Assessment of war-induced land use change in Ukraine with satellite data and machine learning

Nataliia Kussul[1,2], Sergii Skakun[1], Andrii Shelestov[2,3], Bohdan Yailymov[3], Hanna Yailymova[2,3], Sofia Drozd[2,3], Eric Duncan[1], Inbal Becker-Reshef[1], Guido Lemoine[4], Klaus Deininger[5]

1: University of Maryland, USA; 2: NTUU “KPI”, Ukraine; 3: Space Research Institute NASU-SSAU, Ukraine; 4: Joint Research Center of the European Commission, Italy; 5: The World Bank

Who we are

NTUU «Igor Sikorsky KPI»

Dept of Math Modelling and Data Analysis

Space Research Institute NASU

Dept of space technologies and systems

University of Maryland

NASA Harvest program

Our expertise

Machine learning on satellite data

Land cover/land use

Geospatial intelligence

Journals & Magazines > IEEE Geoscience and Remote Se... > Volume: 14 Issue: 5

Deep Learning Classification of Land Cover and Crop Types Using Remote Sensing Data

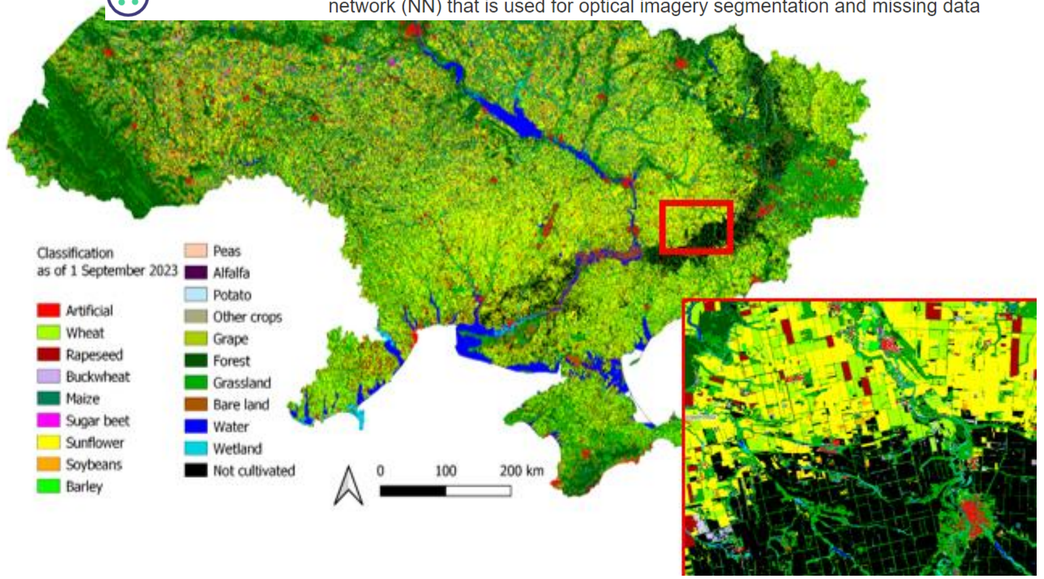
Publisher: IEEE

Cite This PDF

Nataliia Kussul ; Mykola Lavreniuk ; Sergii Skakun ; Andrii Shelestov **All Authors**

Abstract:

Deep learning (DL) is a powerful state-of-the-art technique for image processing including remote sensing (RS) images. This letter describes a multilevel DL architecture that targets land cover and crop type classification from multitemporal multisource satellite imagery. The pillars of the architecture are unsupervised neural network (NN) that is used for optical imagery segmentation and missing data



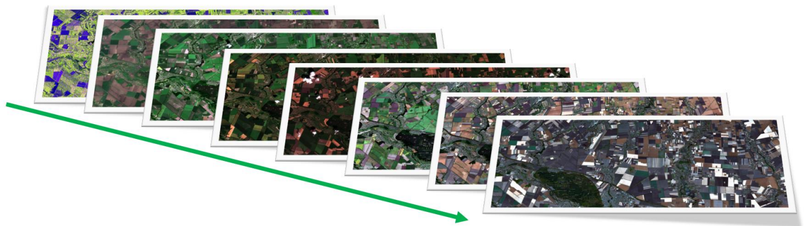
Layout

- Methodology: Land Use classification with ML & satellite data
- Assessment of war-induced land use change in Ukraine from NTUU “KPI”
- NASA Harvest estimates of war-induced land use change in Ukraine
- Night Lights as indicator of economic activities

Methodology of time series satellite data using for classification map creation

Input data

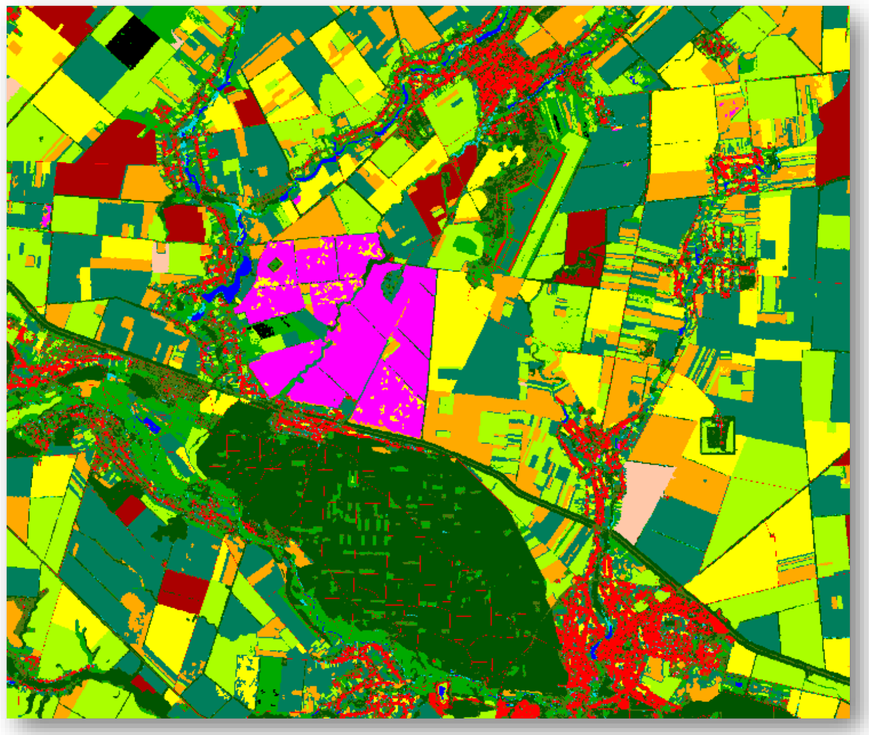
Time series of satellite data (**Sentinel-1,2**)



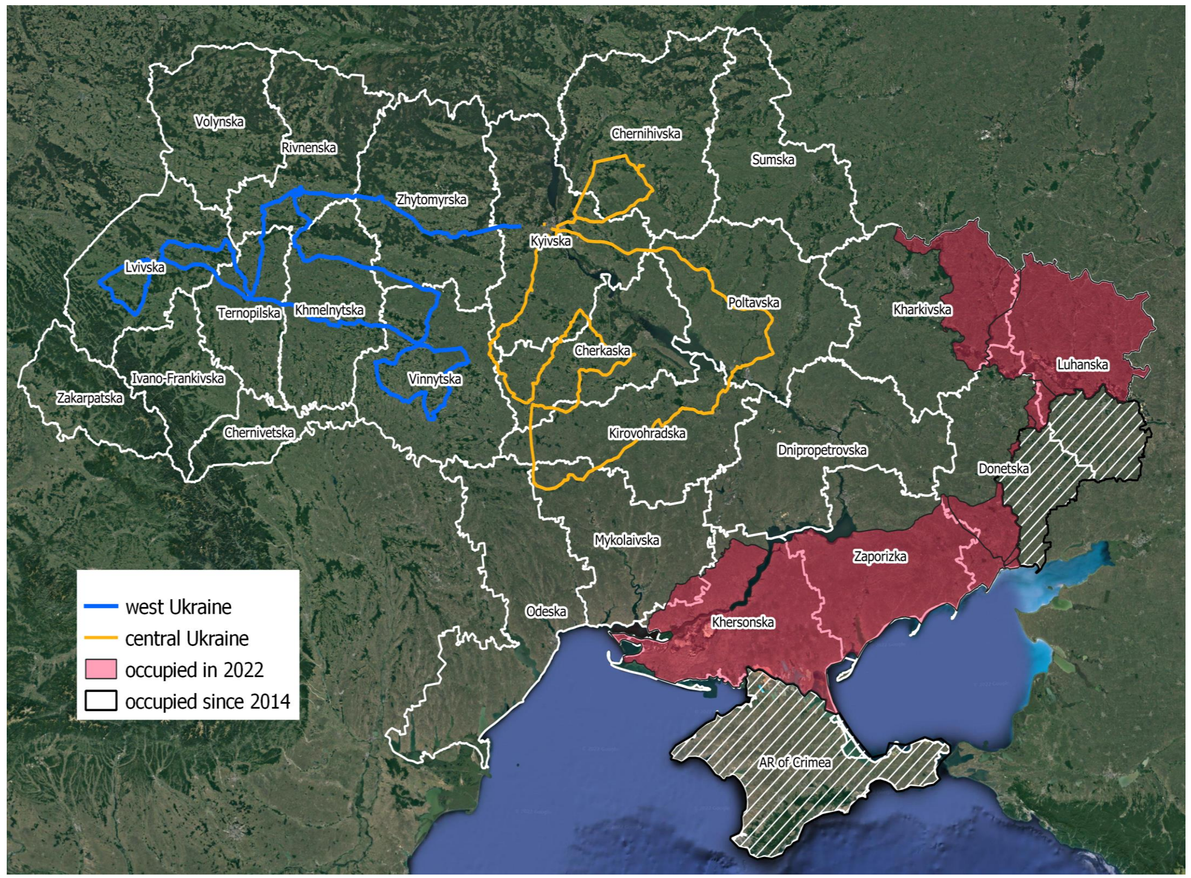
In-situ data along the roads

ML model in cloud (GEE or Creodias)

Crop classification map



Annual in-situ data collection (2017 – now)



JRC EUROPEAN COMMISSION

THE WORLD BANK

Class Name	In-situ data 2022
Non cropland	5583
Cereals	1459
Maize	1242
Other cropland	1050
Rapeseed	261
Sunflower	1182
Total	10777

Joint Experiment of Crop Assessment and Monitoring

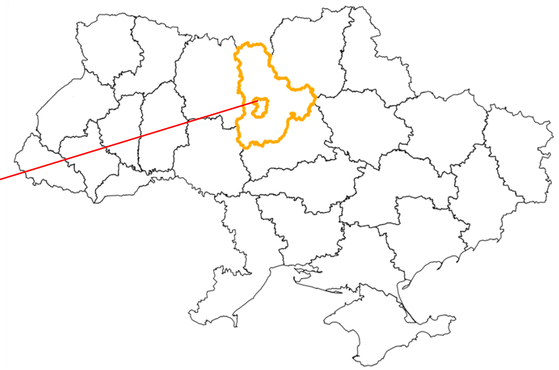
- Network of test sites
- Crop type classification
- Validation experiments
- Models adaptation of crop growth

JECAM

Interactive Map

Select from any JECAM study site in the world to learn more

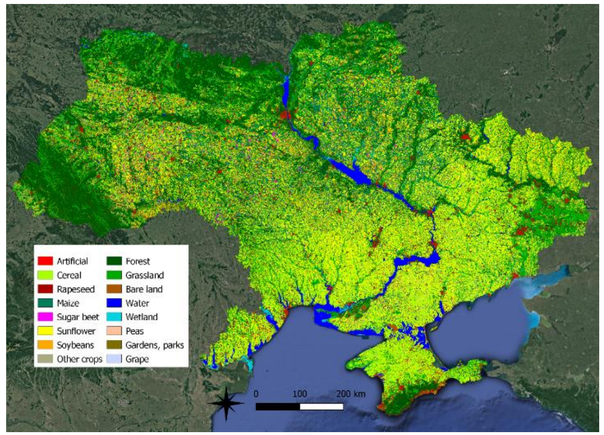
Territory of intensive observation



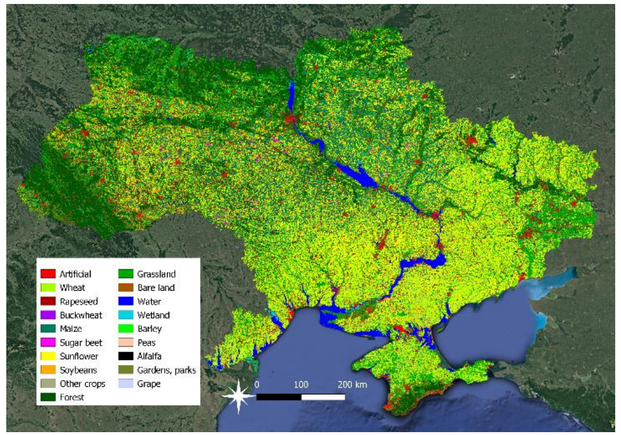
Kyiv region & Vasylkiv district

Annual land cover and crop type classification

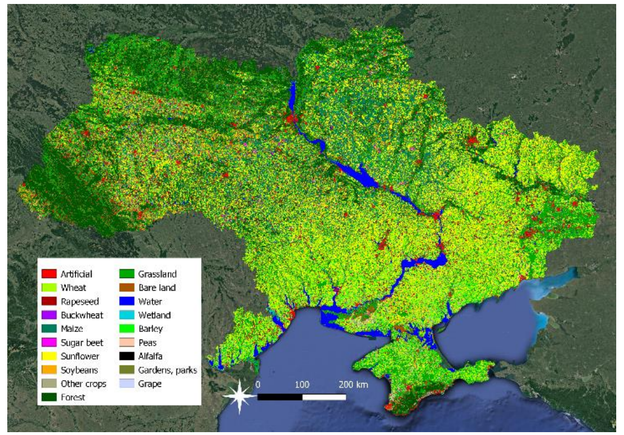
2018 (30.8 MLN ha)



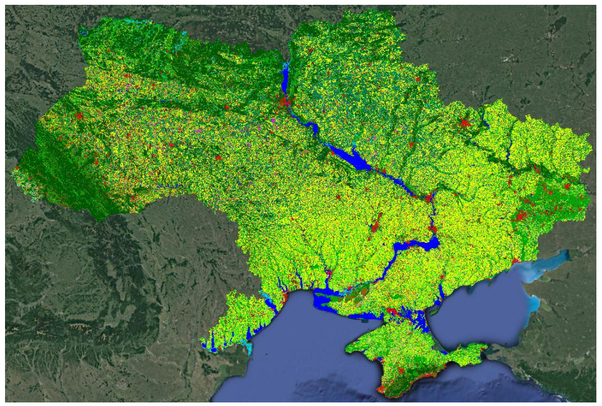
2019 (30.0 MLN ha)



2020 (30.4 MLN ha)

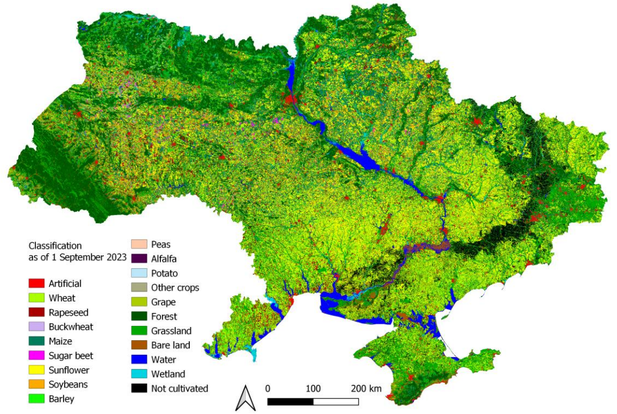


2021 (31.2 MLN ha)



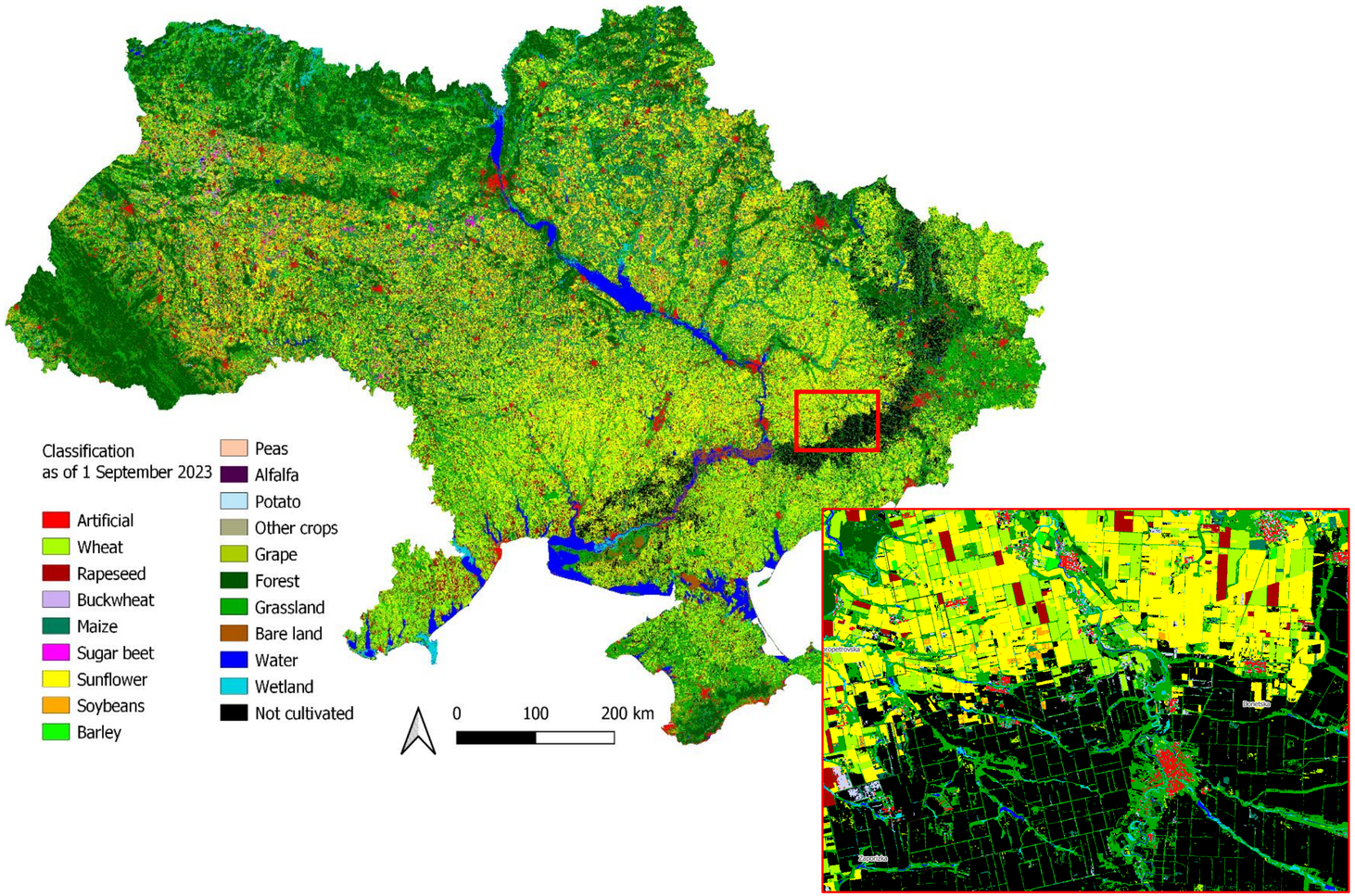
2022 (28.1 MLN ha)

2023 (27.3 MLN ha)



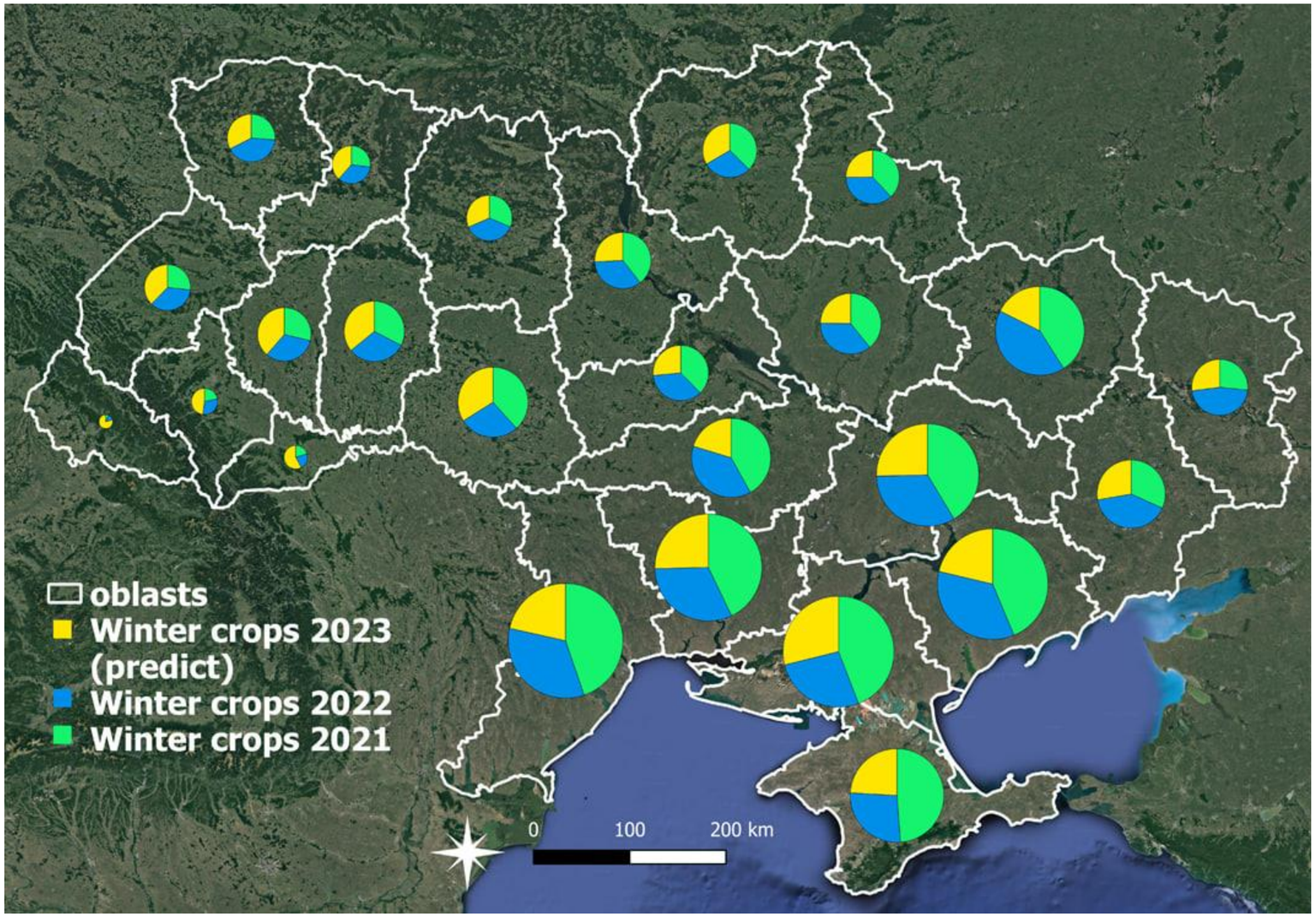
Classification in CREODIAS Cloud

Ukraine 2023



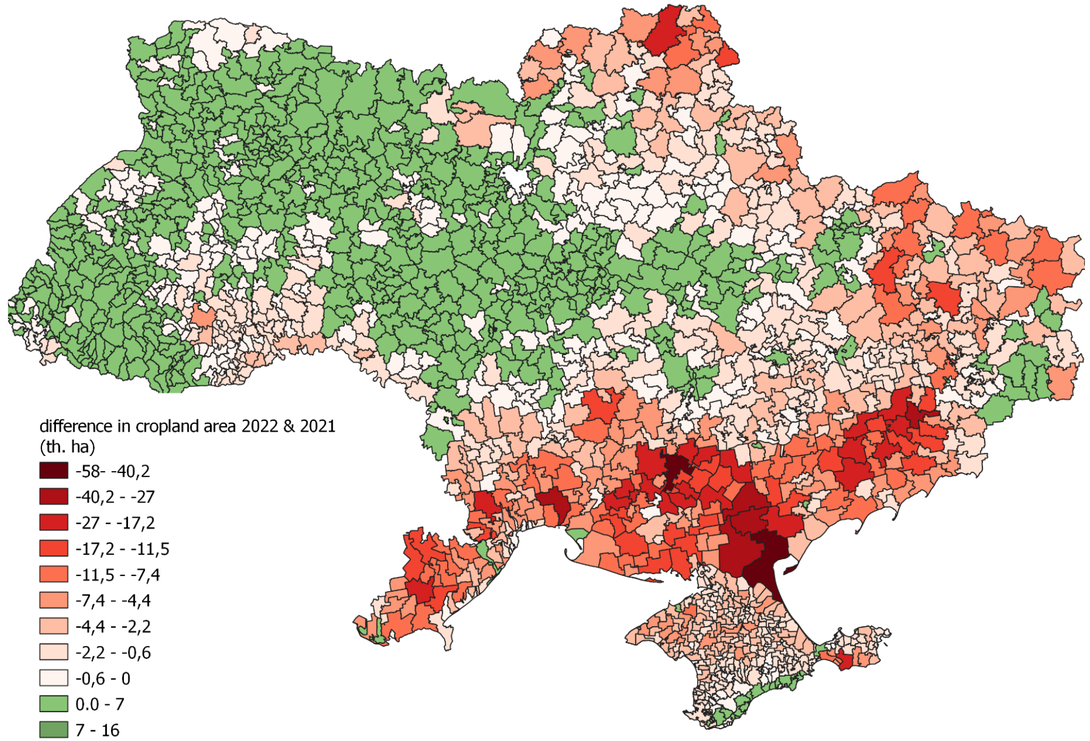
Class	PA	UA	F1
Artificial	88,7	81,9	85,2
Wheat	98,7	90,6	94,5
Rapeseed	96,1	98,6	97,3
Buckwheat	54,8	92	68,7
Maize	93,6	91,3	92,4
Sugar beet	95,7	93,2	94,5
Sunflower	98,6	97,6	98,1
Soybean	88,8	88,5	88,7
Other crops	75,1	67,5	71,1
Forest	100	97,8	98,9
Grassland	90,9	85,9	88,3
Bareland	72,6	85	78,3
Water	100	99,4	99,7
Wetland	94	92,7	93,4
Barley	62,7	90,1	73,9
Peas	80,9	100	89,5
Alfalfa	29,3	87,5	43,8
Grape	87,6	51,2	64,7
Not cultivated	88,2	96,6	92,2
Potato	72,8	18,9	30,1
Overall Accuracy	OA = 93,1%		

Winter crops distribution (2021-2023)



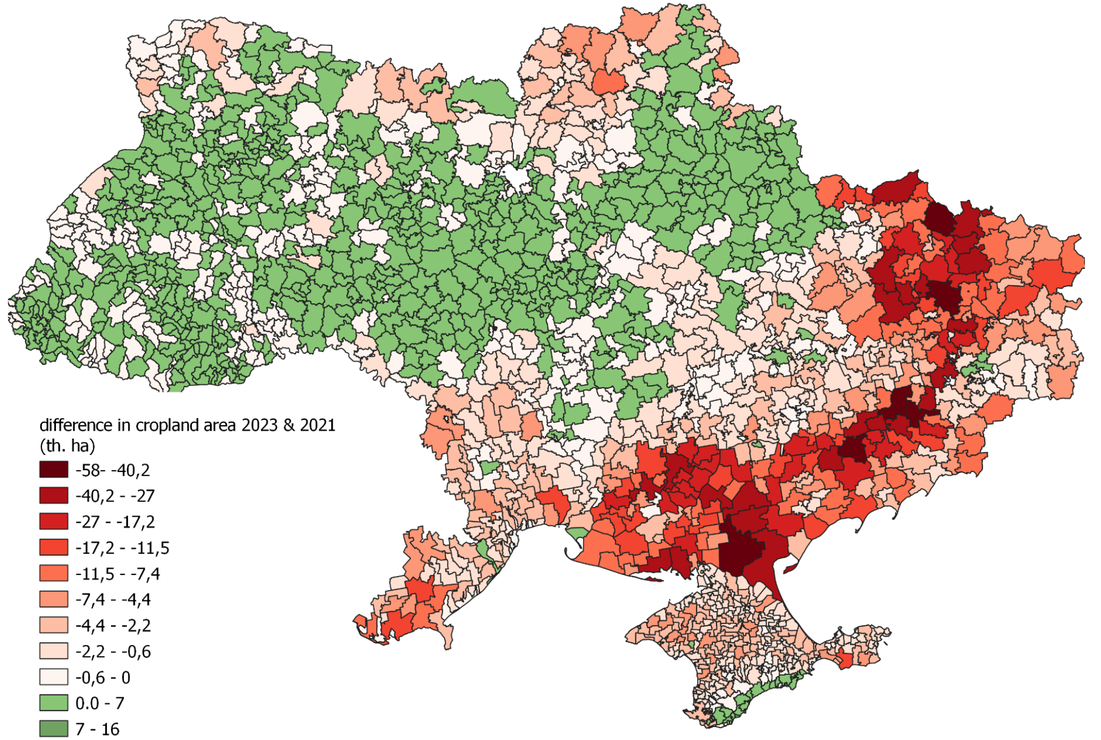
Cropland difference between 2021 & 2022

	Cropland, th ha			2021 & 2022 Cropland Difference in:		2021 & 2023 Cropland Difference in:		2022 & 2023 Cropland Difference in:	
	2021	2022	2023	th ha	%	th ha	%	th ha	%
Khersonska	1765,72	1115,1	987,7	-650,6	-36,8	**-778,0**	**-44,1**	-127,4	-11,4
AR of Crimea	1182,67	650,6	685,0	-532,1	-45,0	-497,6	-42,1	34,4	5,3
Donetska	1364,92	1109,7	803,2	-255,3	-18,7	**-561,7**	**-41,2**	-306,4	-27,6
Zaporizka	1968,60	1556,5	1372,9	-412,1	-20,9	**-595,7**	**-30,3**	-183,6	-11,8
Luhanska	1171,90	1066,9	829,3	-105,0	-9,0	**-342,6**	**-29,2**	-237,6	-22,3
Kharkivska	1872,06	1740,8	1413,7	-131,2	-7,0	**-458,4**	**-24,5**	-327,1	-18,8
Odeska	2071,75	1678,6	1834,3	-393,1	-19,0	-237,4	-11,5	155,7	9,3
Mykolaivska	1770,21	1475,7	1580,0	-294,5	-16,6	-190,2	-10,7	104,3	7,1
Chernihivska	1401,22	1318,4	1326,4	-82,9	-5,9	-74,8	-5,3	8,1	0,6
Dnipropetrovska	2068,38	1984,2	1968,4	-84,1	-4,1	**-100,0**	**-4,8**	-15,9	-0,8
Volynska	524,71	543,9	517,1	19,2	3,7	-7,6	-1,5	-26,8	-4,9
Kirovohradska	1783,98	1748,9	1771,7	-35,1	-2,0	-12,2	-0,7	22,9	1,3
Zhytomyrska	885,33	918,1	882,8	32,8	3,7	-2,5	-0,3	-35,3	-3,8
Ternopilska	874,31	863,6	874,4	-10,8	-1,2	0,1	0,0	10,8	1,3
Poltavska	1798,63	1785,1	1803,8	-13,5	-0,8	5,2	0,3	18,7	1,0
Khmelnytska	1234,85	1222,9	1242,7	-11,9	-1,0	7,9	0,6	19,8	1,6
Cherkaska	1218,88	1233,2	1228,2	14,3	1,2	9,3	0,8	-5,0	-0,4
Kyivska	1200,51	1202,5	1211,0	2,0	0,2	10,5	0,9	8,4	0,7
Sumska	1256,47	1140,1	1270,5	-116,4	-9,3	14,0	1,1	130,4	11,4
Vinnytska	1615,31	1632,1	1635,7	16,7	1,0	20,3	1,3	3,6	0,2
Chernivetska	257,35	213,6	262,4	-43,8	-17,0	5,0	1,9	48,8	22,9
Rivnenska	504,27	533,0	514,3	28,7	5,7	10,0	2,0	-18,7	-3,5
Lvivska	606,43	627,6	623,7	21,2	3,5	17,3	2,9	-3,8	-0,6
Ivano-Frankivska	281,28	277,6	293,7	-3,6	-1,3	12,4	4,4	16,1	5,8
Zakarpatska	76,85	83,7	88,9	6,8	8,9	12,1	15,7	5,2	6,3
Ukraine total	**30756,58**	**27722,3**	**27021,9**	**-3034,2**	**-9,9**	**-3734,7**	**-12,1**	**-700,4**	**-2,5**

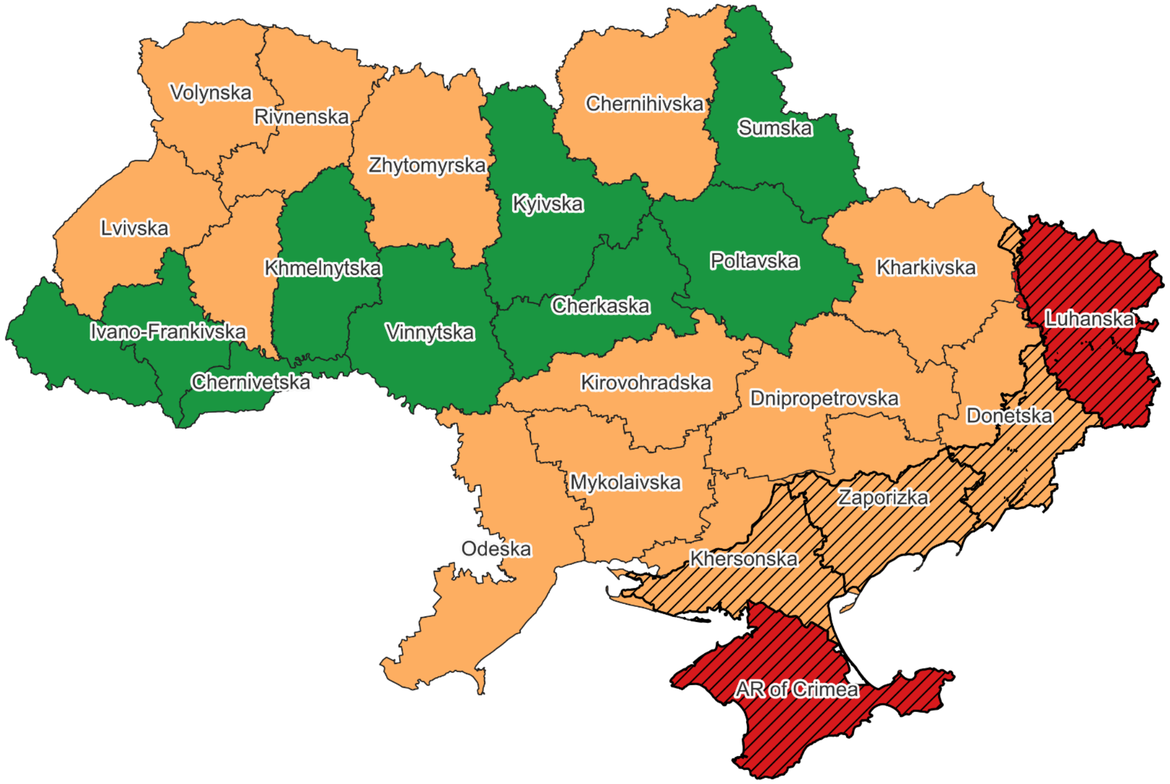


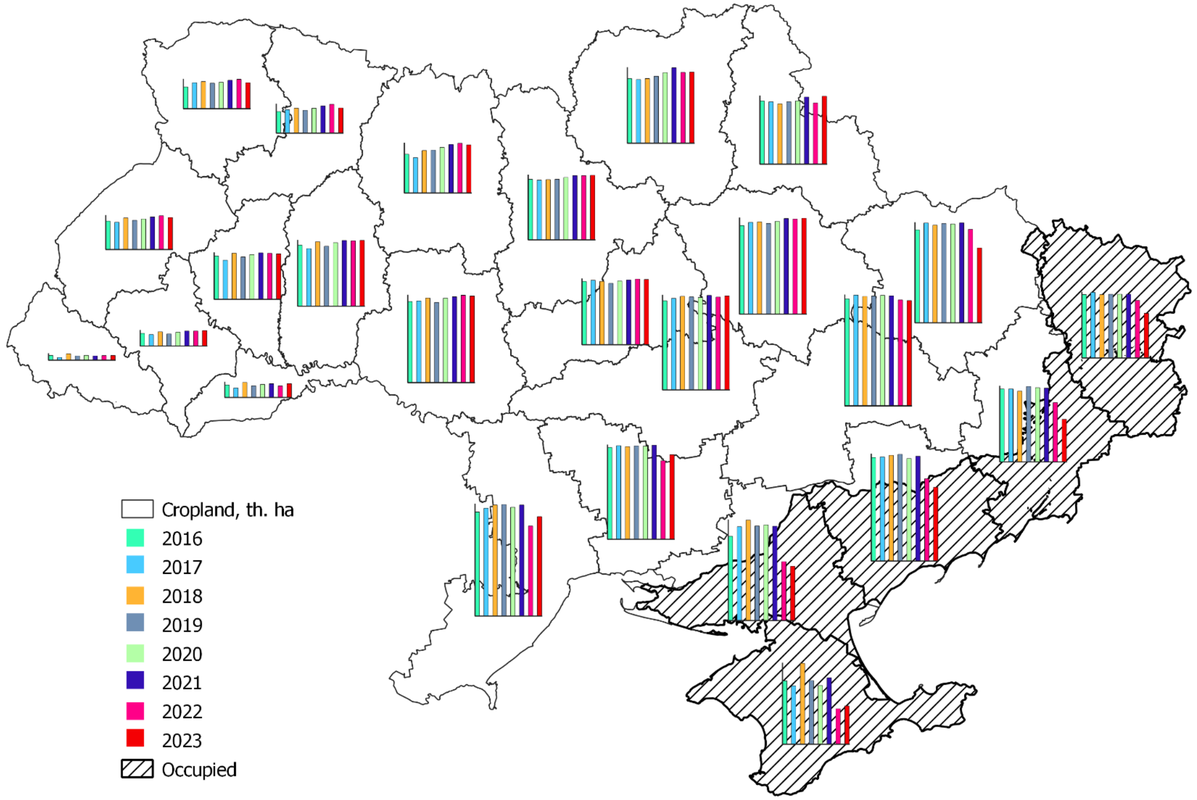
Cropland difference between 2021 & 2023

	Cropland, th ha			2021 & 2022 Cropland Difference in:		2021 & 2023 Cropland Difference in:		2022 & 2023 Cropland Difference in:	
	2021	2022	2023	th ha	%	th ha	%	th ha	%
Khersonska	1765,72	1115,1	987,7	-650,6	-36,8	**-778,0**	**-44,1**	-127,4	-11,4
AR of Crimea	1182,67	650,6	685,0	-532,1	-45,0	-497,6	-42,1	34,4	5,3
Donetska	1364,92	1109,7	803,2	-255,3	-18,7	**-561,7**	**-41,2**	-306,4	-27,6
Zaporizka	1968,60	1556,5	1372,9	-412,1	-20,9	**-595,7**	**-30,3**	-183,6	-11,8
Luhanska	1171,90	1066,9	829,3	-105,0	-9,0	**-342,6**	**-29,2**	-237,6	-22,3
Kharkivska	1872,06	1740,8	1413,7	-131,2	-7,0	**-458,4**	**-24,5**	-327,1	-18,8
Odeska	2071,75	1678,6	1834,3	-393,1	-19,0	-237,4	-11,5	155,7	9,3
Mykolaivska	1770,21	1475,7	1580,0	-294,5	-16,6	-190,2	-10,7	104,3	7,1
Chernihivska	1401,22	1318,4	1326,4	-82,9	-5,9	-74,8	-5,3	8,1	0,6
Dnipropetrovska	2068,38	1984,2	1968,4	-84,1	-4,1	**-100,0**	**-4,8**	-15,9	-0,8
Volynska	524,71	543,9	517,1	19,2	3,7	-7,6	-1,5	-26,8	-4,9
Kirovohradska	1783,98	1748,9	1771,7	-35,1	-2,0	-12,2	-0,7	22,9	1,3
Zhytomyrska	885,33	918,1	882,8	32,8	3,7	-2,5	-0,3	-35,3	-3,8
Ternopilska	874,31	863,6	874,4	-10,8	-1,2	0,1	0,0	10,8	1,3
Poltavska	1798,63	1785,1	1803,8	-13,5	-0,8	5,2	0,3	18,7	1,0
Khmelnytska	1234,85	1222,9	1242,7	-11,9	-1,0	7,9	0,6	19,8	1,6
Cherkaska	1218,88	1233,2	1228,2	14,3	1,2	9,3	0,8	-5,0	-0,4
Kyivska	1200,51	1202,5	1211,0	2,0	0,2	10,5	0,9	8,4	0,7
Sumska	1256,47	1140,1	1270,5	-116,4	-9,3	14,0	1,1	130,4	11,4
Vinnytska	1615,31	1632,1	1635,7	16,7	1,0	20,3	1,3	3,6	0,2
Chernivetska	257,35	213,6	262,4	-43,8	-17,0	5,0	1,9	48,8	22,9
Rivnenska	504,27	533,0	514,3	28,7	5,7	10,0	2,0	-18,7	-3,5
Lvivska	606,43	627,6	623,7	21,2	3,5	17,3	2,9	-3,8	-0,6
Ivano-Frankivska	281,28	277,6	293,7	-3,6	-1,3	12,4	4,4	16,1	5,8
Zakarpatska	76,85	83,7	88,9	6,8	8,9	12,1	15,7	5,2	6,3
Ukraine total	**30756,58**	**27722,3**	**27021,9**	**-3034,2**	**-9,9**	**-3734,7**	**-12,1**	**-700,4**	**-2,5**



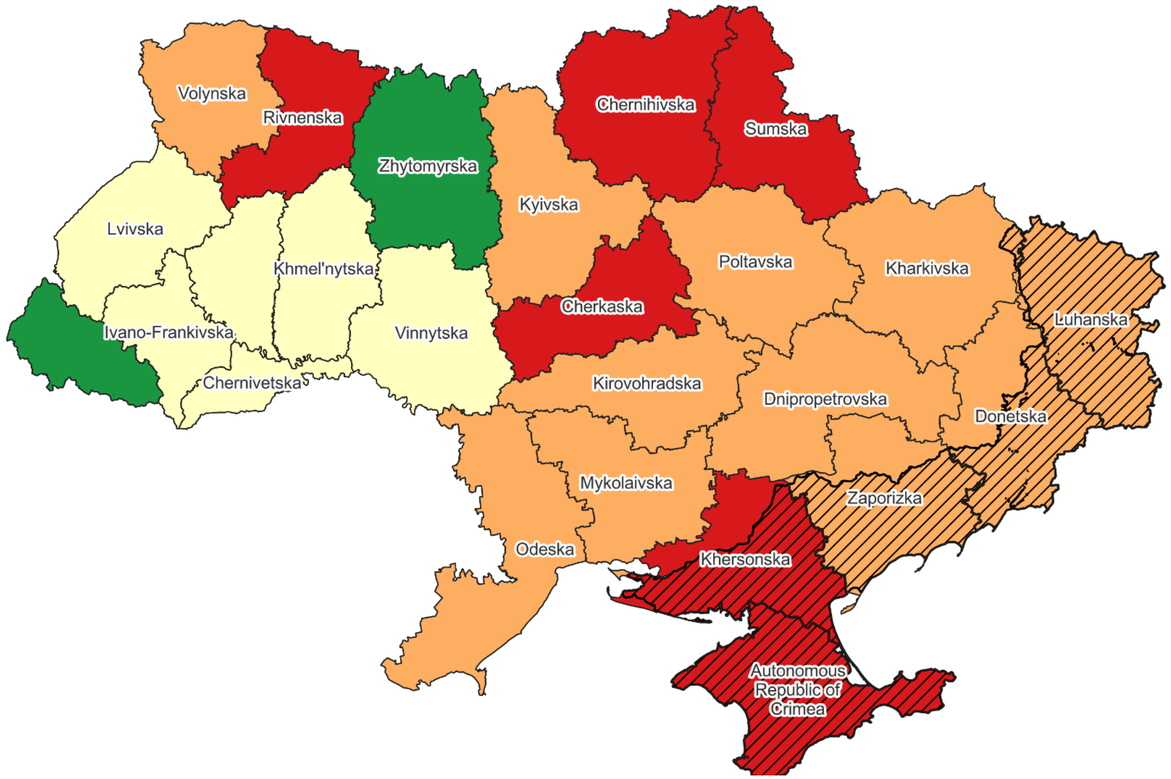
Cropland area from 2016 to 2023

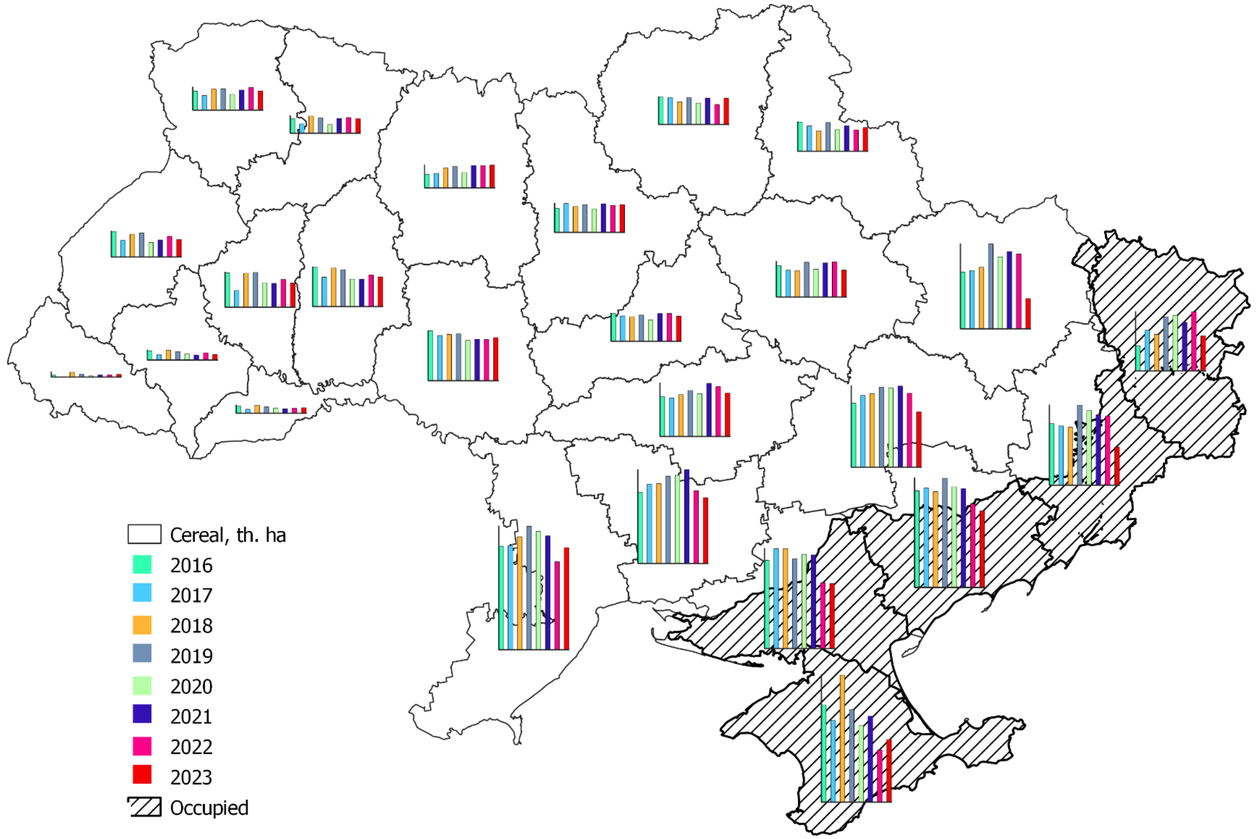




Negative trend until 2022 and negative after 2022
Negative trend until 2022 and positive after 2022
Positive trend until 2022 and negative after 2022
Positive trend until 2022 and positive after 2022

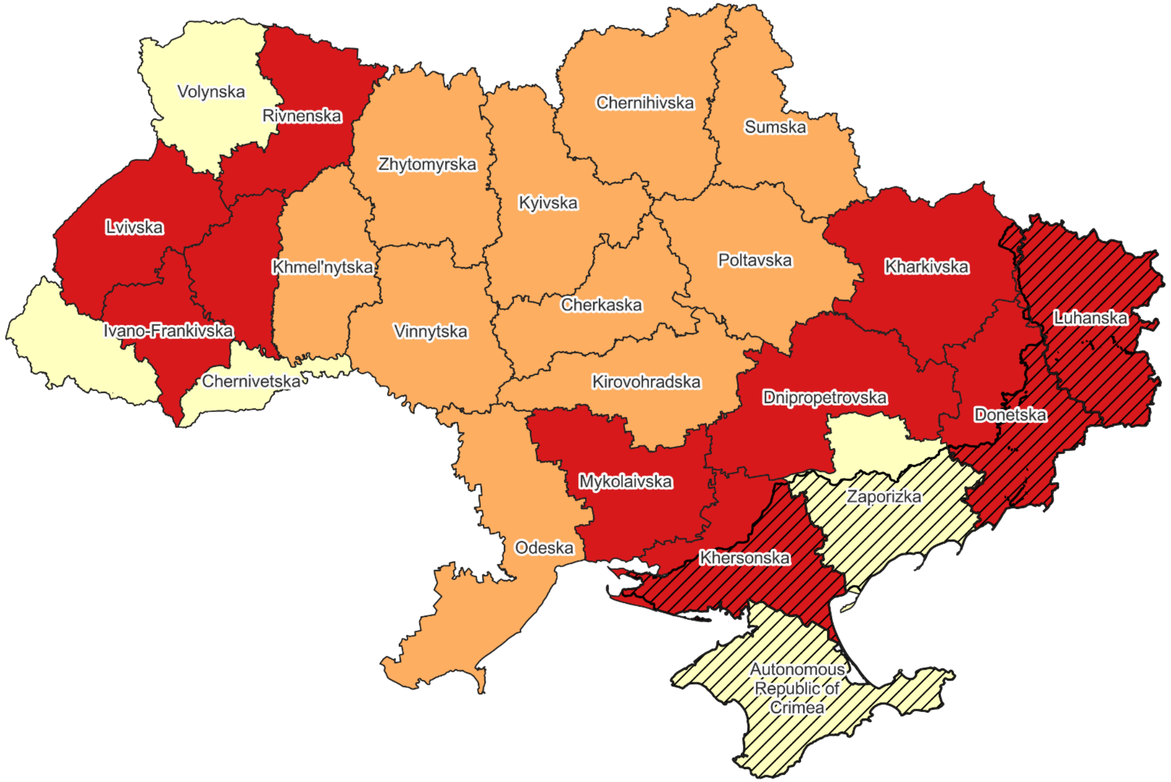
Cereals area from 2016 to 2023

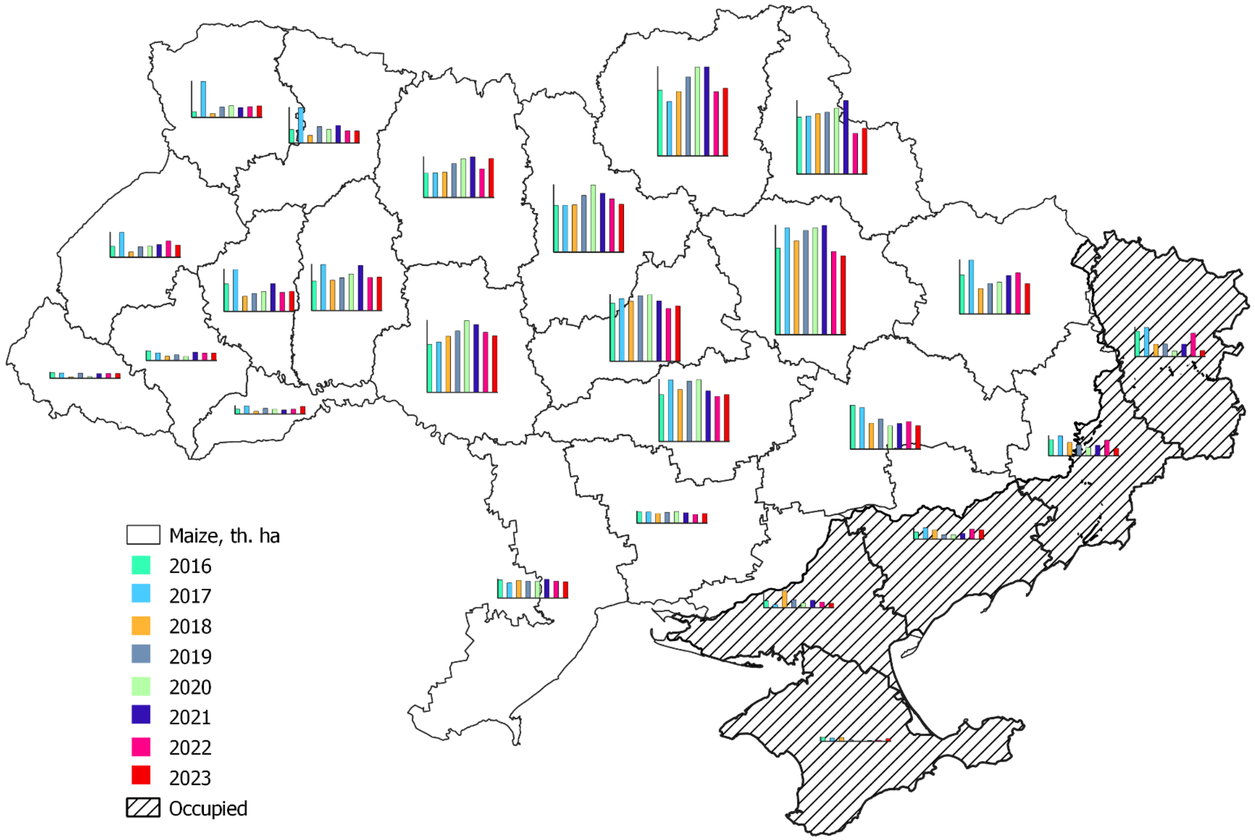




Negative trend until 2022 and negative after 2022
Negative trend until 2022 and positive after 2022
Positive trend until 2022 and negative after 2022
Positive trend until 2022 and positive after 2022

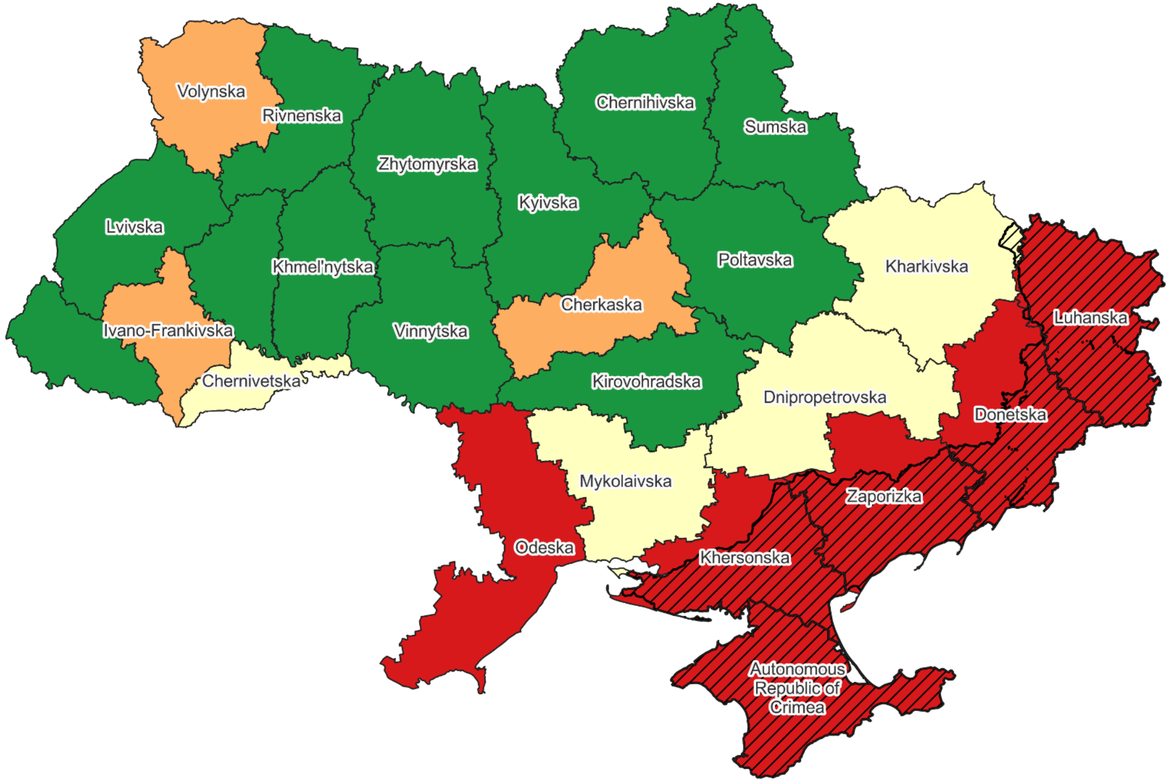
Maize area from 2016 to 2023

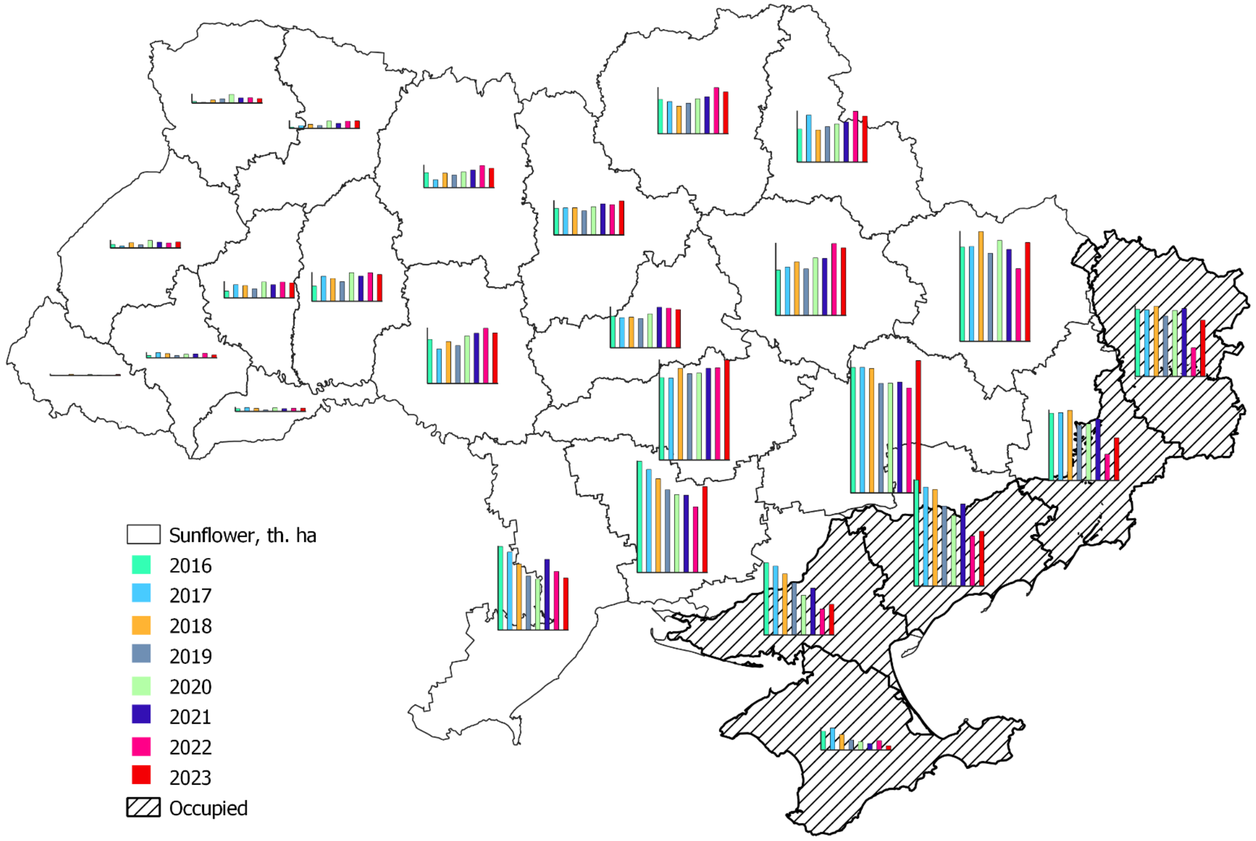




Negative trend until 2022 and negative after 2022
Negative trend until 2022 and positive after 2022
Positive trend until 2022 and negative after 2022
Positive trend until 2022 and positive after 2022

Sunflower crop area from 2016 to 2023





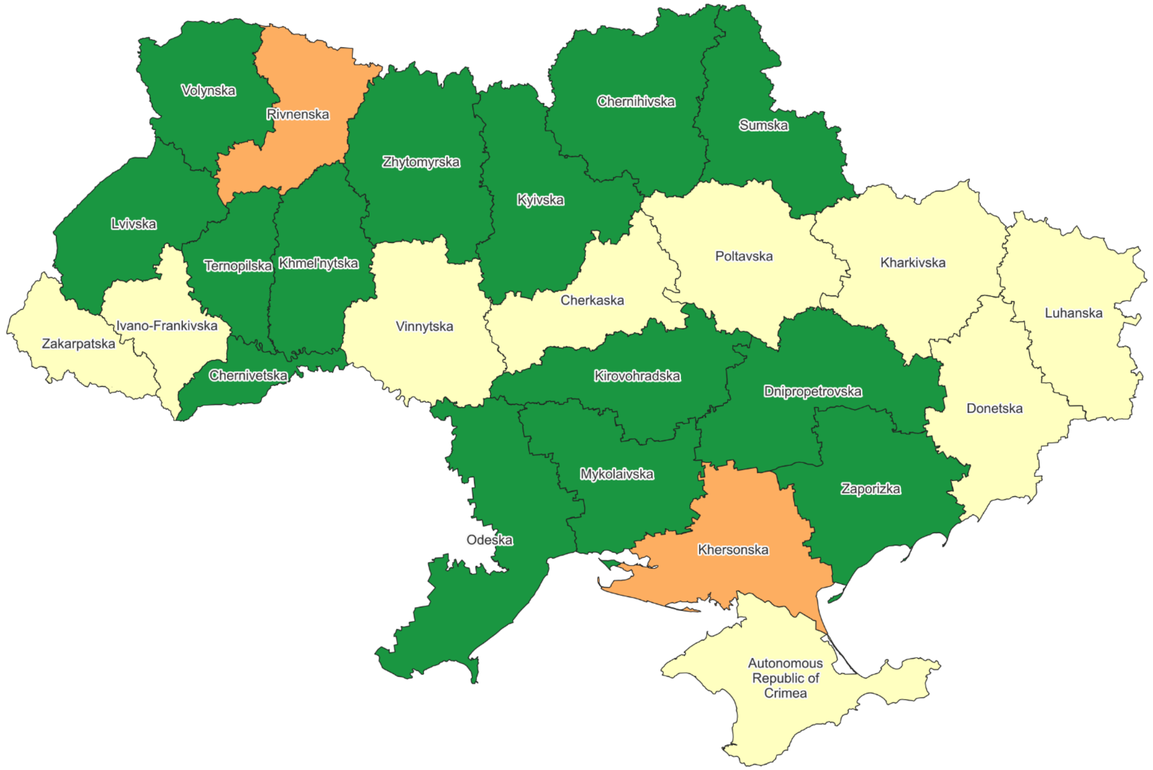
Negative trend until 2022 and negative after 2022

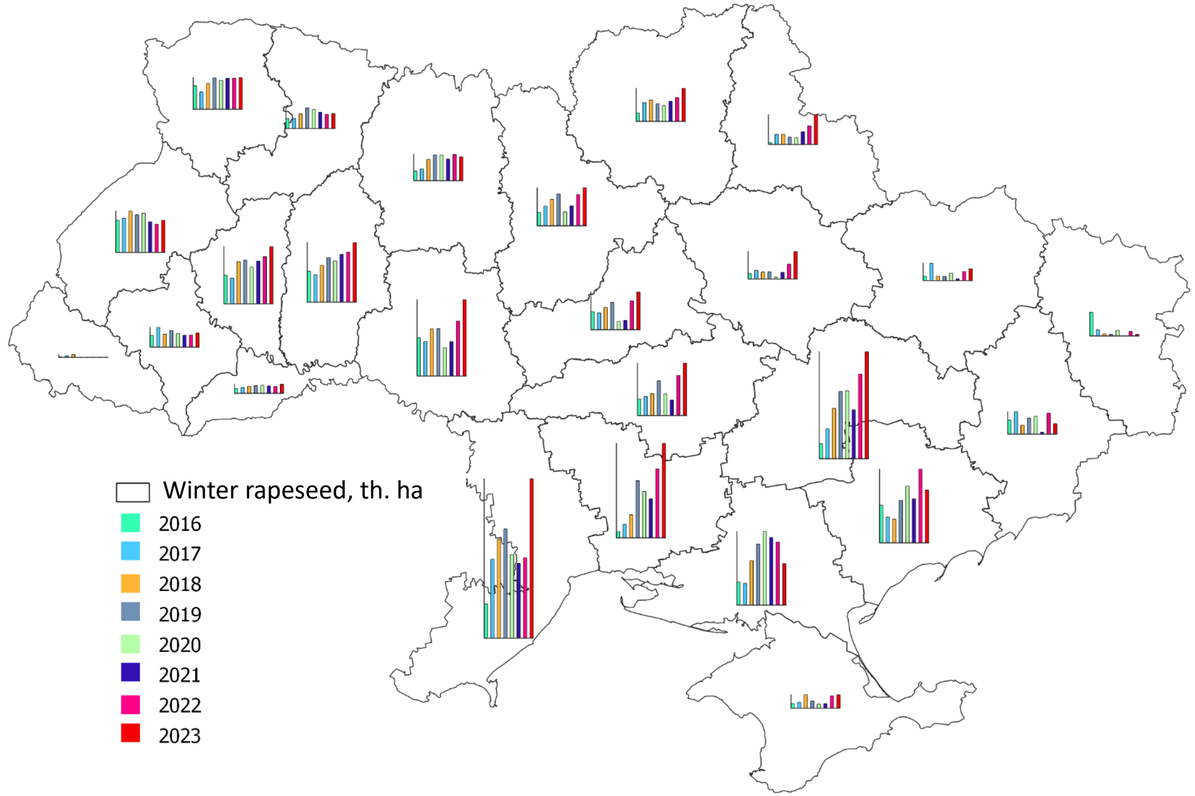
Negative trend until 2022 and positive after 2022

Positive trend until 2022 and negative after 2022

Positive trend until 2022 and positive after 2022

Winter rapeseed area from 2016 to 2023





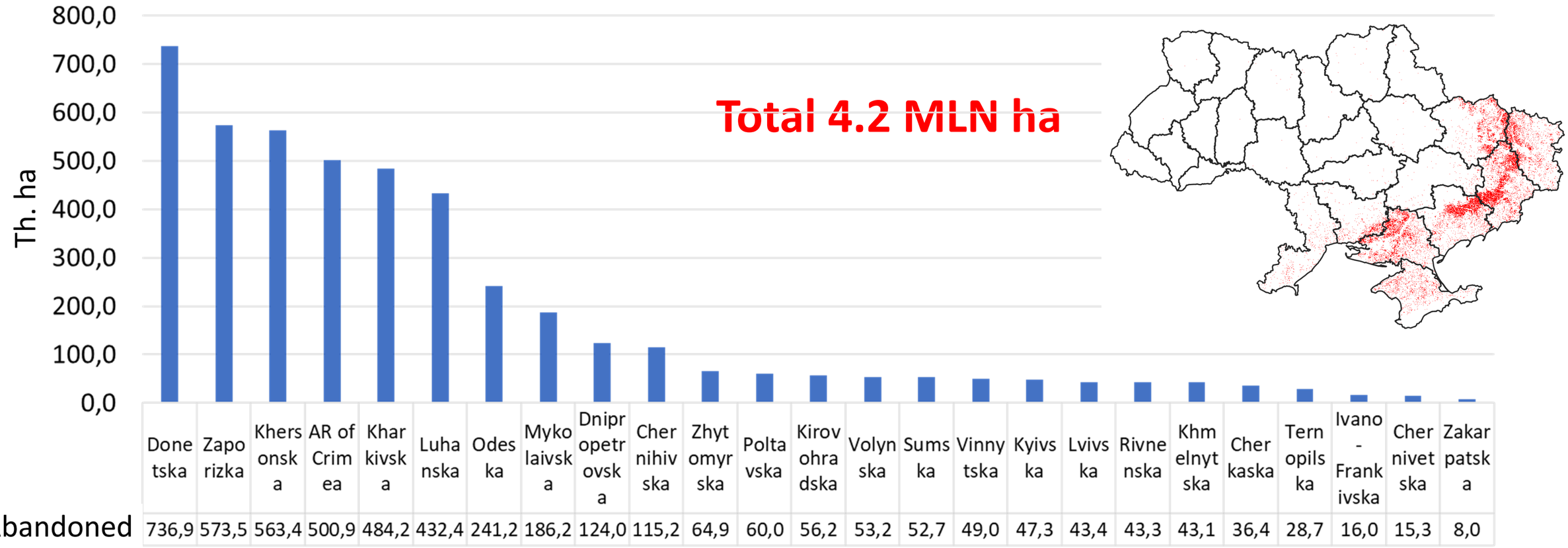
Negative trend until 2022 and negative after 2022

Negative trend until 2022 and positive after 2022

Positive trend until 2022 and negative after 2022

Positive trend until 2022 and positive after 2022

Uncultivated agricultural fields in 2023 comparing to 2021



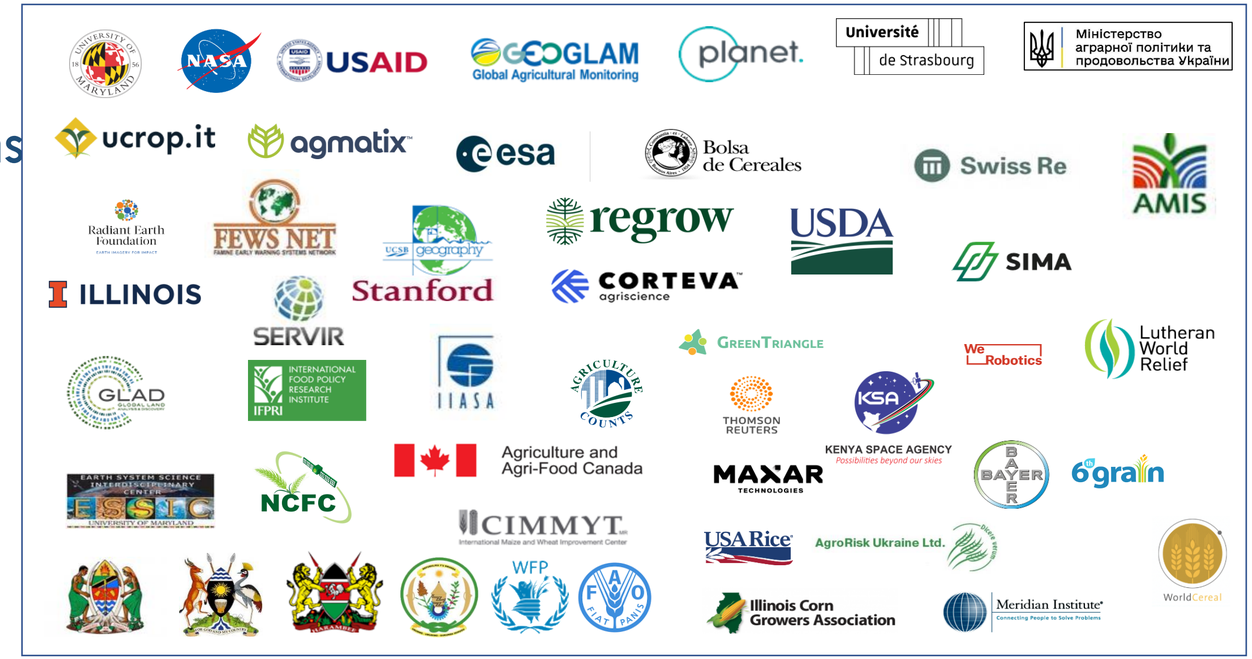
	Donetska	Zaporizka	Khersonska	AR of Crimea	Kharkivska	Luhanska	Odeska	Mykolaivska	Dnipropetrovska	Chernihivska	Zhytomyrska	Poltavska	Kirovohradska	Volynska	Sumska	Vinnytska	Kyivska	Lvivska	Rivnenska	Khmelnytska	Cherkaska	Ternopilska	Ivano-Frankivska	Chernivetska	Zakarpatska
Abandoned	736,9	573,5	563,4	500,9	484,2	432,4	241,2	186,2	124,0	115,2	64,9	60,0	56,2	53,2	52,7	49,0	47,3	43,4	43,3	43,1	36,4	28,7	16,0	15,3	8,0

NASA HARVEST

NASA HARVEST

NASA'S GLOBAL FOOD SECURITY AND AGRICULTURE PROGRAM

Mission: to advance adoption of satellite **Earth observations** by public & private organizations to benefit **food security, sustainability & agriculture, worldwide**



NASA's Contribution to G20

GEOGLAM
Global Agricultural Monitoring

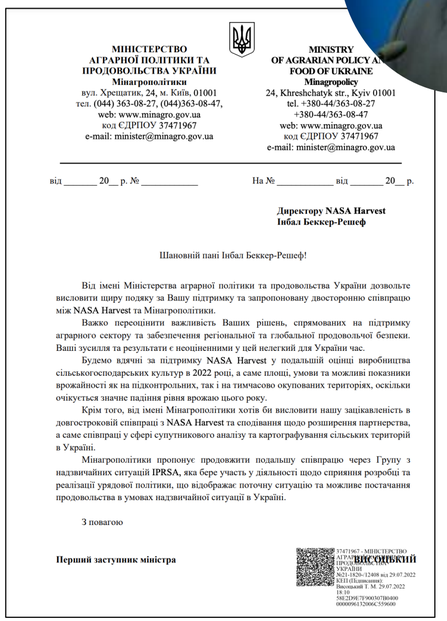
For more info: www.nasaharvest.org
Follow us on Twitter: @HarvestProgram

Parntership with the Ministry of Agrarian Policy & Food of Ukraine

Міністерство аграрної політики та продовольства України

First Deputy Minister T. Vysotskyi

- Builds on longstanding cooperation with various entities in Ukraine including Ministry, Hydromet Center, Kyiv Polytechnic University & USDA FAS attache in Kyiv.
- Short term focus: estimating impact of war on agriculture, particularly within the occupied territories where ground data is not available
- Longer term: boost capacity at the Ministry for use of satellite data in agricultural assessments



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
Мінагрополітики
вул. Хрещатик, 24, м. Київ, 01001
тел. (044) 363-08-27, (044)363-08-47,
web: www.minagro.gov.ua
код ЄДРПОУ 37471967
e-mail: minister@minagro.gov.ua

MINISTRY OF AGRARIAN POLICY AND FOOD OF UKRAINE
Minagropolicy
24, Khreshchatyk str., Kyiv 01001
tel. +380-44/363-08-27
+380-44/363-08-47
web: www.minagro.gov.ua
код ЄДРПОУ 37471967
e-mail: minister@minagro.gov.ua

від _____ 20__ р. № _____ На № _____ від _____ 20__ р.

Директору NASA Harvest
Інбал Беккер-Решеф

Шановний пані Інбал Беккер-Решеф!

Від імені Міністерства аграрної політики та продовольства України дозвольте висловити щиру подяку за Вашу підтримку та запропоновану двосторонню співпрацю між NASA Harvest та Мінагрополітики.

Важко переоцінити важливість Ваших рішень, спрямованих на підтримку аграрного сектору та забезпечення регіональної та глобальної продовольчої безпеки. Ваші зусилля та результати є неоціненними у цей нелегкий для України час.

Будемо вдячні за підтримку NASA Harvest у подальшій оцінці виробництва сільськогосподарських культур в 2022 році, а саме площі, умови та можливі показники врожайності як на підконтрольних, так і на тимчасово окупованих територіях, оскільки очікується значне падіння рівня врожаю цього року.

Крім того, від імені Мінагрополітики хотів би висловити нашу зацікавленість в довгостроковій співпраці з NASA Harvest та сподівання щодо розширення партнерства, а саме співпраці у сфері супутникового аналізу та картографування сільських територій в Україні.

Мінагрополітики пропонує продовжити подальшу співпрацю через Групу з надзвичайних ситуацій IPRSA, яка бере участь у діяльності щодо сприяння розробці та реалізації урядової політики, що відображає поточну ситуацію та можливе постачання продовольства в умовах надзвичайної ситуації в Україні.

З повагою

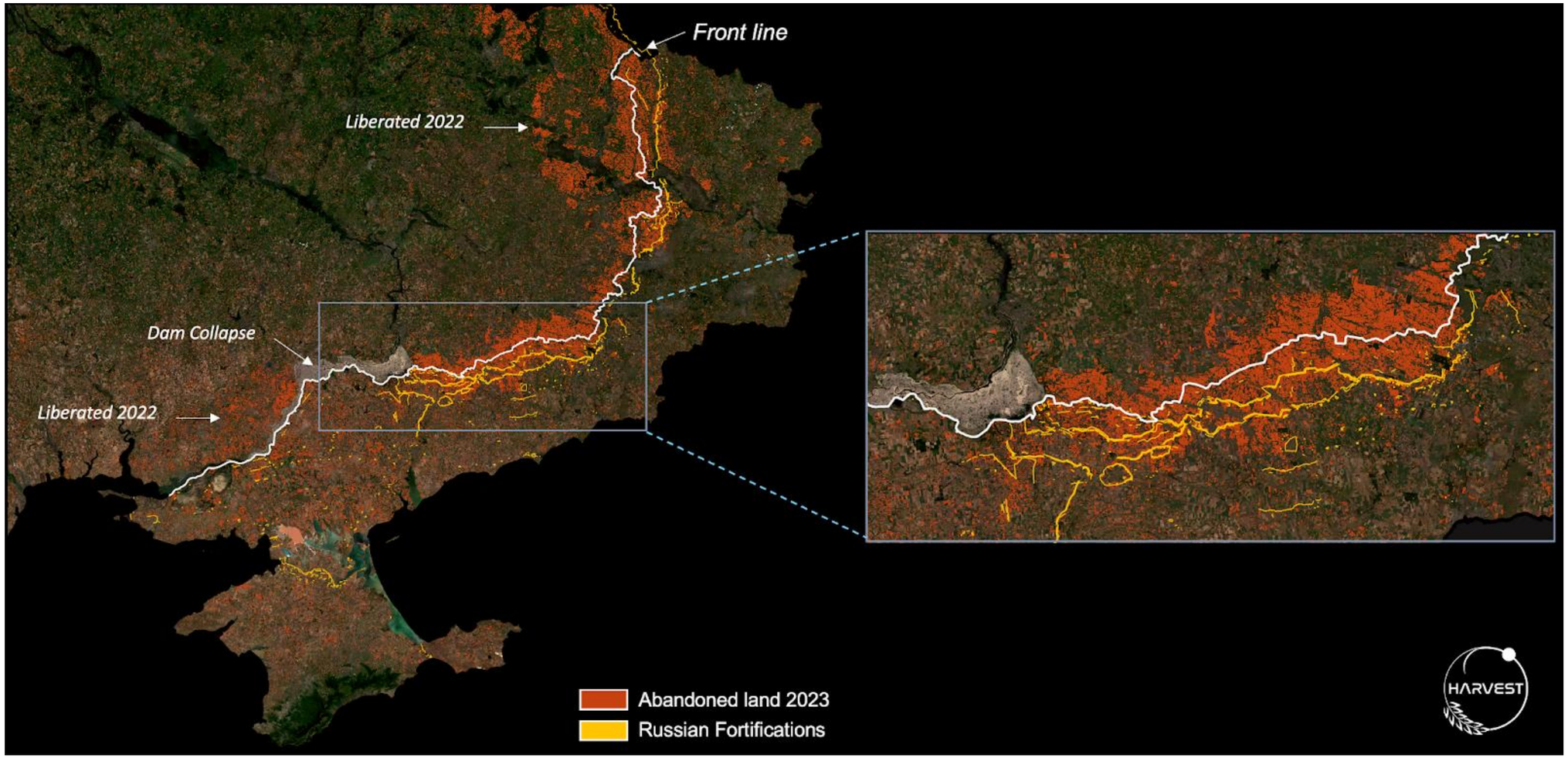
Перший заступник міністра ВИСОЦЬКИЙ





NASA Harvest: abandoned land 2023

Data: Planet, VHR data (proprietary)



https://nasaharvest.org/news/farming-amidst-war-satellite-data-reveals-productive-yet-challenging-season-ukraine

Harvesting of winter wheat fields

2022-03-30: Winter crop in "green"

2022-06-03: Good conditions early summer

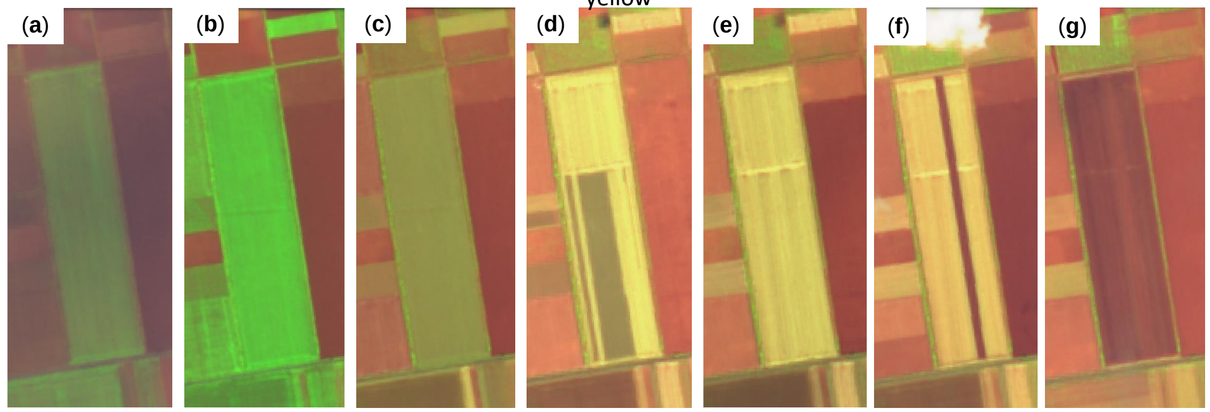
2022-07-03: Senescence

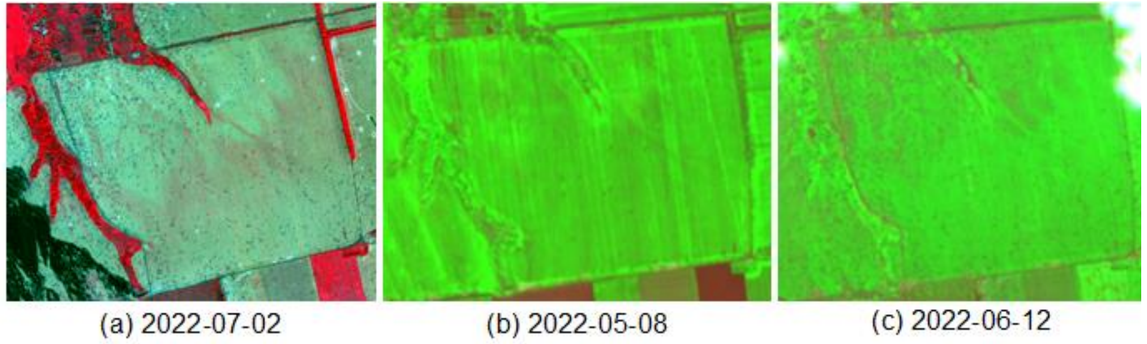
2022-07-15: Start of harvest. Crop residue in "yellow"

2022-07-18: Harvest complete

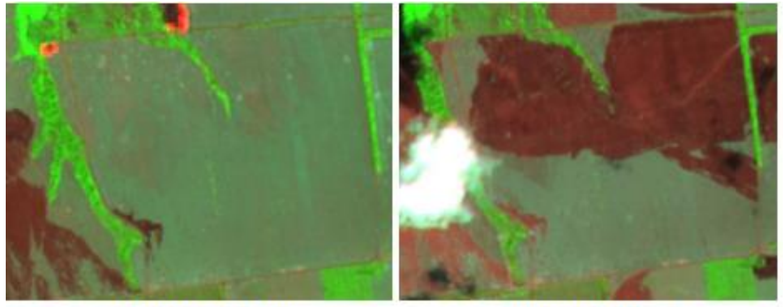
2022-07-23: Start of tilling

2022-07-30: Tilling complete



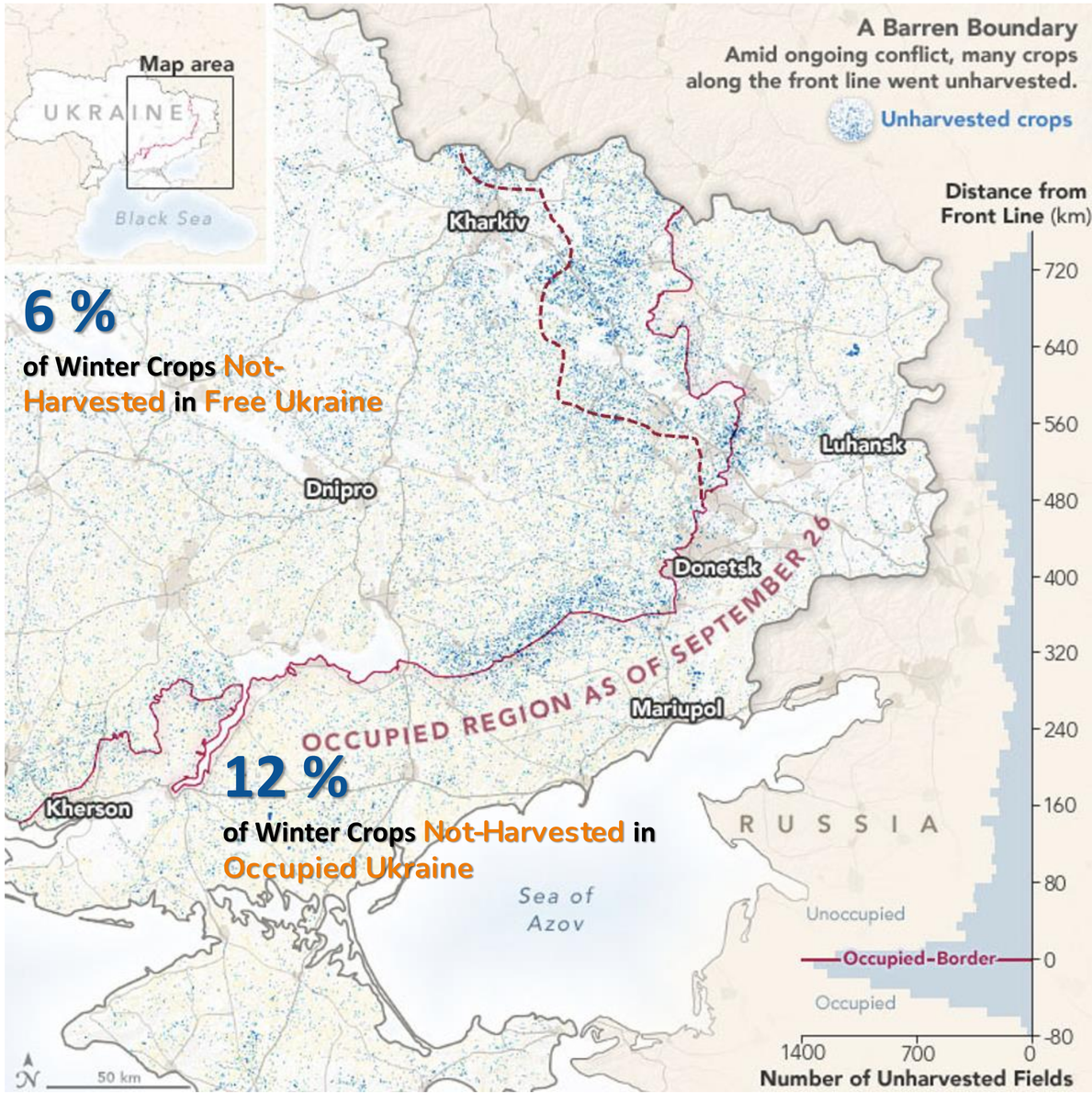


(a) 2022-07-02 (b) 2022-05-08 (c) 2022-06-12



(d) 2022-07-07 (e) 2022-07-17

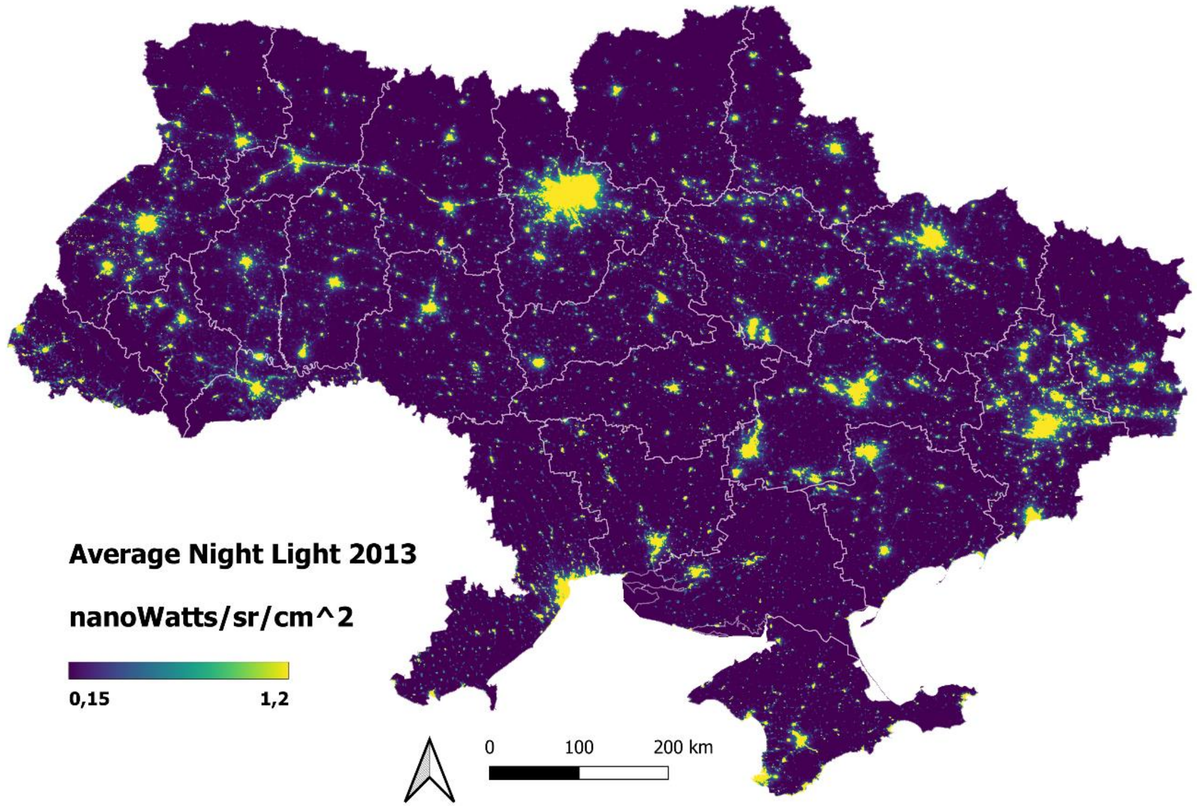
(a) SkySat false color (NIR-red-green) image. (b)-(e) Sentinel-2 false color (SWIR1-NIR-red). In Early May (b) the field was in very good condition; however, shelling occurred mid-June as seen by both Sentinel-2 (c) and SkySat (a). Fire onset is seen in (d) and the field is seen burned in (e).

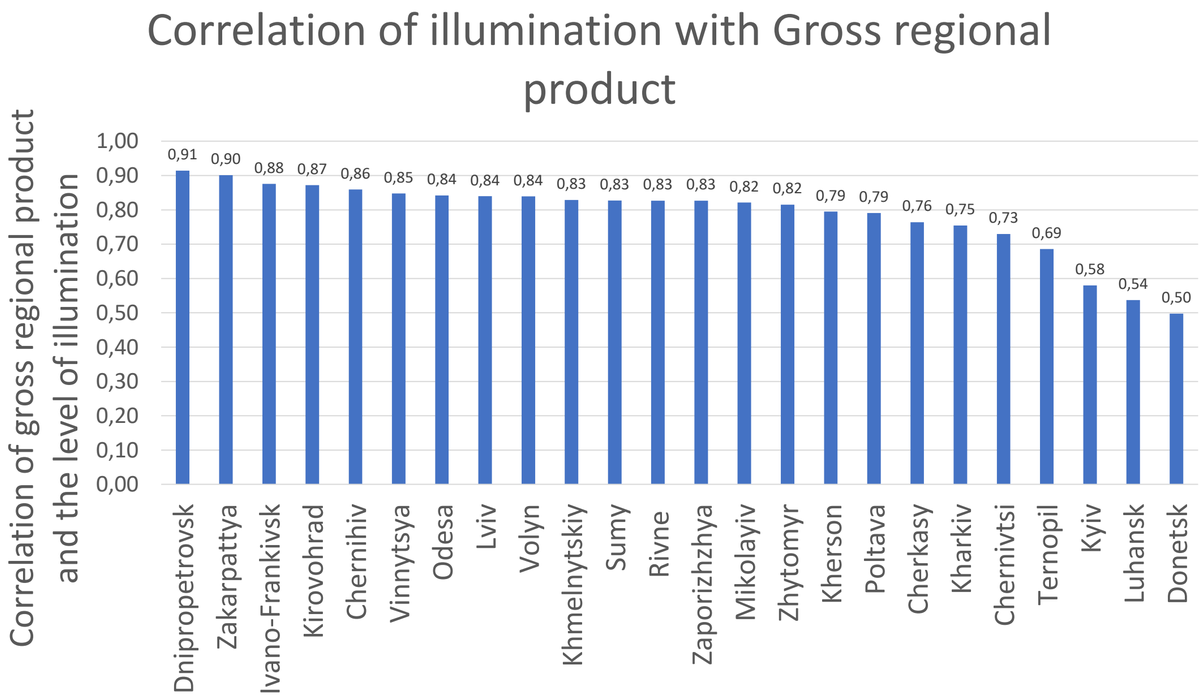


NightLight

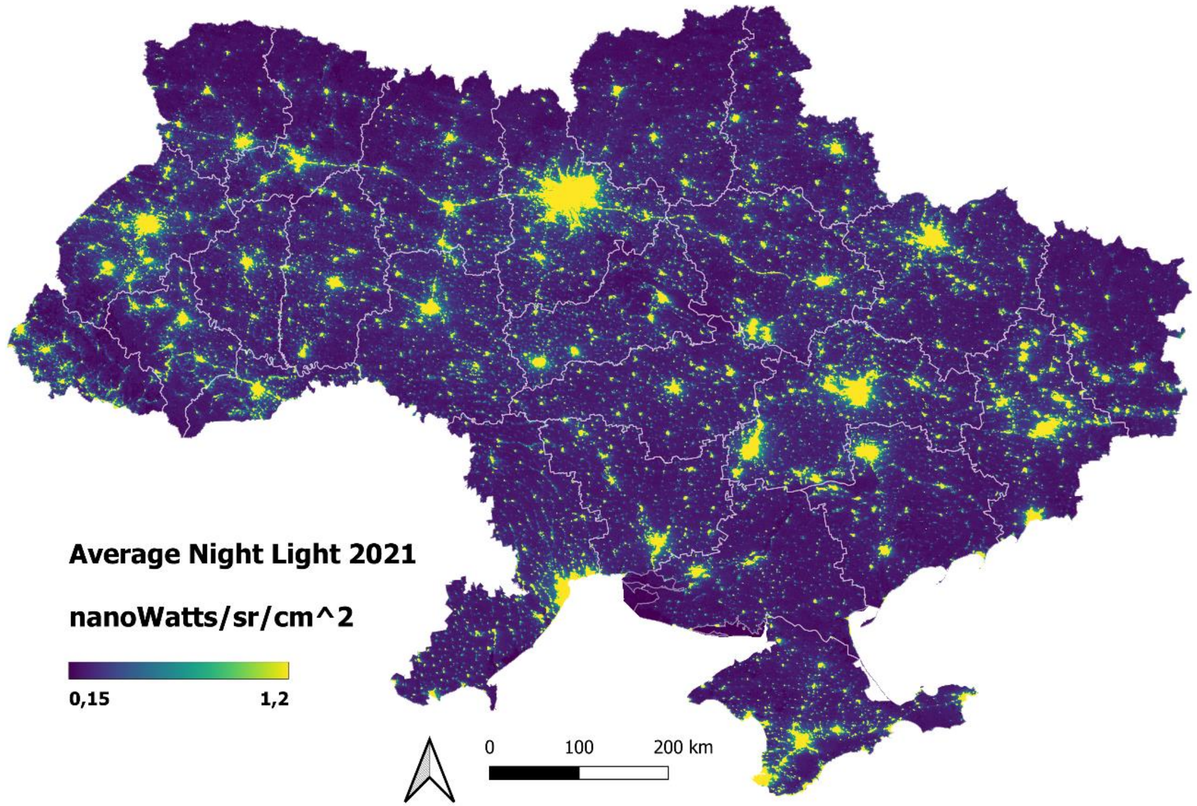
- Data Provider: NOAA/NASA
- Satellite Platform: Suomi National Polar-orbiting Partnership (Suomi NPP) and Joint Polar Satellite System (JPSS)
- Spatial Resolution: 750 meters
- Temporal Frequency: Nightly
- Instrument: Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS)
- Start Date: Data available from April 2012

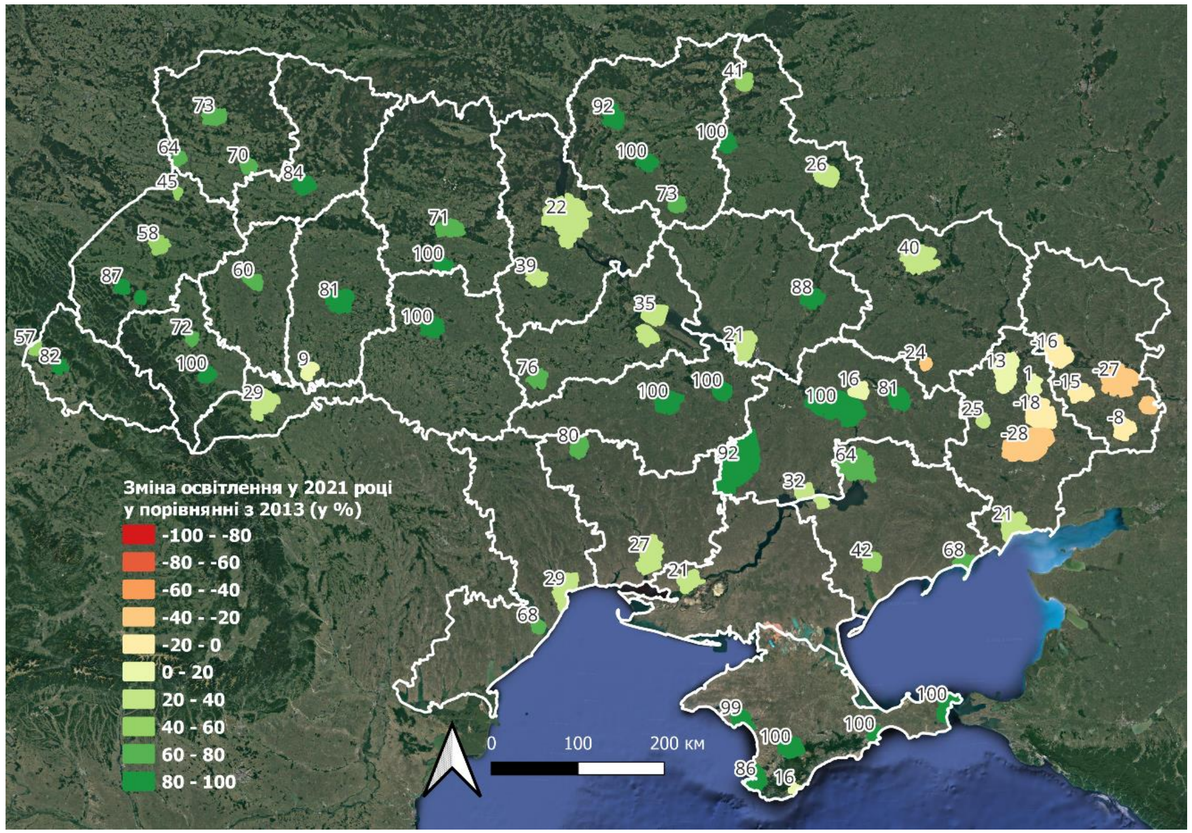
NightLight level 2013



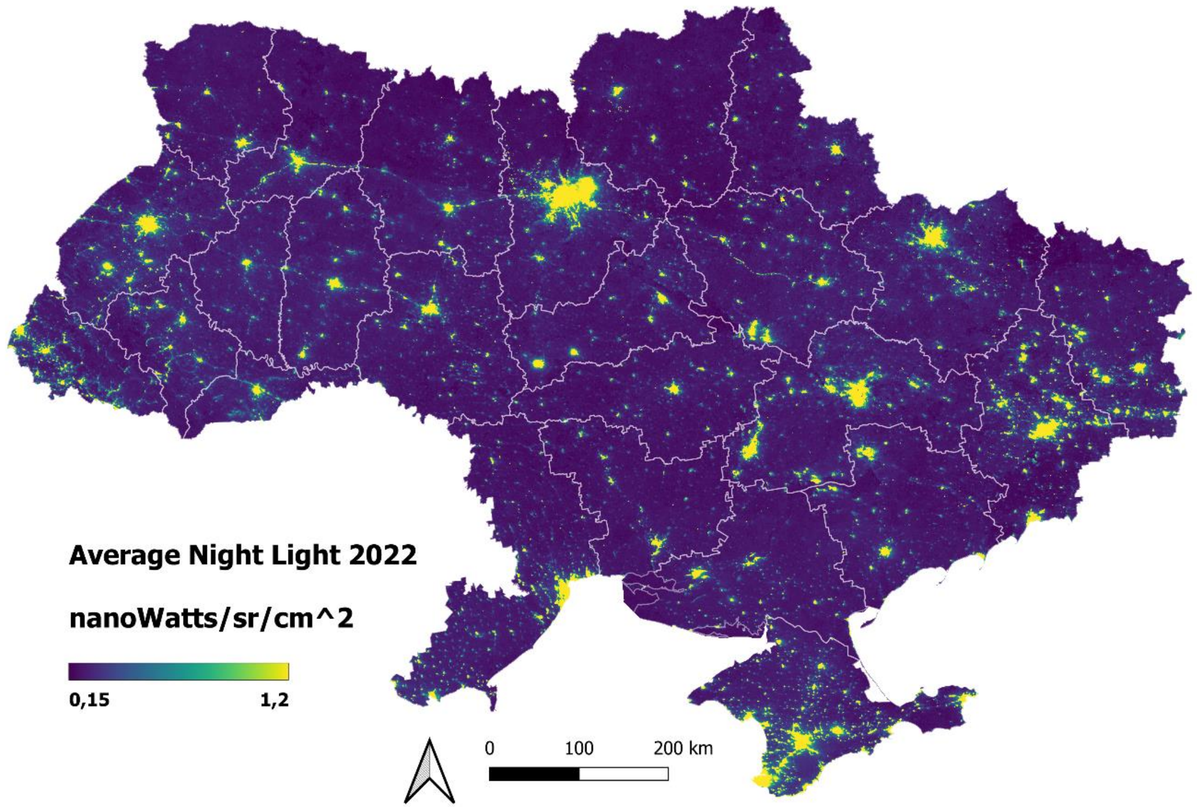


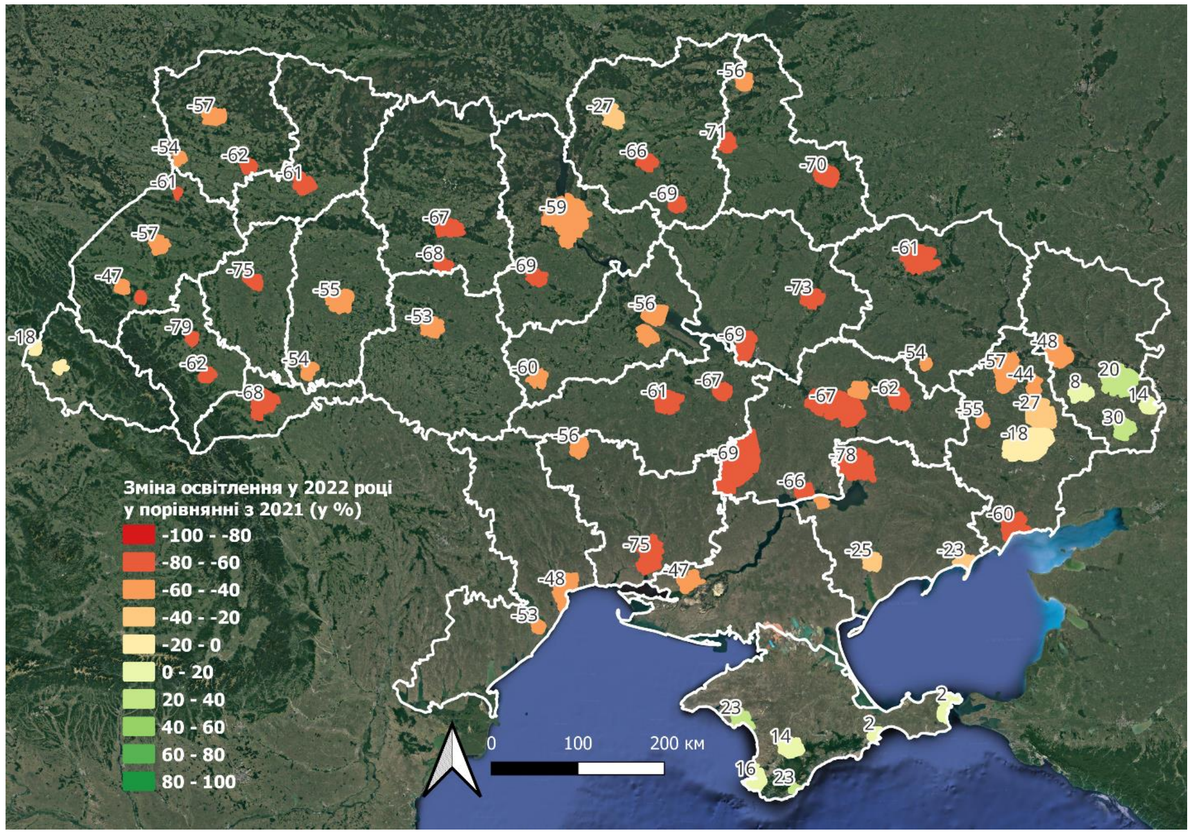
NightLight level 2021



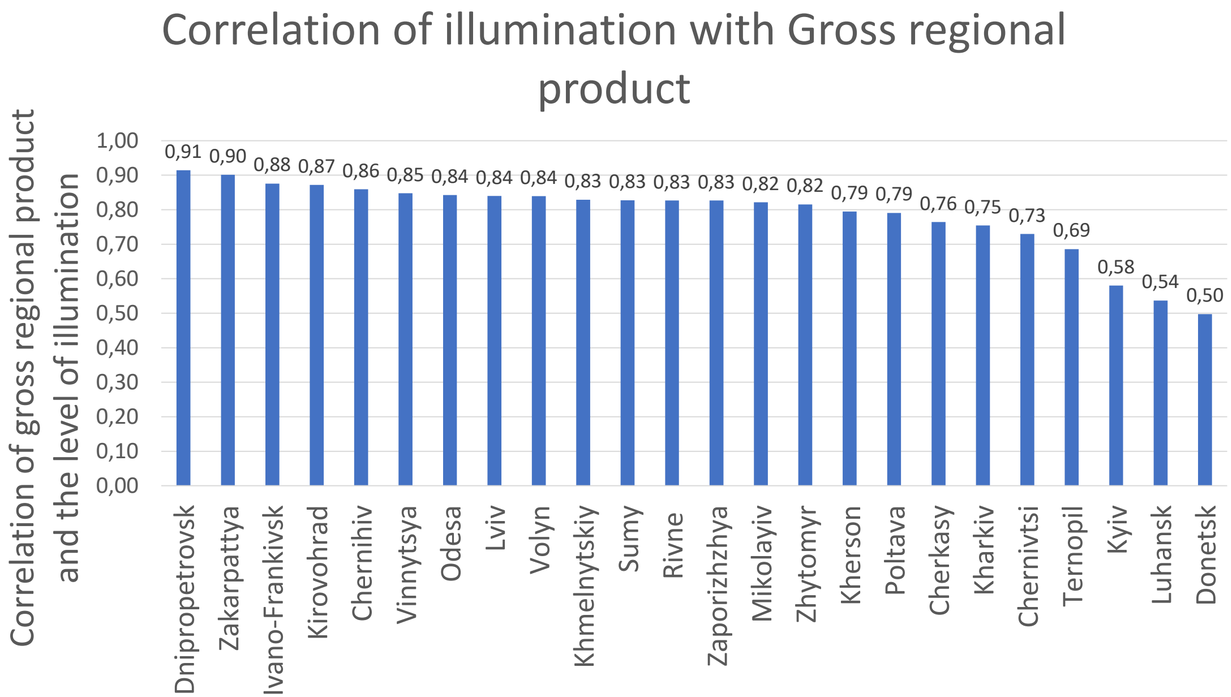


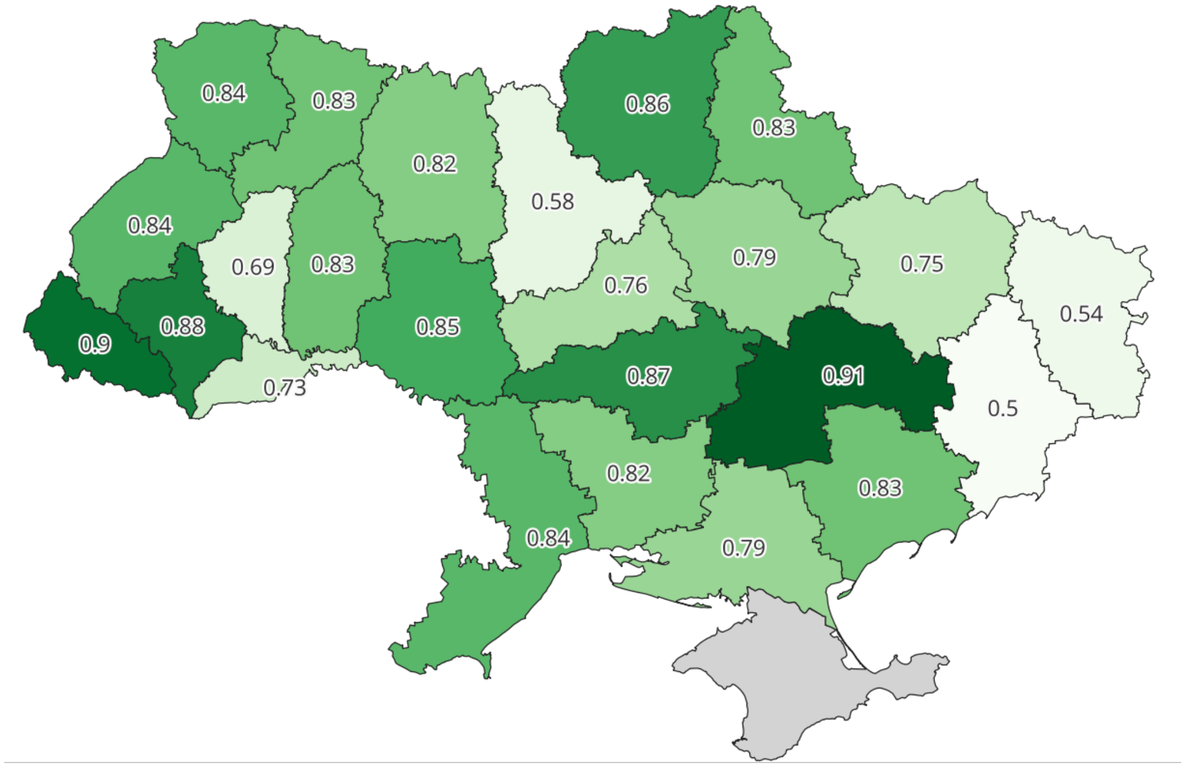
NightLight level 2022





Correlation of GRP with Night Light at oblast level from 2013 to 2021





Take-Home Message

- **Key Insights:**

1. Combining satellite data, machine learning, and economics enhances real-time monitoring and economic stability.

2. Partnerships across disciplines improve data collection, analysis, and policy application.

- **Strategic Directions:**

1. Utilize satellite data and machine learning for assessing war impacts and guiding recovery.

2. Strengthen interdisciplinary collaboration.

3. Implement innovations into policy-making.

Thank you!