-1134-8

RESEARCH ARTICLE

From single fields to river basins: Identification of critical source areas for erosion and phosphorus losses at high resolution

Faruk Djodjic, Hampus Markensten

Received: 11 May 2018 / Revised: 16 November 2018 / Accepted: 30 November 2018 / Published online: 19 December 2018

Abstract Concentrations of phosphorus (P), the main limiting nutrient in freshwater ecosystems, need to be reduced, but this is difficult due to high spatial and temporal variations and limited resources. Reliable targeting of critical source areas, such as erosion-prone fields and parts of fields, is necessary to improve the cost efficiency of mitigation measures. We used high-resolution (2 m × 2 m) distributed modelling to calculate erosion risk for a large area (202 279 km^2) covering > 90% of Swedish arable land. Comparison of model results with independent farmers' observations in a pilot catchment showed high spatial agreement. The modelled worst case scenario produced reasonable quantitative results comparable to measured 90th percentile values of suspended sediment (SS) loads at both field and small catchment scale ($R^2 = 0.81$, $p < 0.001$). Overall, loads of SS, especially during extreme episodes, strongly governed losses of unreactive P and total P at both field and catchment scale.

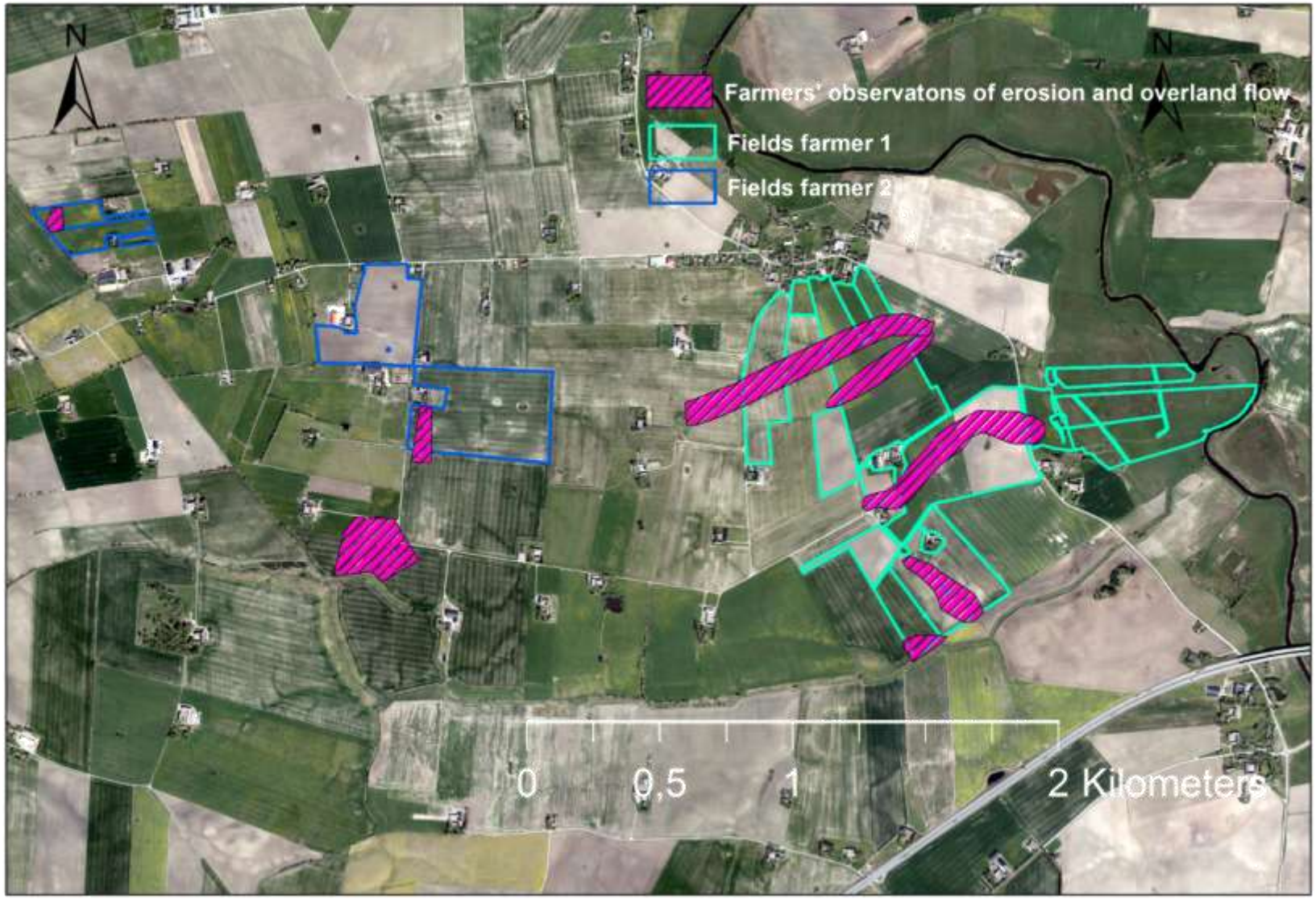
Keywords Critical source areas · Distributed modelling · Erosion · High-resolution · Phosphorus

INTRODUCTION

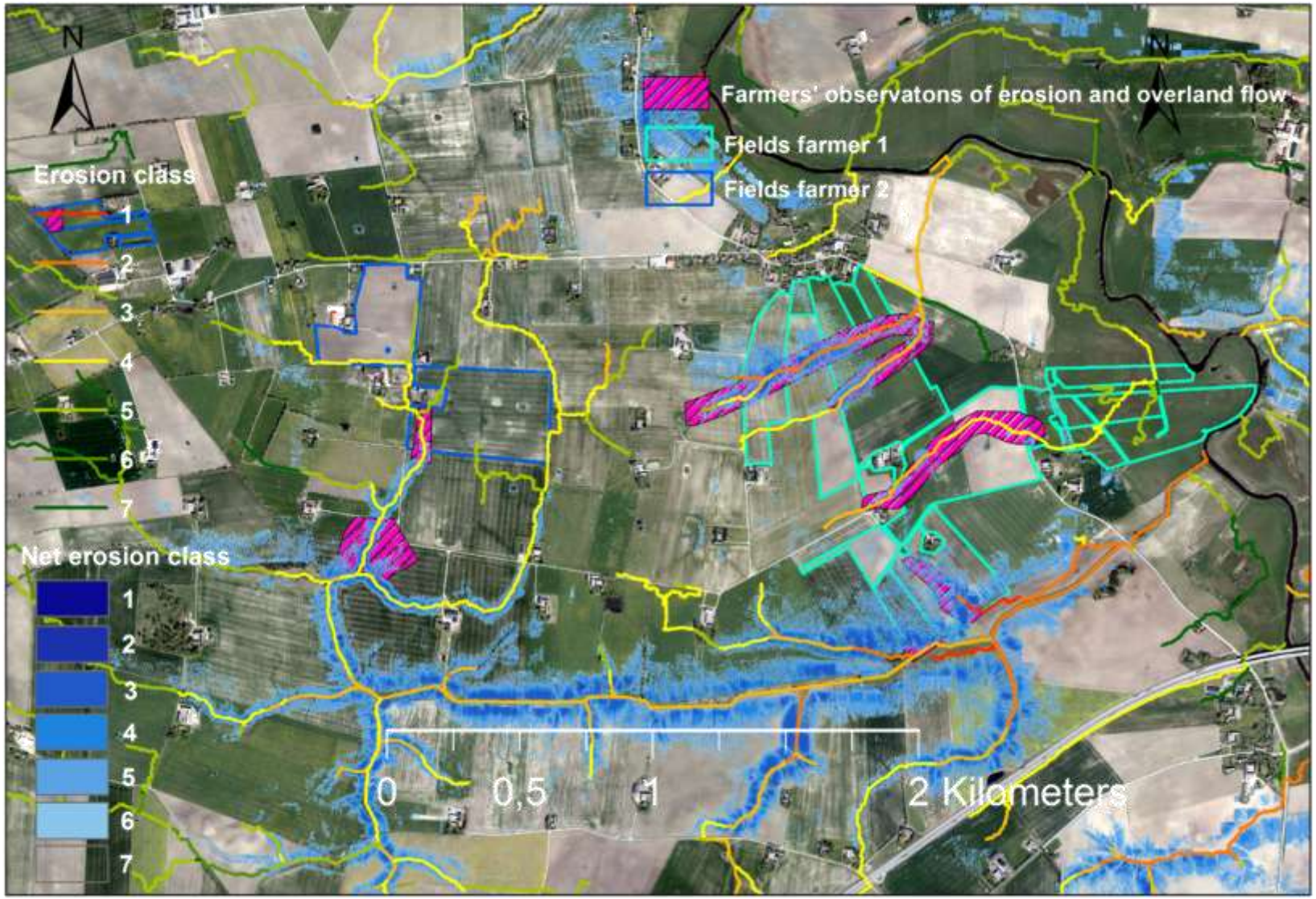
Loads of phosphorus (P), the main limiting nutrient in freshwater ecosystems, cause intense algal blooms and impair water quality (Schindler 1974). Identification and limitation of point-source inputs of P to surface waters have been rather successful, whereas nonpoint sources, mainly within agriculture, remain elusive and more difficult to identify, quantify, target and remediate (Sharpley 2016). For instance, in Sweden, emissions of P from wastewater treatment plants have been reduced from 1050 ton in 1987 to 237 ton in 2016, reaching an average treatment efficiency of 96% (Statistics Sweden 2018). Recent estimates of the nutrient loads from Sweden to the Baltic Sea have identified diffuse losses from agriculture as the largest anthropogenic source of P (Ejhed et al. 2016). However, the effects of mitigation programmes focusing on agricultural sources remain difficult to quantify. For most abatement programmes, the key metric of success is the extent to which a practice is implemented, rather than the effectiveness of its implementation in mitigating water quality degradation (Kleinman et al. 2015).

The majority (~ 80%) of diffuse P losses originate from a small proportion of catchment areas (~ 20%), a situation known as the 80:20 rule (Sharpley et al. 2009). These so-called critical source areas (CSAs) coincide with hydrologically active, interconnected areas where overland and/or shallow subsurface flow mobilise and transfer P from terrestrial to aquatic ecosystems. In humid hill-land watersheds, relatively small and well-defined areas typically contribute much of the nonpoint source water, sediment, P and N exported in watershed outflow (Pionke et al. 2000). McClain et al. (2003) coined the term biogeochemical "hot spots" to describe "areas (or patches) that show disproportionately high reaction rates relative to the surrounding area (or matrix)." According to Pionke et al. (2000), it is important to develop concepts, modelling tools and sampling protocols to identify and assess the impact of these CSAs. Identification, quantification and targeting of these CSAs still remain a challenge for the research community and for policy makers. Therefore, despite the extensive body of scientific evidence suggesting that P losses are episodic and spatially variable, current environment protection programmes are not designed to target the most vulnerable parts of the landscape, but applied in a rather general way. Soil erosion is linked to the detachment of soil particles and associated P and provides physical

© The Author(s) 2018
www.kva.se/en



Erosion & ytavrinning



Rich Waters

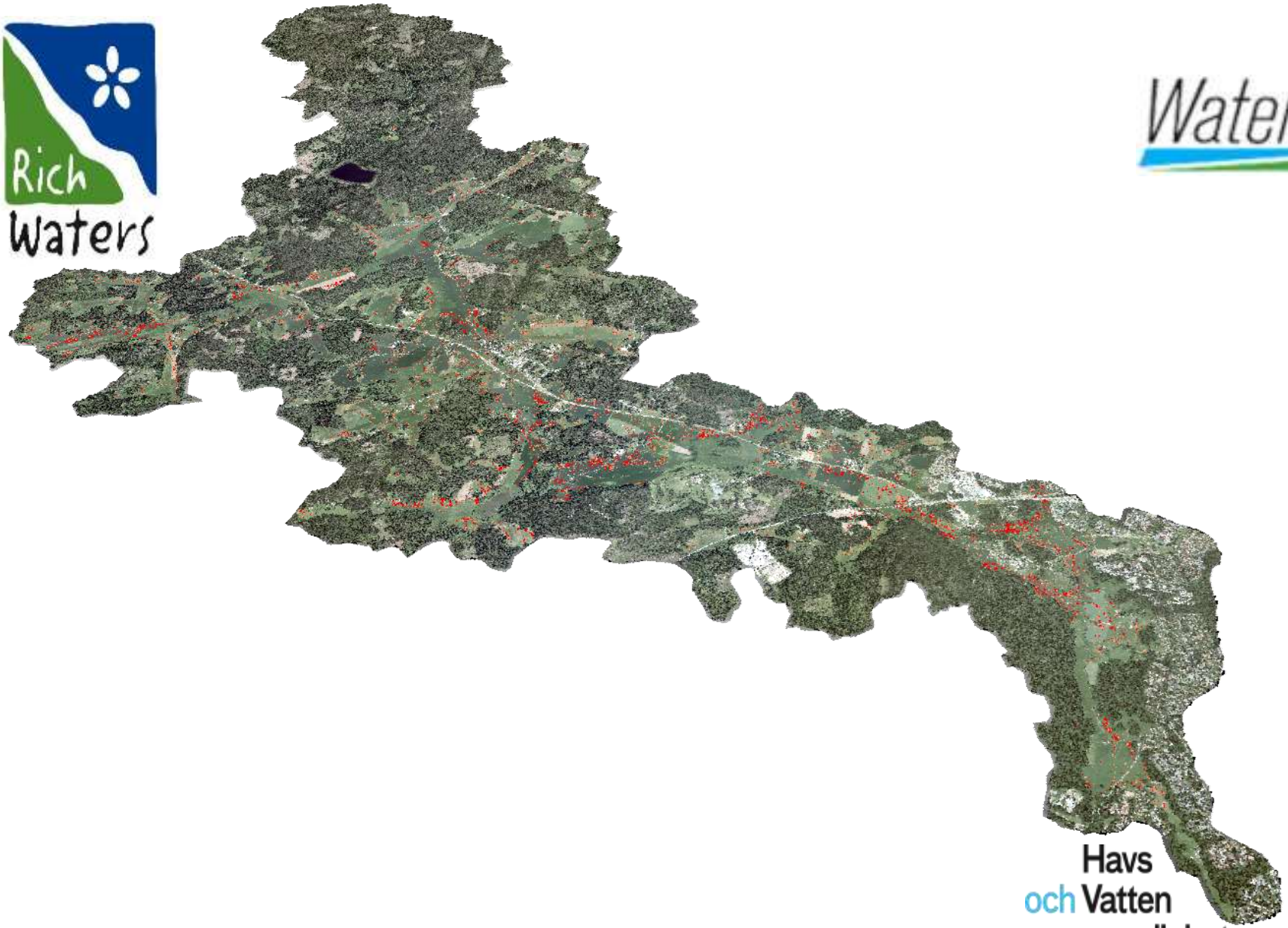
Waterdrive

Havs och Vatten myndigheten

Life

Rich Waters

Waterdrive

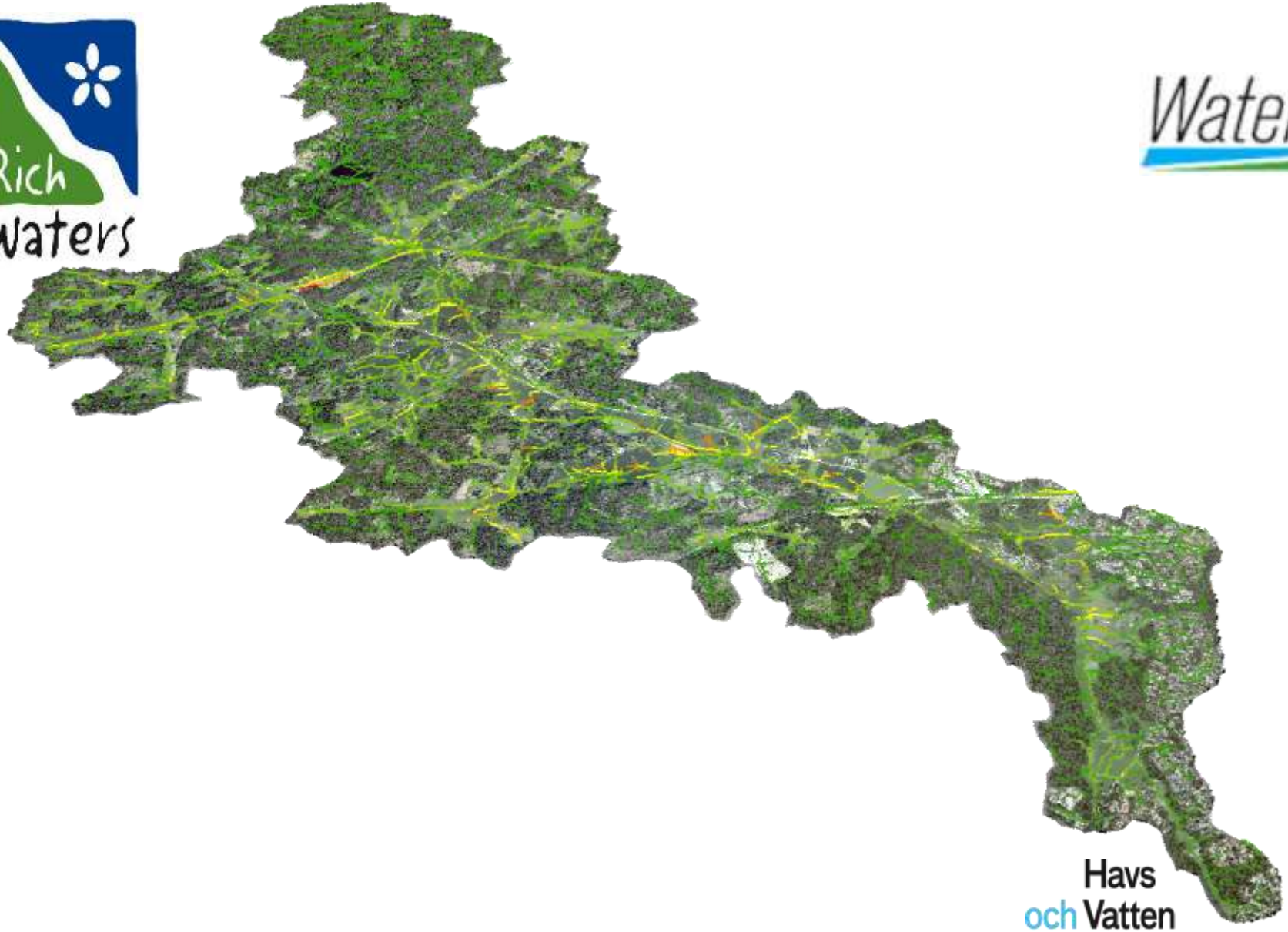


Havs och Vatten myndigheten

Life

Rich Waters

Waterdrive



Havs
och Vatten
myndigheten

Life

Step 1
- Catchment delineation
- Hydraulic Load (m^3/m^2)

Step 2
- Nutrient load
- f(q, land use, soil properties…)

Step 3
- Nutrient retention
- f(nutrient load)

Ambio
https://doi.org/10.1007/s13280-020-01349-1

KUNGL. VETENSKAPS-AKADEMIEN
THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

ENVIRONMENTAL EFFECTS OF A GREEN BIO-ECONOMY

Optimizing placement of constructed wetlands at landscape scale in order to reduce phosphorus losses

Faruk Djodjic, Pia Geranmayeh, Hampus Markensten

Received: 12 December 2019 / Revised: 22 April 2020 / Accepted: 15 May 2020

Abstract Constructed wetlands (CWs) are one of the main countermeasures to reduce diffuse phosphorus (P) losses, but there is still a lack of systematic guidance accounting for spatially variable effects of hydraulic and P load on P retention. We present a three-step modelling approach for determining suitable placement of CWs in four different size groups (0.1–1.0 ha), based on incoming hydraulic and P load. The modelled hypothetical CW area was only 17% of that previously estimated and area of efficient CWs is even lower. The mean area-specific P retention increased with CW size. However, the spatial variation in retention was large for all size groups and largest (6–155 kg ha^{-1} $year^{-1}$) for the smallest CWs due to highly variable incoming P loads, showing the possible benefits of targeted placement of CWs. The presented modelling approach has also flexibility to include and account for possible future changes in land cover and management.

Keywords Constructed wetlands · Modelling · Optimised placement · Phosphorus retention

INTRODUCTION

Following successful reductions in nutrient loads from point sources such as wastewater treatment plants, agriculture is now considered to be the main non-point source

new wetlands have been constructed or restored in Sweden, with on average of more than 500 ha of new wetlands constructed annually, at a cost of approximately 30 million SEK per year (Swedish Environment Protection Agency 2019). As intensification of mitigation efforts to reduce nutrient losses from agriculture is required, further increases in the number and area of wetlands can be expected. For instance, the Swedish government will invest ~ 200 million SEK in the construction/restoration of wetlands in the period 2018–2021.

The P removal efficiency of CWs receiving runoff from non-point sources varies considerably, between 1 and 88% (Braskerud et al. 2005; Kynkäänniemi 2014), with a mean value of 33% and a median value of 26% (Kynkäänniemi 2014). A systematic review of European, Asian, and American CWs showed that the median removal efficiency of total P (TP) was 44% for CWs treating agricultural runoff. However, CWs with precipitation-driven flow had lower removal efficiency, 21% TP (Land et al. 2016). The P removal efficiency varies depending on wetland design, location, annual variation in water flow, and P loading (Braskerud et al. 2005; Tonderski et al. 2005; Kynkäänniemi et al. 2013; Land et al. 2016). Hence, it is important to consider these factors during planning of future wetlands to make them as efficient as possible. Recently, Ulén et al. (2019) showed that it is possible to achieve high TP retention efficiency (36%) in a Swedish CW located in a

Våtmarkssatsning 2021-2023

Naturbaserade lösningar som att restaurera, återväta och anlägga våtmarker bidrar till flera nationella miljömål och globala mål för hållbar utveckling. Våtmarkssatsningen bidrar till bevarande av biologisk mångfald och stärkt grön infrastruktur och kan bidra med många viktiga ekosystemtjänster för samhället, inte minst för att minska klimatpåverkan.

SKRIV UT DELA KONTAKT LYSSNA

Under 2021 tillförs 350 miljoner kronor till arbetet för att restaurera, återväta och anlägga våtmarker. Ytterligare 325 miljoner planeras tillföras för 2022 och 100 miljoner för 2023. Satsningen genomförs främst genom att medel tillförs inom den lokala naturvårdssatsningen (LONA) och till länsstyrelserna. Nytt är att Skogsstyrelsen kommer med i våtmarkssatsningen. Till att börja med ska de jobba med rådgivning till skogsägare om återvätning av dikade eller torrlagda våtmarker.

Våtmarksarealen har minskat det senaste århundradet. I delar av Skåne och Mälardalen återstår endast en tiondel av den ursprungliga våtmarksarealen. Restaurering av våtmarker är en åtgärd för stärkt grön infrastruktur och bevarad biologisk mångfald.

Återvätning av dikade torvmarker är en viktig klimatåtgärd och bidrar med viktiga utsläppsminskningar som kan användas som kompletterande åtgärder för att nå Sveriges nationella mål om netto-nollutsläpp år 2045. Idag är utsläppen från dikade torvmarker stora, och uppgår till ca 9 miljoner ton koldioxid årligen, jämförbara med utsläppen från Sveriges personbilstrafik.

Mer information

- Fakta om Sveriges våtmarker
- LONA - våtmark

Relaterat miljökvalitetsmål

- Myllrande våtmarker

VÅTMARK

- Miljöarbete, områdevis
- Våtmarkssatsning 2021-2023

775 million SEK

Background

Tabell 16. Scenario A3. Kostnader för åtgärd (SEK/ha/år och SEK/år) samt kostnad för reducerad P (SEK/kg P)

Lillån 4596	Åtgärdens omfattning (ha)	Åtgärdens kostnad (SEK/ha/år)	Total kostnad (SEK/år)	Kostnad för reducerad P (SEK/kg P)
Skyddszon 18m	140	2949	411 867	17 418
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	473	600	283 635	3 670
Senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	6	*	*	*
Stallgödsel borttagen	289	*	*	*
Strukturkalkning; silt loam, loam, silty clay loam och silty clay	1117	500	558 653	4 784
Fosfordammar				
Låg konstruktionskostnad	3	16 816	50 448	281
Medel konstruktionskostnad	3	24 316	72 948	407
Hög konstruktionskostnad	3	31 816	95 448	532

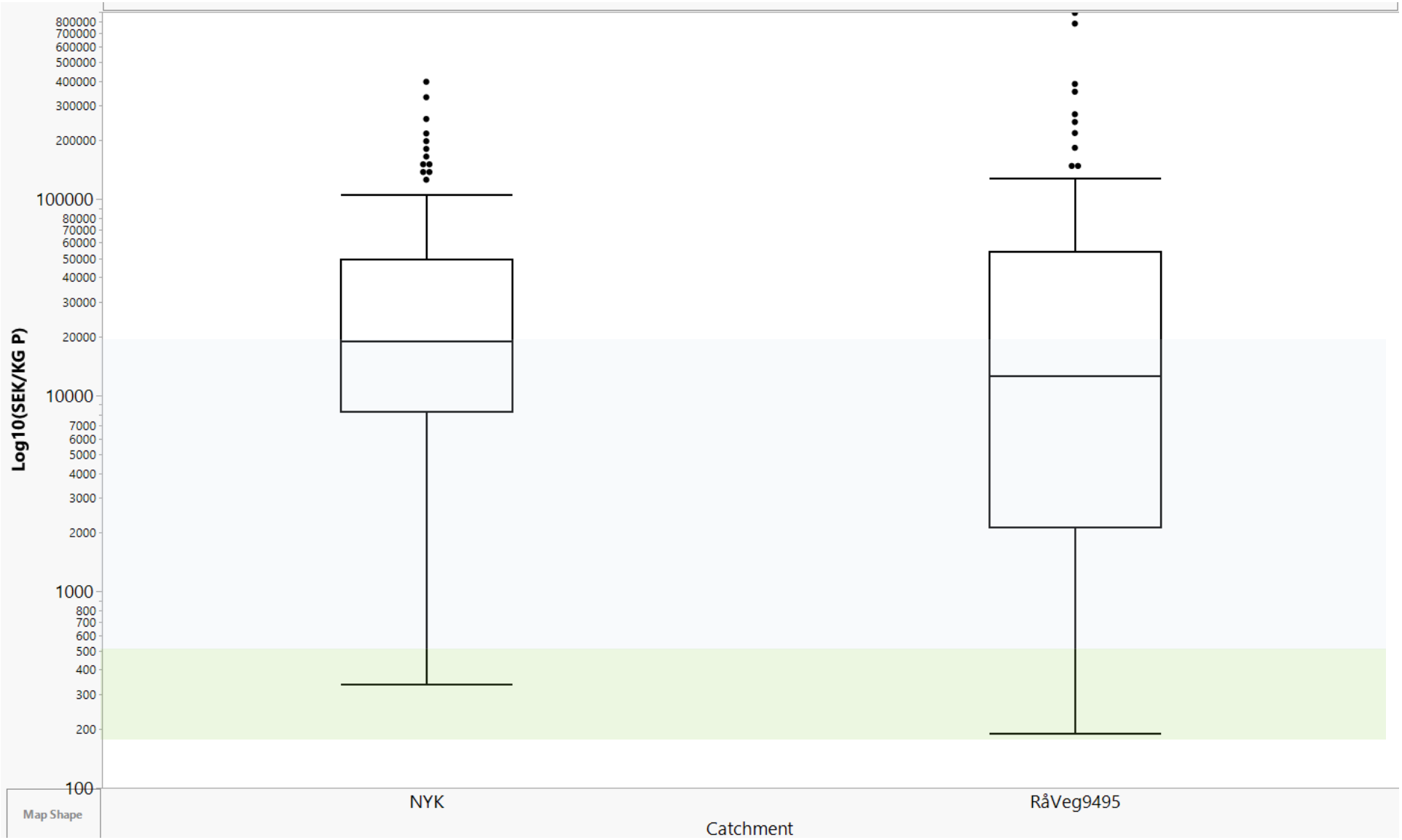
SLU

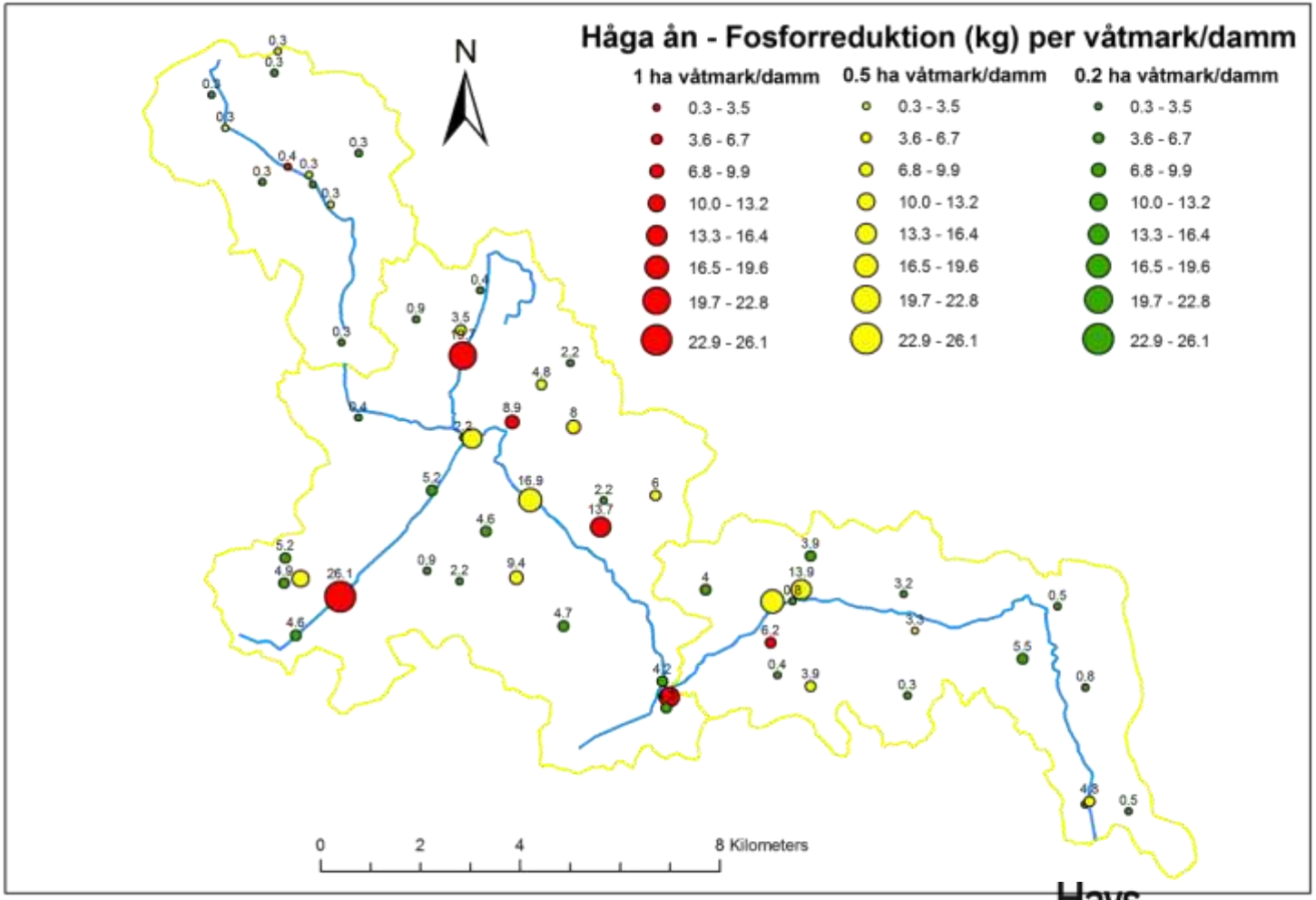
Åtgärdsscenarier för minskat näringsläckage från åkermark

Beräkningar för ett urval delavrinningsområden inom LEVA-områden

Kristina Mårtensson, Holger Johnsson, Dennis Collentine, Katarina Kyllmar, Kristian Persson, Faruk Djodjic, Anders Lindsjö

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för mark och miljö
Ekohydrologi 169
2020


Log10(SEK/KG P)
800000
700000
600000
500000
400000
300000
200000
100000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
800
700
600
500
400
300
200
100
NYK
RåVeg9495
Catchment
Map Shape



Rich Waters

Waterdrive

Havs och Vatten myndigheten

Life

Tillfälligt översvämmad åkermark?

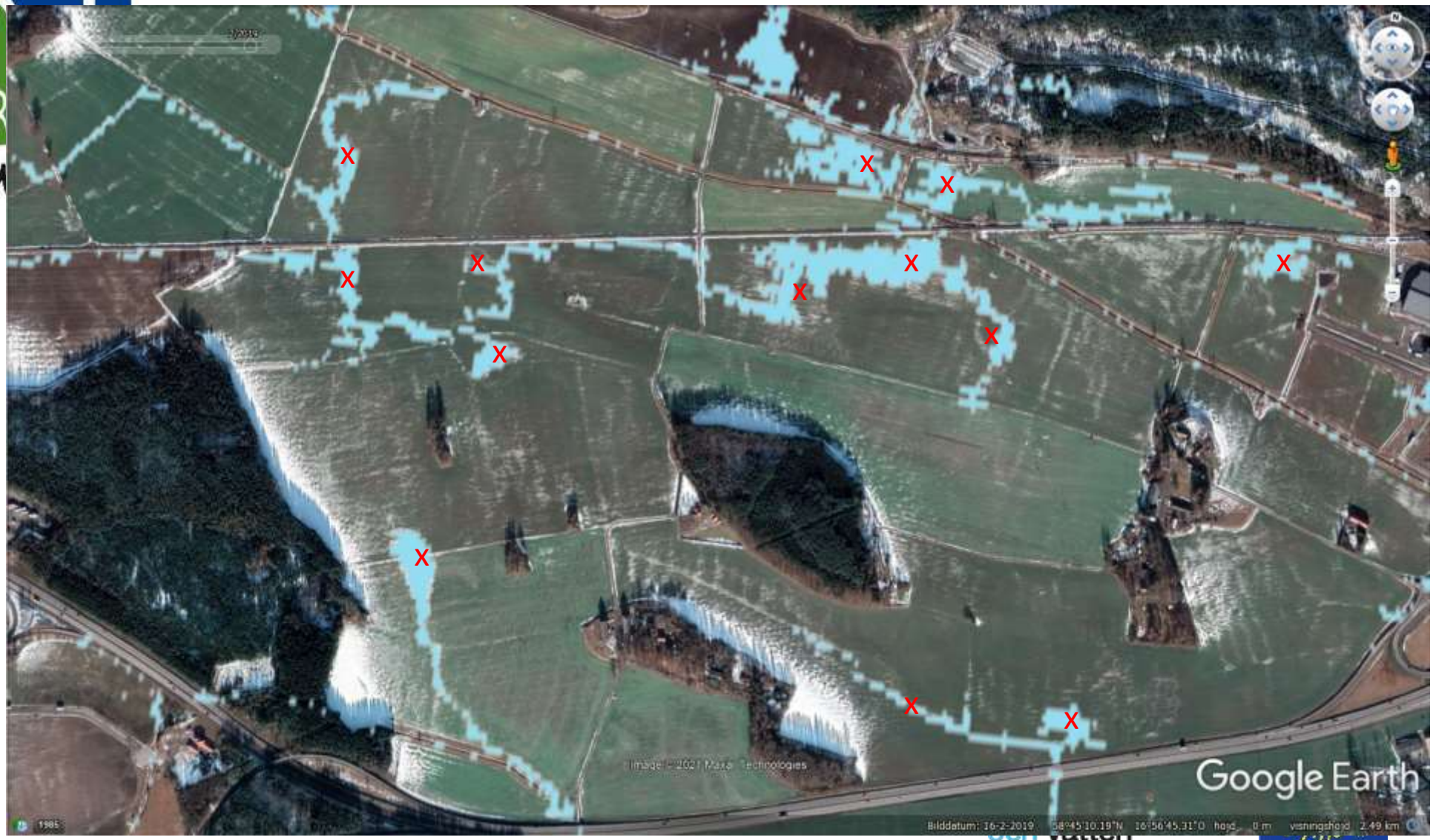
Tillfälligt översvämmad åkermark?

myndigheten

Tillfälligt översvämmad åkermark?

myndigheten

Tillfälligt översvämmad åkermark?



myndigheten

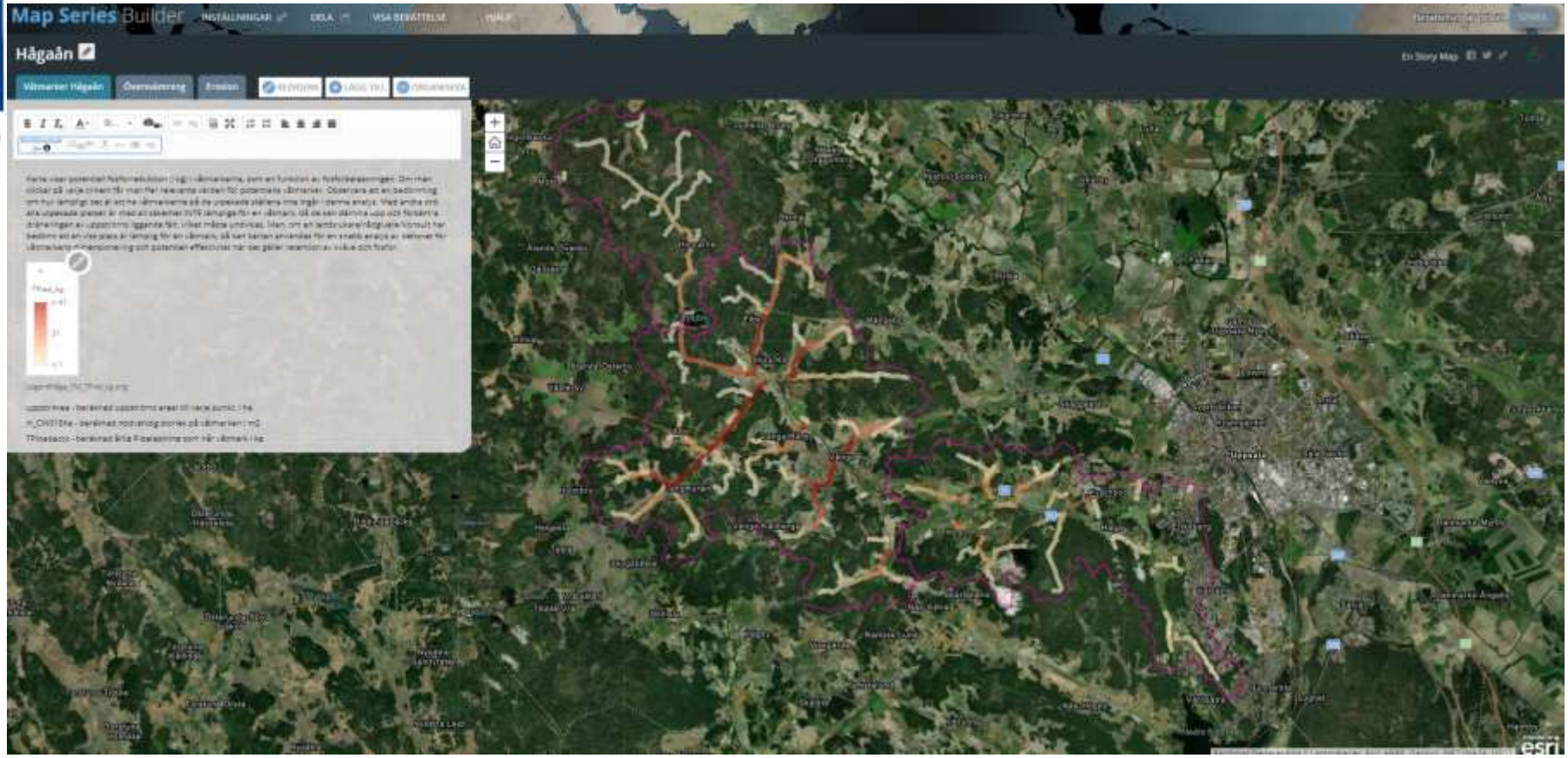
Action C8 Activity 4

Decision support tools to optimize localization and choice of measures.

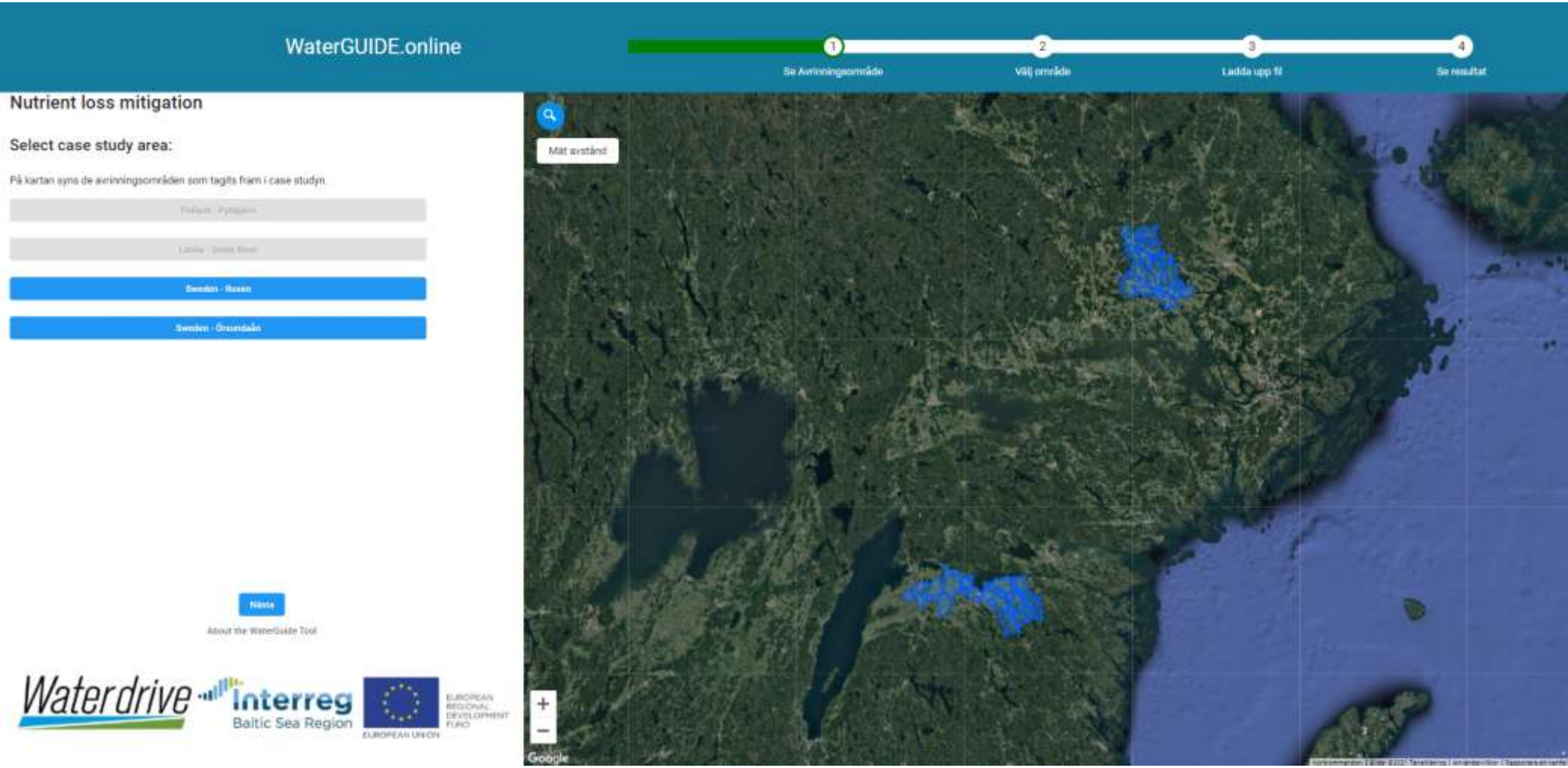
The objective of this action is to **develop** decision support tools for measures against eutrophication that can be used nationally, including **GIS, educational material and programs**.

The work includes: Preparation of **user-friendly interfaces, manuals and education programs** for the different tools used and evaluated in activity 1-3.

Application of the tools for the pilot areas to evaluate the applicability in terms user-friendliness, accuracy and generality and evaluation.

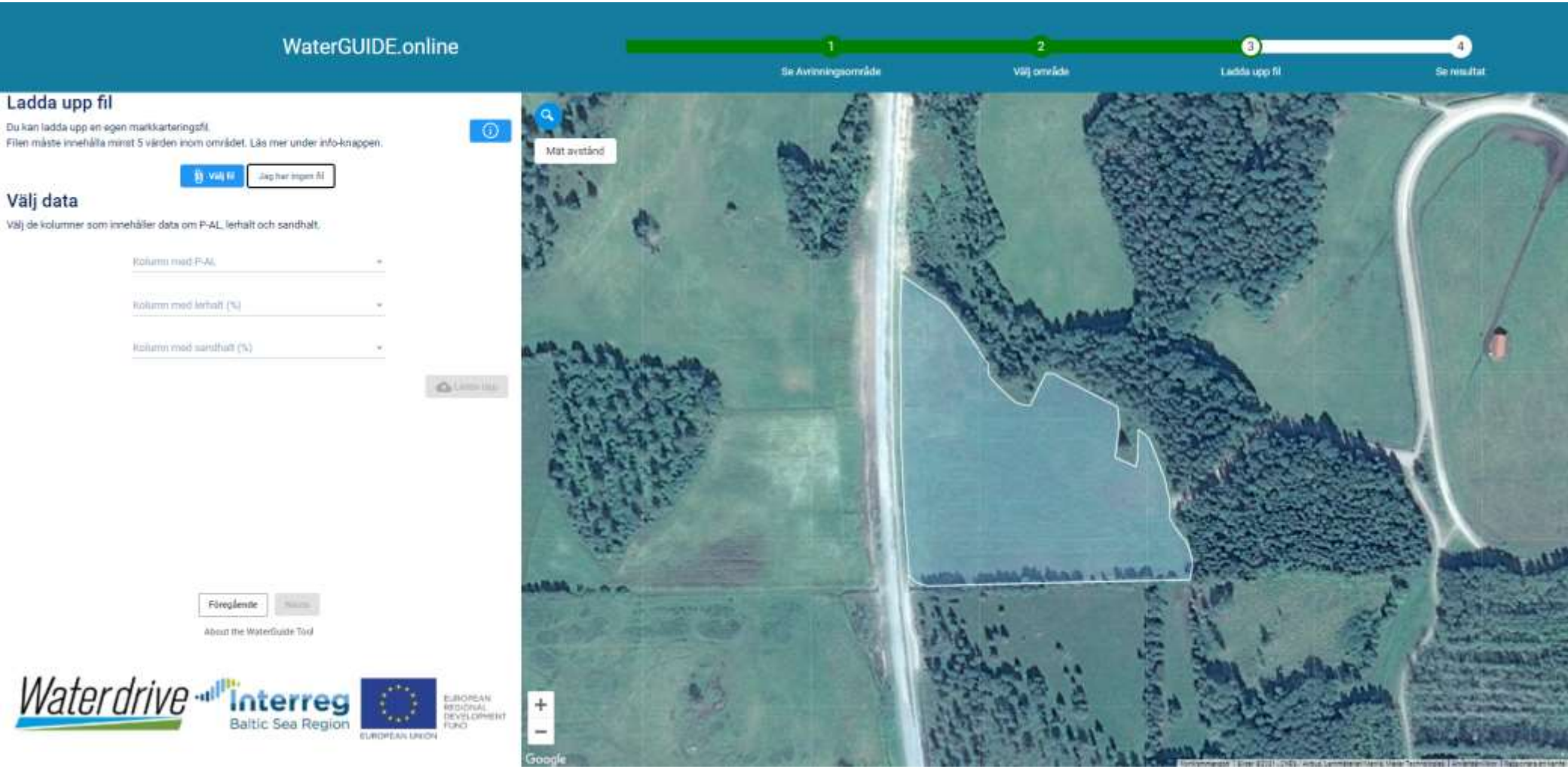


Havs
och Vatten
myndigheten



Waterdrive

Havs och Vatten myndigheten


WaterGUIDE.online
1
Se Avrinningsområde
2
Välj område
3
Ladda upp fil
4
Se resultat
Ladda upp fil
Du kan ladda upp en egen markkarteringsfil.
Filen måste innehålla minst 5 värden inom området. Läs mer under info-knappen.
Välj fil
Jag har ingen fil
Välj data
Välj de kolumner som innehåller data om P-AL, lerhalt och sandhalt.
Kolumn med P-AL
Kolumn med lerhalt (%)
Kolumn med sandhalt (%)
Föregående
About the WaterGuide Tool
Waterdrive
Interreg
Baltic Sea Region
EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
Mät avstånd
Google

Waterdrive

WaterGUIDE.online

1 Se Avrinningsområde | 2 Välj område | 3 Ladda upp fil | 4 Se resultat

Värde- och resultatbaserade åtgärder för mindre förluster

Navigera bland flikarna för att se res

Visa eller dölj blockgräns

Dölj fältgränser

Våtmarker, flödesvägar | Struktur-kalkning | Skyddszoner | Fånggrödor

Växla mellan de fyra resultatflikarna

Våtmarker och topografiska flödesvägar

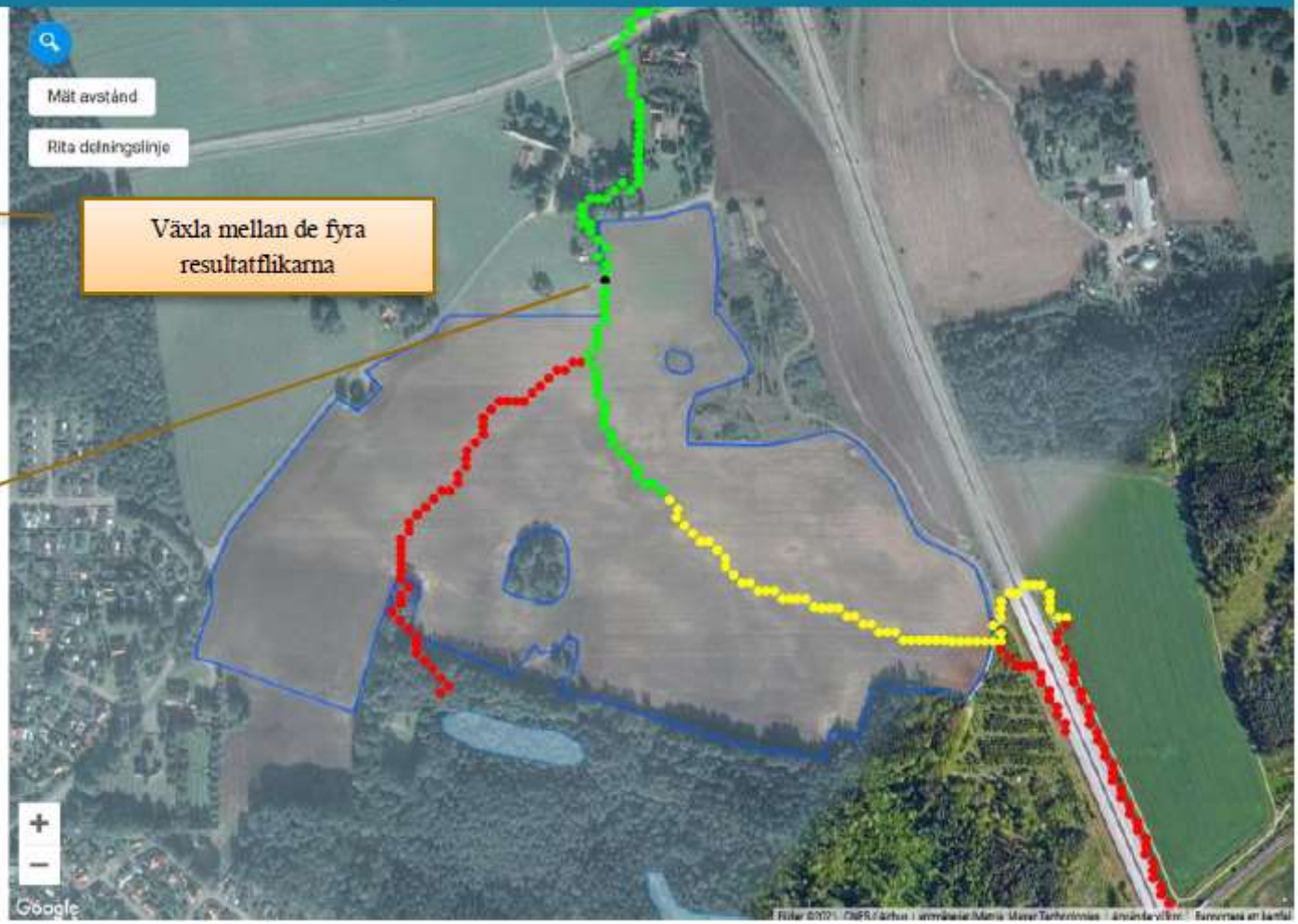
Våtmark (optimal area)

- 1.00 - 5.00 ha
- 0.50 - 1.00 ha
- 0.25 - 0.50 ha
- 0.10 - 0.25 ha

Våtmarksarea (ha)	0.8
P-reduktion (kg/ha/år)	32.8
N-reduktion (kg/ha/år)	325.0
Belastning P (kg/år)	75.2
Belastning N (kg/år)	1886.3
Kostnad (SEK/kg P/år)	728.0
Kostnad (SEK/kg N/år)	73.0
Uppströmsare (ha)	362.0

Föregående | Ny sökning

About the WaterGuide Tool



Waterdrive Interreg Baltic Sea Region EUROPEAN UNION EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND

Waterdrive

WaterGUIDE.online

1 Se Avrinningsområde | 2 Välj område | 3 Ladda upp fil | 4 Se resultat

Värde- och resultatbaserade åtgärder för mindre förluster

Navigera bland flikarna för att se resultaten.

Dölj fältgränser

Våtmarker, flödesvägar | Struktur-kalkning | Skyddszoner | Fånggrödor

Strukturkalk

Markera det val ni vill visa på kartan.

Lerhalt

Klass	Area (ha)	Area (%)	Ersättning
>= 25 %	3	8.3	Ja (50%)
15 - 25 %	25.3	69.9	Ja (50%)
< 15 %	7.9	21.8	

FAO-klasser

Klass	Area (ha)	Area (%)
Loam	28.2	77.9
Silt loam	8	22.1

Erosionsrisk

Hög
Förhöjd

Föregående | Ny sökning

About the WaterGuide Tool

Waterdrive

WaterGUIDE.online

1 Se Avrinningsområde
2 Välj område
3 Ladda upp fil
4 Se resultat

Värde- och resultatbaserade åtgärder för mindre förluster

Navigera bland flikarna för att se resultaten.

Dölj fältgränser

Våtmarker, flödesvägar | Struktur-kalkning | Skyddszoner | Fånggrödor

Skyddszoner

Areal: 34,9 ha

Reduktion av fosforförluster

- Ökad erosion
  - Påtagligt
  - Måttligt
  - Något
- Fosforförluster

Föregående | Ny sökning

About the WaterGuide Tool

Waterdrive

WaterGUIDE.online

1 Se Avrinningsområde — 2 Välj område — 3 Ladda upp fil — 4 Se resultat

Värde- och resultatbaserade åtgärder för mindre förluster

Navigera bland flikarna för att se resultaten.

Dölj filtgränsar

Våtmarker, flödesvägar | Struktur-kalkning | Skyddszoner | Fånggrödor

Fånggrödor

Areal: 34.9 ha

Reduktion av kväveförluster

Höstgröda

2. Välj bearbetningsmetod

- Höstbearbetad fånggröda
- Vårbearbetad fånggröda
- Vårbearbetning

Minskade N-förluster (kg/ha)

Färg	Värde
	2.8
	3.6

Minskad N-utlakning, läckage till havet (kg N/ha)

3

Ersättning

900

Summa (kr)

31 410

Justera ersättningsbeloppet nedan (i SEK/kg)

300

Återställ

Waterdrive

- Hur kan dessa resultat användas i samarbete med lantbrukarna för att utveckla åtgärdsprogram?
  - Diskussionsunderlag, inte facit
  - Gemensam bild

- Vilka åtgärder kan tänkas vara aktuella?
  - Backdiken
  - Dräneringsbehov
  - Skyddszoner & anpassade skyddszoner
  - Våtmarker och fosfordammar
  - Strukturkalkning
  - Anpassad växtföljd
  - Begränsningar av bete
  - Tvåstegsdiken

Rich Waters
Tack!
SLU
Havs
och Vatten
myndigheten
Life