

# Süsinikupõllundus – erinevad metoodikad süsiniku jalajälje mõõtmisel



**Alar Astover**

Eesti Maaülikool, põllumajandus- ja keskkonnainstituut,  
mullateaduse õppetool

7.12.2021 Teraviljafoorum



Euroopa Maaelu Arengu  
Põllumajandusfond:  
Euroopa investeringud  
maapirkondadesse

# Süsinikupõllundus (*carbon farming*)

Süsinikuvaru ja -voogude ning kasvuhoonegaasivoogude majandamine talu/põllu/maaüksuse tasandil eesmärgiga päästa maailma kliimat.

Roheline ärimudel, mis premeerib maaomanike, kes on rakendanud teatud maakasutustavasid.

*Adoption of more climate friendly management practices for soils and forests.  
Reward for additionally sequestered ton of carbon (EUR per ton of carbon).*

COWI, Ecologic Institute and IEEP (2021) Technical Guidance Handbook - setting up and implementing result-based carbon farming mechanisms in the EU Report to the European Commission, DG Climate Action, under Contract No. CLIMA/C.3/ETU/2018/007. COWI, Kongens Lyngby.

## Vähemaga rohkem

- vähem kasvuhoonegaaside emissioone
  - rohkem atmosfäärse süsiniku püsivat (vähemalt 20/50/100 aastat?) sidumist (mulda, puitu, ...)
- Samas ohverdamata teisi ühiskonnale vajalikke hüvesid (nt toidu jms biomassi toodang)



# Süsiniku jalajälg (*carbon footprint*)

+ on “halb” (emission)

- on “hea” (sidumine)

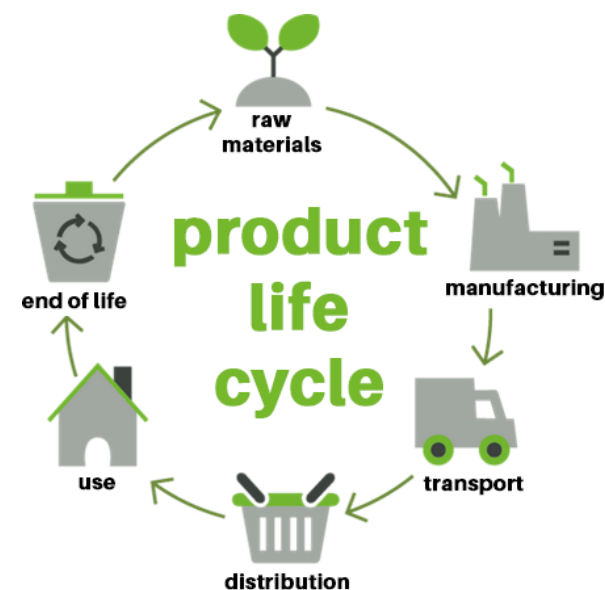
[https://www.toonpool.com/cartoons/Carbon%20foot%20print\\_60506](https://www.toonpool.com/cartoons/Carbon%20foot%20print_60506)

**Süsiniku jalajälg** on kvantitatiivselt väljendatud kasvuhoonegaaside ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ) heite koguhulk, mis tekib inimese, ettevõtte vms üksuse või mingi toote/teenuse **olelusringi** (*life cycle assessment LCA*) jooksul. Arvestus “sünnist surmani” (või isegi kaugemale).

Sageli arvestus nn ringi/ahela teatud vaheetapini ja siis teised kasutavad seda väärtust ahela järgmise osa arvutamisel.



Maismaal on peaaegu ainus siduja fotosünteesiv taim (arvesse läheb ainult pikaks ajaks seotu 20/50/100 a)



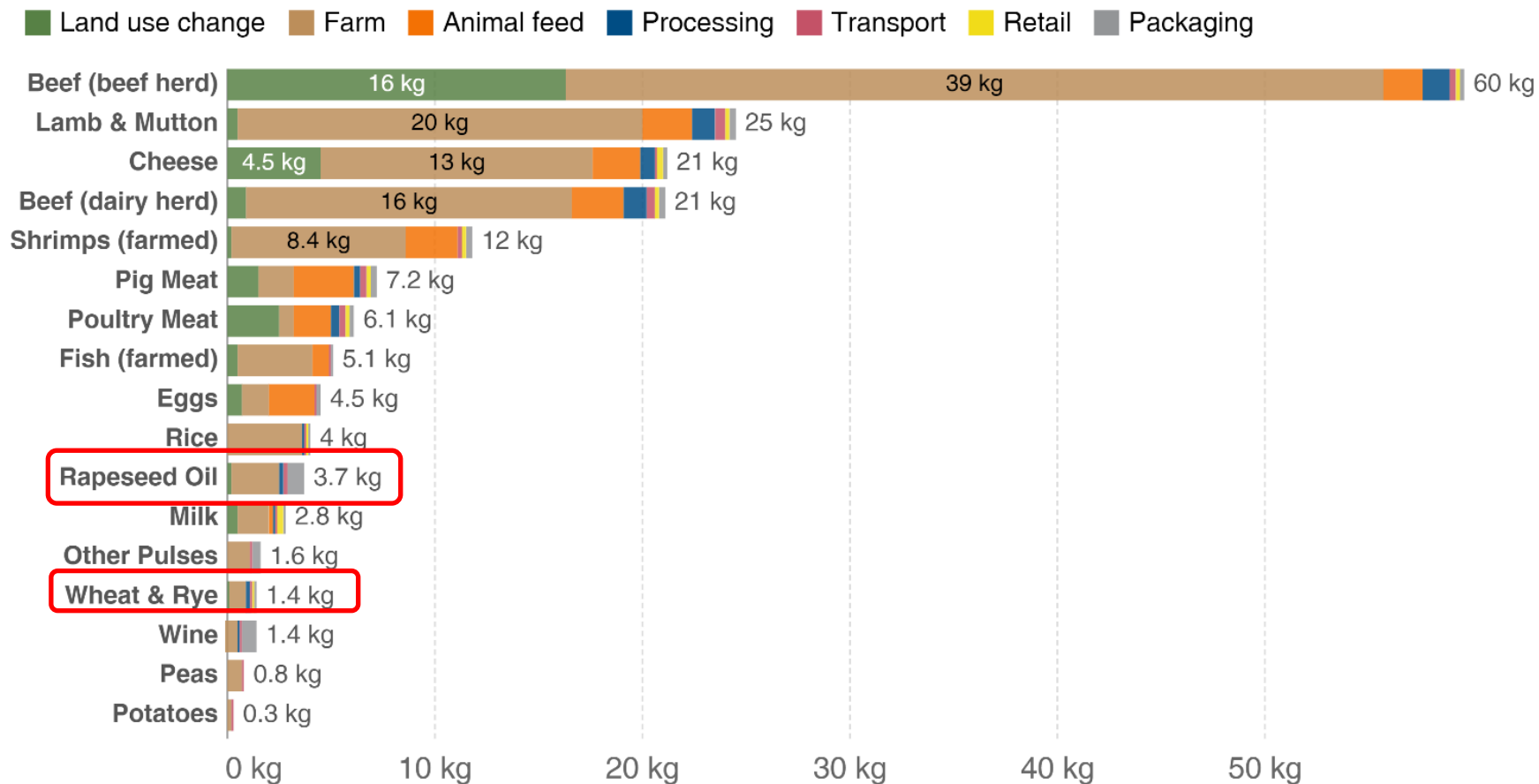
<https://altyor.com/wp-content/uploads/2021/03/cycle-de-vie-anglais.png>

7.12.2021 - Teraviljafoorum

- Mis ühiku kohta emissioon/sidumine ära jagada?
  - Pindala (kg CO<sub>2</sub>-ekv/ha)
  - Toodangu mass (kg CO<sub>2</sub>-ekv/kg)
  - Energia (kg CO<sub>2</sub>-ekv/MJ – kütteväärtus, söödaväärtus, toit ...)
  - Proteiin (kg CO<sub>2</sub>-ekv/g)
  - ...

# Food: greenhouse gas emissions across the supply chain

Greenhouse gas emissions are measured in kilograms of carbon dioxide equivalents (kgCO<sub>2</sub>eq) per kilogram of food. This means non-CO<sub>2</sub> greenhouse gases are included and weighted by their relative warming impact.



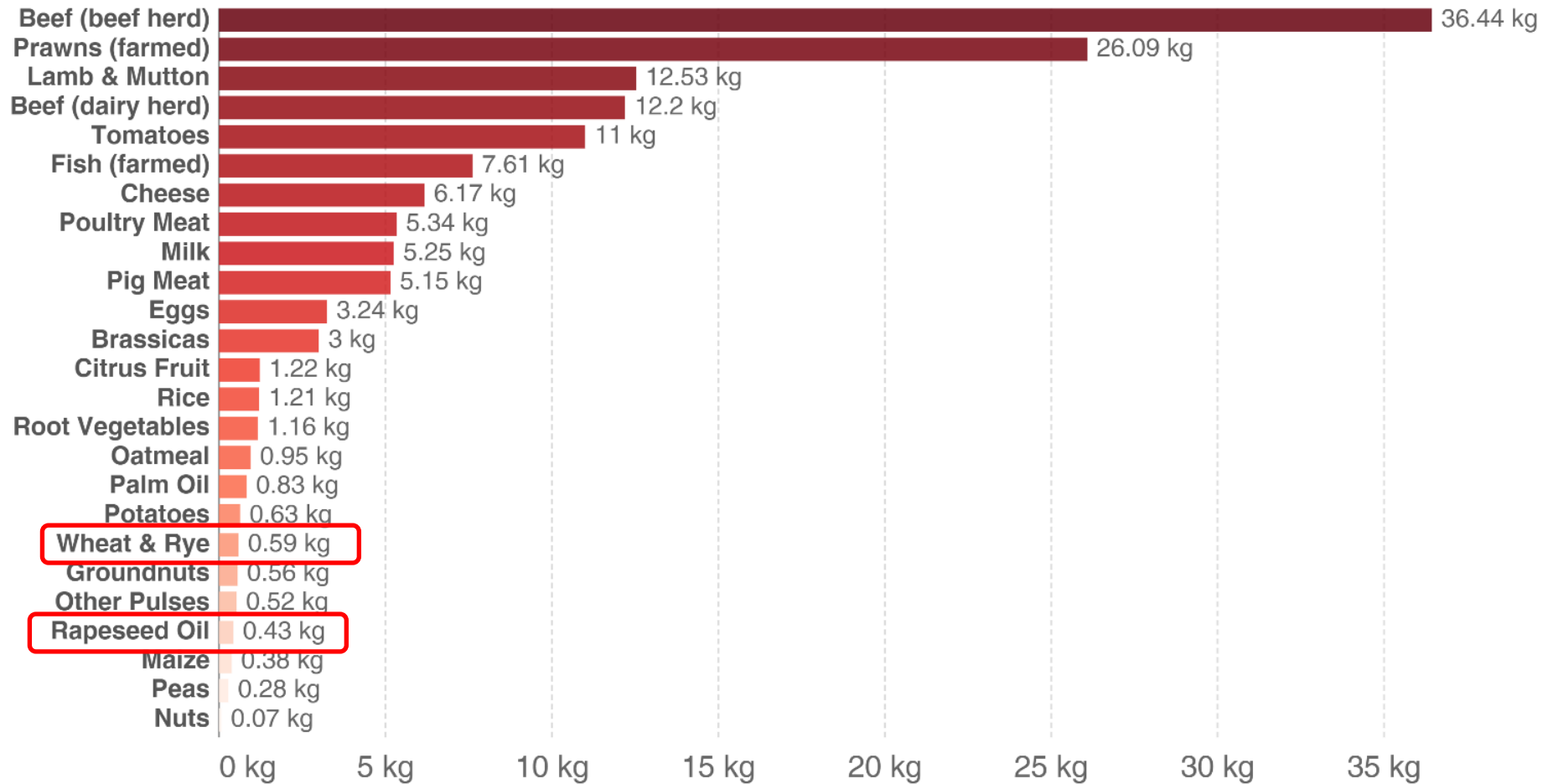
Source: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science.

Note: Data represents the global median greenhouse gas emissions of food products based on a large meta-analysis of food production covering 38,700 commercially viable farms in 119 countries.

OurWorldInData.org/environmental-impacts-of-food • CC BY

# Greenhouse gas emissions per 1000 kilocalories

Greenhouse gas emissions are measured in kilograms of carbon dioxide equivalents (kgCO<sub>2</sub>eq) per 1000 kilocalories. This means non-CO<sub>2</sub> greenhouse gases are included and weighted by their relative warming impact.



Source: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Additional calculations by Our World in Data.

Note: Data represents the global average greenhouse gas emissions of food products based on a large meta-analysis of food production covering 38,700 commercially viable farms in 119 countries.

OurWorldInData.org/environmental-impacts-of-food • CC BY

- Üldised põhimõtted ja enamasti arvestatavad osad kirjas riigi tasandi kasvuhoonegaaside inventuuri juhistes:

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

# Taimikasvatuse ahela osas võetakse enamasti arvesse

- Otsene energiakulu: põllutööde ja transpordi kütusekulu (diisel, adblue?), kuivatus (mis energia?), sorteerimine (elekter)
- Mineraalväetiste tootmine (N 2,9 CO<sub>2</sub>-ekv/kg; P 0,71 CO<sub>2</sub>-ekv/kg; K 0,46 kg CO<sub>2</sub>-ekv)
- Taimekaitsevahendite tootmine (9,7 CO<sub>2</sub>-ekv/kg)
- Lubiväetise (CaCO<sub>3</sub>) kasutamine
- Karbamiidi kasutamine
- Masinate tootmine, hoonete rajamine (see jäetakse enamasti välja)
- Otsene ja kaudne N<sub>2</sub>O emissioon
- Mulla orgaanilise süsiniku varu muutus (olemuselt ainuke koht, kus saab miinus tekkida)
- Seemnete sisend?



Table 3: Reference carbon footprint (CFP) values for main mineral fertilizer products from different regions (reference year 2011)

Fertilizer product	Nutrient content	CFP at plant gate (kg CO <sub>2</sub> e/kg product)			
		Europe	Russia <sup>c</sup>	USA <sup>c</sup>	China <sup>c</sup>
Ammonium nitrate	AN 33.5% N	1.18	2.85	2.52	3.47
Calcium ammonium nitrate	CAN 27% N	1.00	2.35	2.08	2.86
Ammonium nitrosulphate	ANS 26% N, 14% S	0.82	1.58	1.44	2.22
Calcium nitrate <sup>a</sup>	CN 15.5% N	0.67	2.03	1.76	2.20
Ammonium sulphate	AS 21% N, 24% S	0.57	0.71	0.69	1.36
Di-ammonium phosphate	DAP 18% N, 46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.64	0.81	0.73	1.33
Urea <sup>b</sup>	Urea 46% N	0.89	1.18	1.18	2.51
Urea ammonium nitrate <sup>b</sup>	UAN 30% N	0.81	1.65	1.50	2.37
NPK 15-15-15	NPK 15% N, 15% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 15% K <sub>2</sub> O	0.73	1.40	1.27	1.73
Triple superphosphate	TSP 48% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.18	0.25	0.19	0.26
Muriate of potash	MOP 60% K <sub>2</sub> O	0.23	0.23	0.23	0.23

<sup>a</sup> CN is assumed to be produced as co-product from NPK production via nitro-phosphate route (EFMA, 2000c)

<sup>b</sup> Urea and UAN contain CO<sub>2</sub>, which will be released shortly upon application to soil (0.73 kg CO<sub>2</sub>/kg urea and 0.25 kg CO<sub>2</sub>/kg UAN). This amount is not included in the plant gate CFP.

<sup>c</sup> For Russia, USA and China specific values were used for energy supply, energy consumption for ammonia production and N<sub>2</sub>O emissions from nitric acid production. All other values are equal to Europe. Specific assumption for China: 80% of ammonia production is based on hard coal; remainder on natural gas (IFA, 2009).

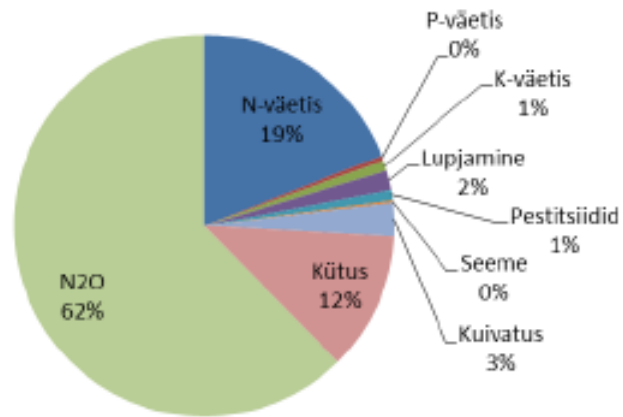
- N<sub>2</sub>O emissioonid: väetised (nii mineraal kui org), taimejäänused, muld, leostumine. N<sub>2</sub>O 265 (298) korda tugevam kasvuhoonegaas kui CO<sub>2</sub>
- Olen kasutanud seda kalkulaatorit <https://gnoc.jrc.ec.europa.eu/>

The screenshot shows the Gnoc Global Nitrous Oxide Calculator interface. The browser address bar shows <https://gnoc.jrc.ec.europa.eu/>. The page header includes the European Commission logo and the text "JOINT RESEARCH CENTRE Gnoc - Global Nitrous Oxide Calculator".

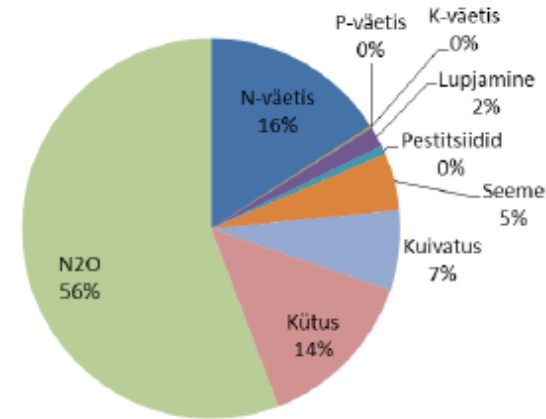
The interface is divided into several sections:

- Location:** Place: Estonia. Coordinates: x [25.4772], y [58.6720].
- Select/Insert Parameters:**
  - Crop: Barley
  - Soil Type: mineral
  - Irrigation: no
  - Fresh Yield [kg ha<sup>-1</sup>]: 5000
  - Mineral Fertilizer F<sub>SN</sub> [kg N ha<sup>-1</sup>]: 100
  - Manure F<sub>ON</sub> [kg N ha<sup>-1</sup>]: 50
- Environmental Parameters:**
  - Eco-Climatic Zone: Temperate Moist
  - Climate Class: Temperate Oceanic
  - Vegetation Class: Cereals
  - Soil pH: 5.5 - 7.3
  - Soil Organic C (%): 1-3
  - Soil Texture: Medium
  - Leaching: yes
- Result: Total N<sub>2</sub>O Emissions:**
  - Location ID: 2466 - 376
  - Country name: ESTONIA
  - Total soil N<sub>2</sub>O emissions [kg N<sub>2</sub>O-N ha<sup>-1</sup>]: 2.4474
  - Total soil N<sub>2</sub>O emissions [g CO<sub>2</sub>eq MJ<sup>-1</sup><sub>crop</sub>]: 15.5879

A map on the right shows the location in Estonia. Below the map, there is a link to the "Information Section" and a note about the last update of the Gnoc website (27.05.2014). A "Source" section provides a reference to the Gnoc method description.



Joonis 1. Kasvuhoonegaaside emissiooni (CO<sub>2</sub>-ekvivalendi alusel) lähteallikate jaotus rapsi kasvatamisel Eesti keskmisena

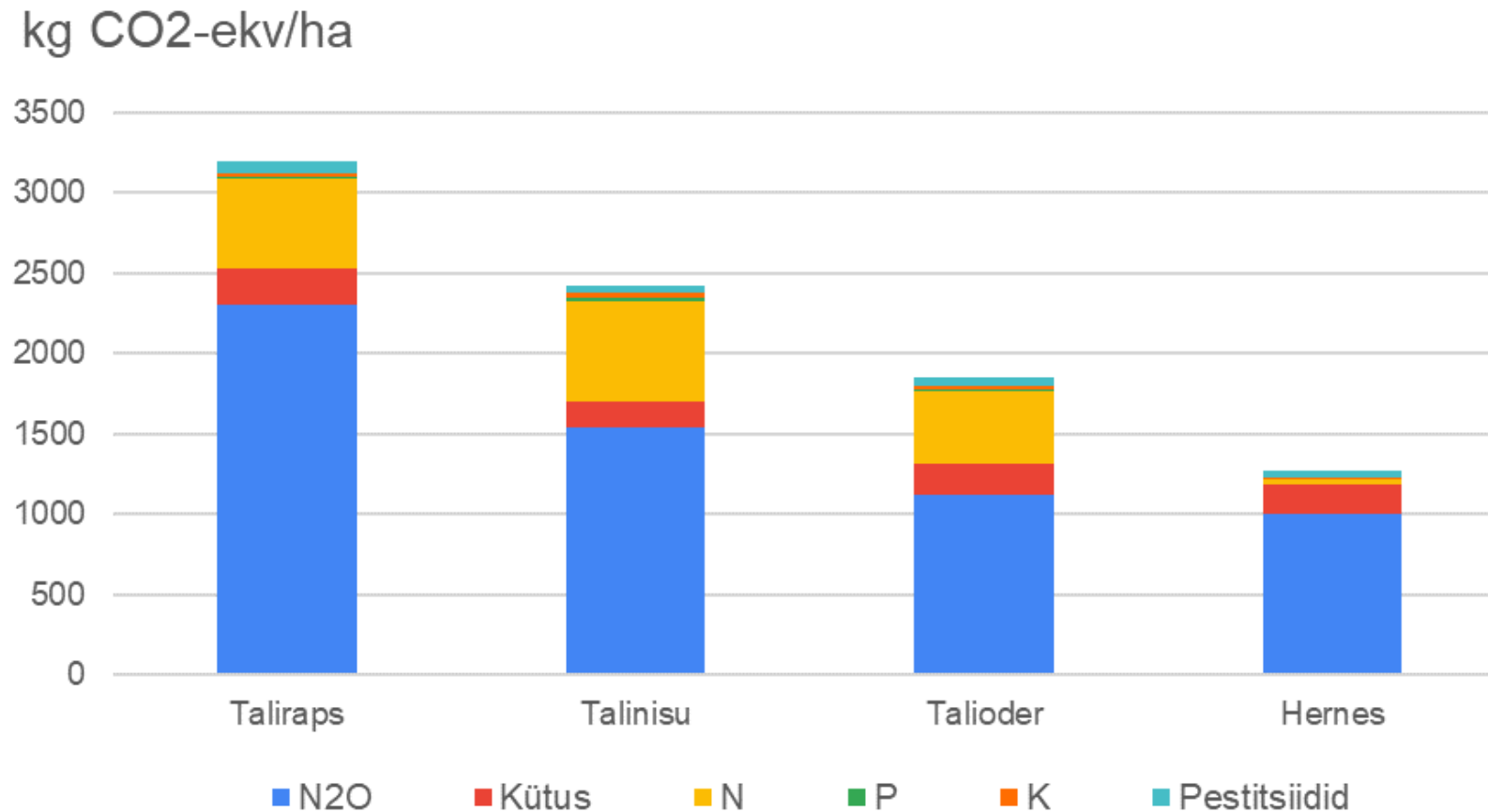


Joonis 2. Kasvuhoonegaaside emissiooni (CO<sub>2</sub>-ekvivalendi alusel) lähteallikate jaotus suvinisu kasvatamisel Eesti keskmisena

## Rapsi, nisu, rukki, odra ja tritikale viljeluse keskmiste kasvuhoonegaaside heitkoguste arvutamise meetoodika väljatöötamine ja rakendamine Eestis

Astover jt 2015

- Viljelusvõistlus 2021
- Otsesed ja kaudsed emissioonid (ilma mulla  $C_{org}$  varu muutuseta) põldude keskmine, arvestus pindala kohta



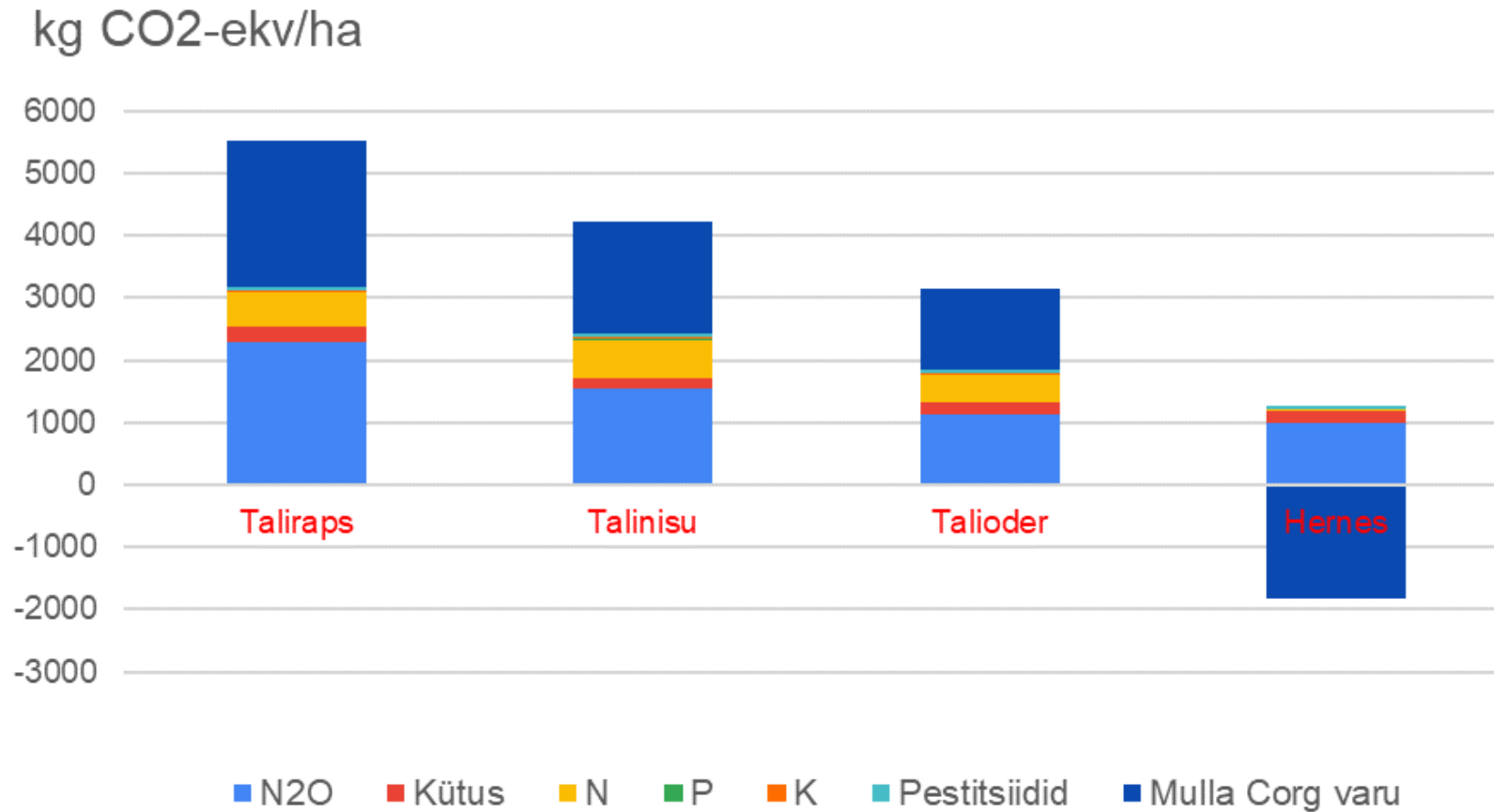
# Kuidas mulla orgaanilise süsiniku varu muutust hinnata?

- Mõõda, raporteeri ja tõenda (measurement, reporting, verification)
  - kui “nõuetekohaselt” teha, siis töömahukas ja kulukas
  - tulemuse saamiseks pead enamasti 5/10+ aastat ootama
  - 100% garantiid pole, et muutus soovitus suunas
- Modelleeri. Dünaamilised mudelid – nt RothC, staatilised mudelid – huumusbilansi kalkulaator. Kõik mudelid valetavad, mõned neist võivad olla kasulikud.
- Kui süsinikukrediidi äri eesmärgil, siis mõlemal juhul peab ka kolmas sõltumatu osapool kaasatud olema...
- Kas kohustus ka mõnda “uut ja heakskiidetud” praktikat rakendada või piisab kui tõendada süsinikuvaru kasvu?



- Viljelusvõistlus 2021
- Otssesed ja kaudsed emissioonid (koo mulla  $C_{org}$  varu muutusega – Maaülikooli huumusbilansi kalkulaator)

põldude keskmine, arvestus pindala kohta



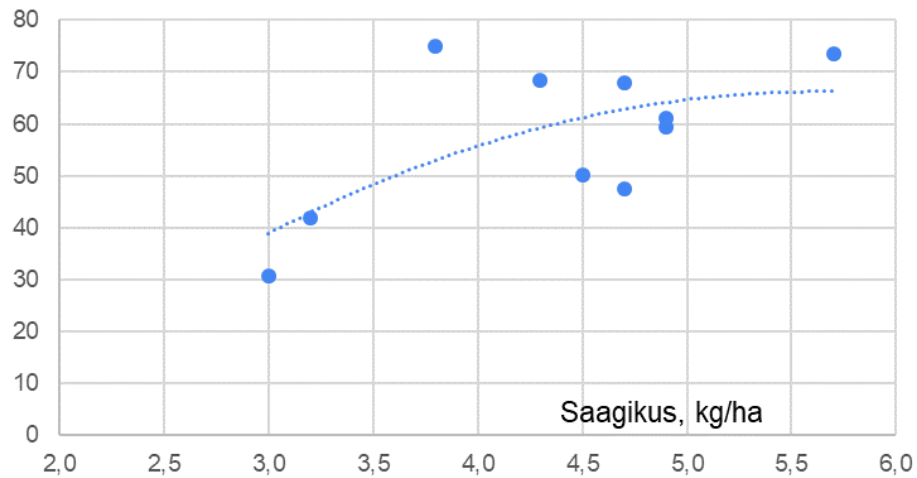
# Süsiniku jalajälg CO<sub>2</sub>-ekv/GJ (inimtoidu energiale teisendatuna) Viljelusvõistlus 2021

Kultuur	CO <sub>2</sub> -ekv kg/GJ	Parim tulemus
Taliraps	58	31
Talinisu	35	10
Talioder	29	15
Hernes	-11	-13

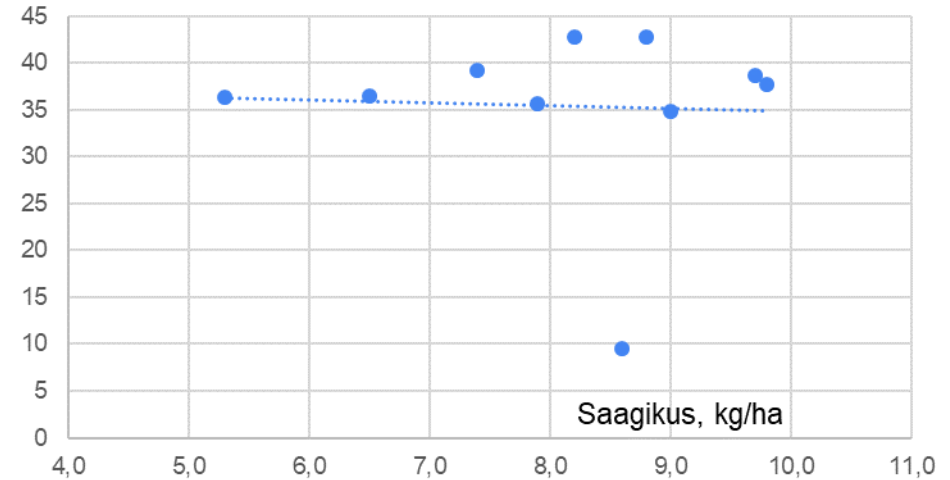
# Viljelusvõistlus 2021

## Saagikus versus süsiniku jalajälg

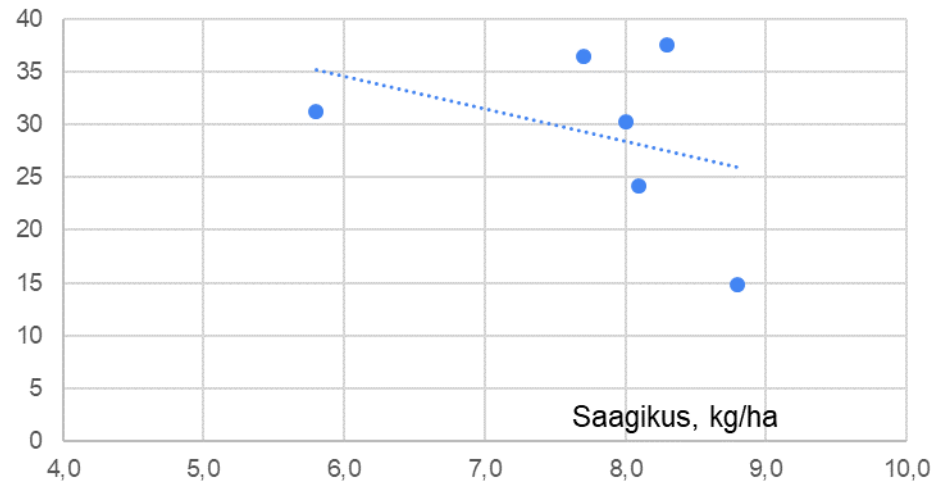
CO2-ekv/GJ Taliraps



CO2-ekv/GJ Talinisu



CO2-ekv/GJ Talioder





- Taimejäänustest, tavalisest orgaanilisest väetisest muundub mulla püsivaks orgaaniliseks aineks mitte rohkem kui 5-20%, aga kui panekski mulda juba püsivamale kujule muundatud orgaanikat näiteks biosöena...?

Biosöega põldkatse Ahjal (eestvedaja Henn Raave)

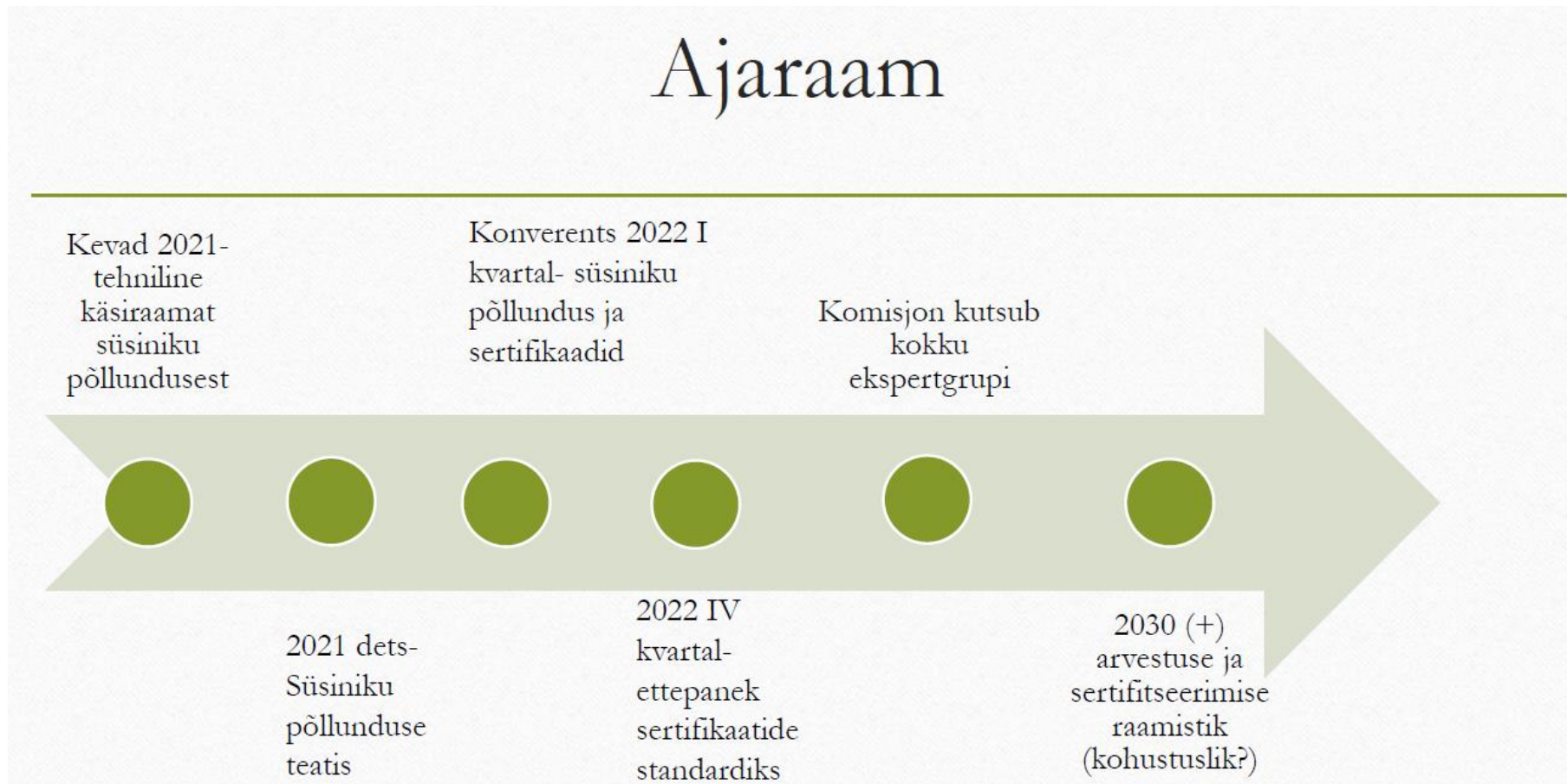
2011.a. kevadel anti põllule biosütt 50 t/ha (C sisend: 42 t C/ha)

- Corg varu 0–20 cm mullakihis
  - 2011. aastal enne katse algust: 29,4 t/ha
  - 2020. aastal: biosöega 49,1 t/ha ja biosöeta 32,0 t/ha
- Netokasv +17,1 t/ha (hetkel siis ca 10 aasta vaade)



7.12.2021 - Teraviljafoorum

- Euroopa Komisjoni plaan liikumaks ühtsema süsinikupõllunduse arvepidamise ja sertifitseerimise suunas



Madis Pärtel, 3.12.2021 ettekanne XII Mullapäeval

# Aasta muld 2021

## Rähkmuld – kivine viljakus



Alar Astover, professor

E-mail: [alar.astover@emu.ee](mailto:alar.astover@emu.ee)

AASTA MULD 2021

### Rähkmuld

Tähistus: K Calcaric Cambisol; Regosol (WRB)

Rähkmuld – kivine viljakus

Rähkmullad on kujunenud lubjakivirikastel lähtekivimittel ja nende tunnuseks on karbonaatide esinemine pindmises 30 cm-s kihis. Põhjarannikul on mullaprofiilis tihti paekivi, lõuna pool on sellel lasuva karbonaatse rähkmoreeni tusedus suurem. Rähkmullad on neutraalse reaktsiooniga ja toitainerikkad. Nende viljakus varieerub väga suurtes piirides, sõltudes koresesisaldusest ja huumuskihi tusedusest.

Koreserohkuse ja õhukese muldkatte korral on nad põukartlikud ja raskesti haritavad. Samas leidub põldudel ka tusedaid, vähese rahasaldusega viljakaid rähkmuldi. Looduslikel aladel (puisniitudel) on rohttaimestik väga liigirikas, esineb kadakat ja sarapuud ning mitmeid lehtpuid. Metsakooslus sõltub veehoiuvõimest: kuivematel, õhema huumushorisondiga aladel on männikud, niiskematel aladel kuuse-segametsad.

Rähkmullad ja gleistunud rähkmullad moodustavad 6,3% kogu Eesti mullastikust ja 11,1% põllumaast. Rähkmuldade peamine levikuala on Põhja- ja Looe-Eesti ning saared. Ülekaalus on need Harju, Lääne ja Saare maakonnas. Piiratult esineb rähkmuldi Otepää ja Haanja kõrgustikul üksikute kõrgendike lagedel ja nõlvadel.

Tekst: Enn Leedu, Alar Astover Foto: Endla Reintam  
Kaart: Priit Penu, Tambe Kikas Valjaandja: Eesti Maaülikool, 2020

AASTA MULD 2021

### Rähkmuld

Calcaric Cambisol; Regosol (WRB)

0 CM  
10  
20  
30  
40  
50  
60

0 CM  
10  
20  
30  
40  
50  
60

www.emu.ee