

cleanest 



# Taimetoitelementide bilansid



Euroopa Maaelu Arengu  
Põllumajandusfond:  
Euroopa investeeringud  
maapirkondadesse

**Alar Astover,  
Maaülikool, mullateaduse õppetool**

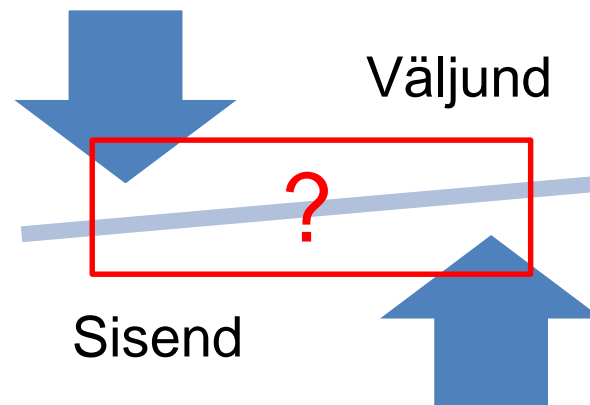
EPKK infopäev „Veekaitse infopäev: karst põllumaal“

# Põhimõisted

- **Taimetoiteelement** on keemiline elemente (N, P jne), mis on vajalikud taime kasvamiseks ja arenemiseks ning millest ühtegi ei ole talle omaste funktsioonide tõttu võimalik asendada mõne teise keemilise elemendiga.
- **Taimetoitaine** on iooni või molekul, millena taime neid elemente omastab. Mittemineraalseid elemente (H, C, O) omastab taime veest ja süsihappegaasist. Mineraalseid elemente saab taime peamiselt mullast lahustunud ionide kujul – anioonidena (nt  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ) või katioonidena (nt  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ).
- **Bilanss** on arvutuslik näitaja, mis leitakse ajas ja ruumis kokkulepitud süsteemi piires konkreetse elemendi sisendite ja väljundite vahena.

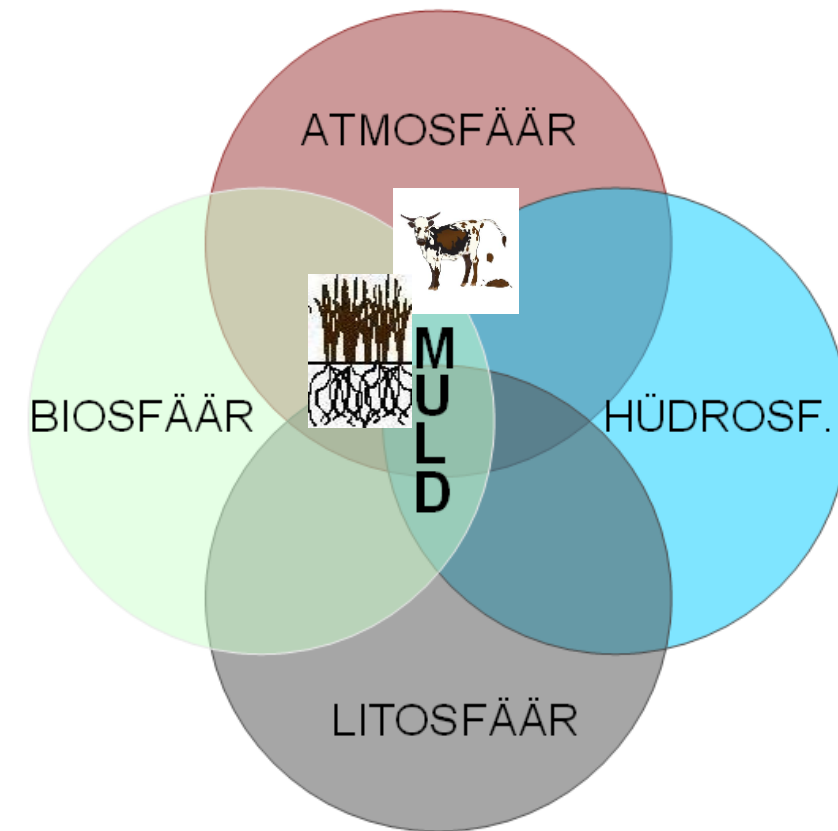
Toiteelementide bilansse on vaja teada:

- taimede toitumise ja väetamise optimaalseks planeerimiseks (saagikus, saagi kvaliteet, tasuvus)
- mullaviljakuse säilitamiseks või parandamiseks
- keskkonnakaitselisteks hinnanguteks ja meetmeteks (mulla-, vee- ja õhukaitse) – siit ka suunised poliitikast ja seadusandlusest

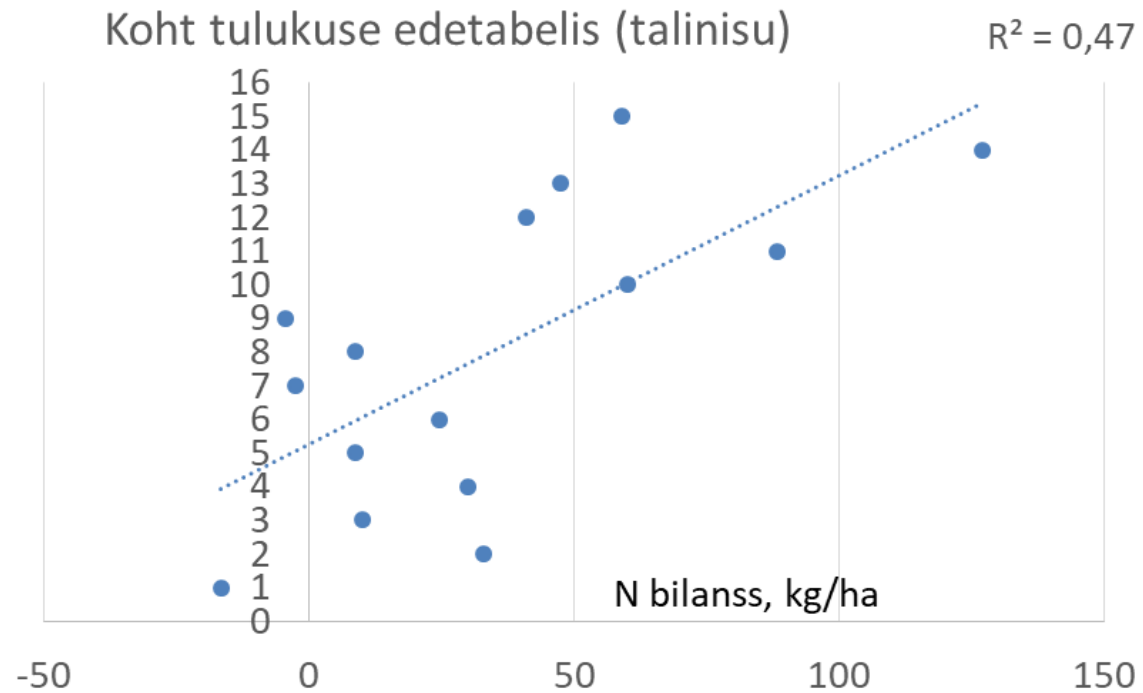


# Miks bilanssi arvestada? Põllumajandus ja keskkonnamõju

- Iga inimtegevus, sh põllumajandus mõjutab paratamult looduskeskkonda
- Mis mida või keda (**vesi**, õhk, muld, elustik) ohustab?
- Mis ohustab veekeskkonda?
  - Saasteained (pestitsiidid ja nende lagunemise tooted, ravimijäätmed, raskmetallid, ...)
  - **Toiteelemendid N ja P liigses koguses** (need ringlevad ka inimõhustikus, ent põllumajanduses intensiivistamine nende voogusid ja kao riskid suurenevad)
- Punktreostus, hajukoormus
- Ainete vool ja muundumise protsessid olemuselt siiski kõik ülimalt lokaalsed! Seda eriti taim-muld süsteemis.



- N bilansi üleküllus – võimalik keskkonnakoormus, ent tegelikult veel reaalsem ja tugevam seos...
  - majandusliku edukusega

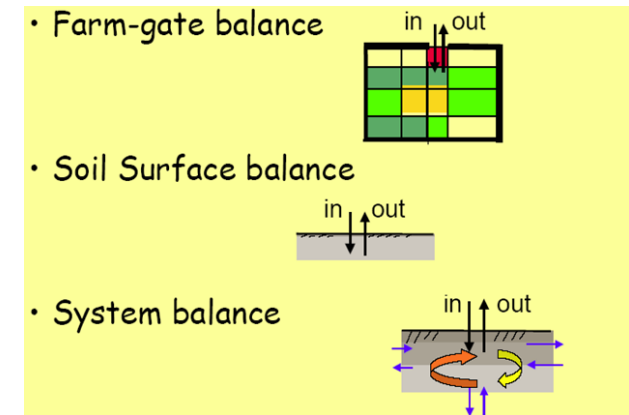


Viljelusvõistluse andmestik 2020

- NPK bilansiarvestus
  - Sisend miinus väljund
  - Lihtsast arvutusest kuni keerukamate mudeliteni
  - Arvutuse tasemed ja meetodid võivad suuresti erineda
    - Tasemed (süsteemi piirid): põld-talu-valgala-maakond-riik-globaalne
    - Mis sisendid ja väljundid arvesse võetakse?
  - Tõlgendamine on oluline
    - Kaudne indikaator (agronoomilisest) efektiivsusest ja potentsiaalsest keskkonnamõjust
    - Üksiku aasta tulem pole alati veel määrav (st ära satu paanikasse)
    - Üleküllus  $\neq$  100% kadu
    - Defitsiit  $\neq$  100% mullaviljakuse langus

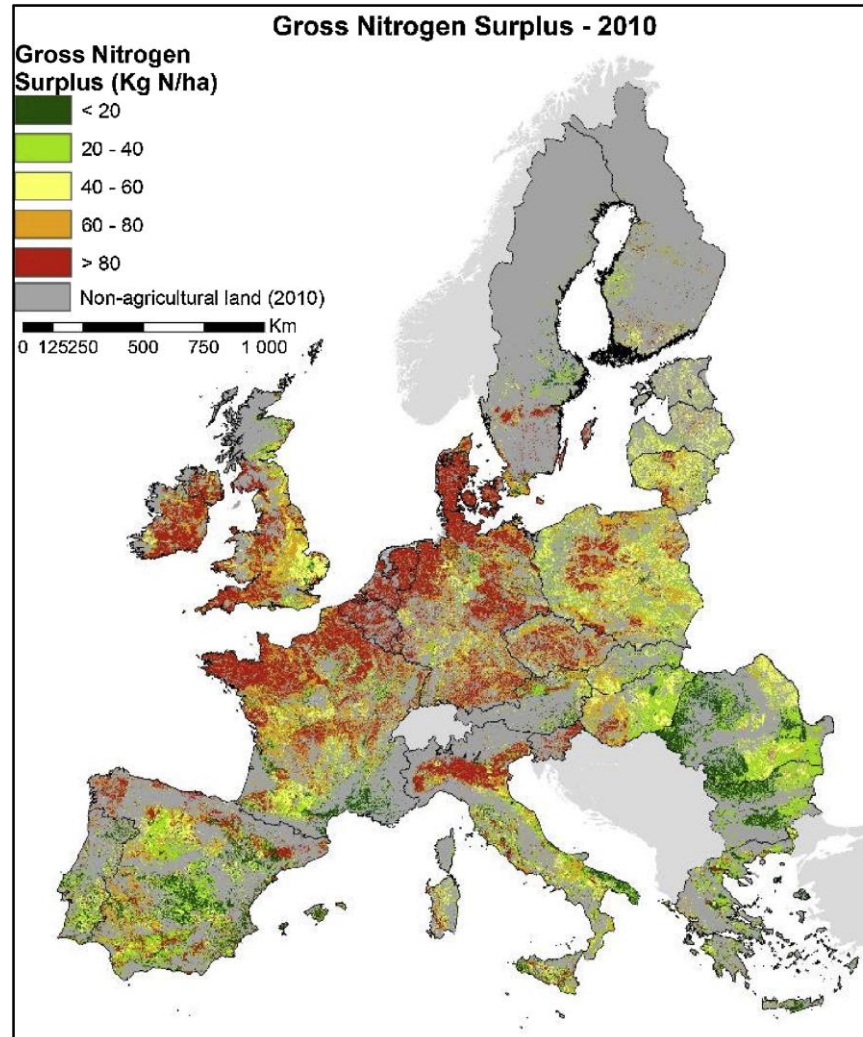
# Enamlevinud bilansiarvestuse meetodid

- **Taluvärava bilanss** (*farm gate budget*) on arvutus, kus süsteemi piiriks on põllumajandusettevõtte. Sisendid (nt ostetud väetised) ja väljundid (nt müüdüd toodang) võetakse arvesse kalendriaasta vaates peamiselt raamatupidamislikele andmetele tuginedes.
- **Maa bilanss** (*land budget*) ja **mulla bilanss** (*soil surface budget*) on arvutused, kus süsteemi piiriks on tinglikult põllumajandusmaa või mulla pind.  
Sellist arvepidamist tehakse riigi/regiooni tasandil ([OECD/Eurostat ühine metoodika](#) N ja P bilansi arvestamiseks) ning samu põhimõtteid rakendatakse ka põllu tasemel arvutusteks.
- Süsteemi bilanss - arvesse võetakse elemendi voogusid ka süsteemi (mulla) siseselt.
- Väetiste, sh sõnniku kasutamisega kaasnevast võimalikust hajukoormusest veekogumitele ja väetamise planeerimiseks annab kõige "parema" hinnangu põllu tasandi mulla bilanss.



# Intensiivsem tootmine on tavaliselt seotud suurema keskkonnasurvega

Lämmastiku bilanss põllumajandusmaal, kg/ha



Rega et al 20198; <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.005>  
13. detsember 2022

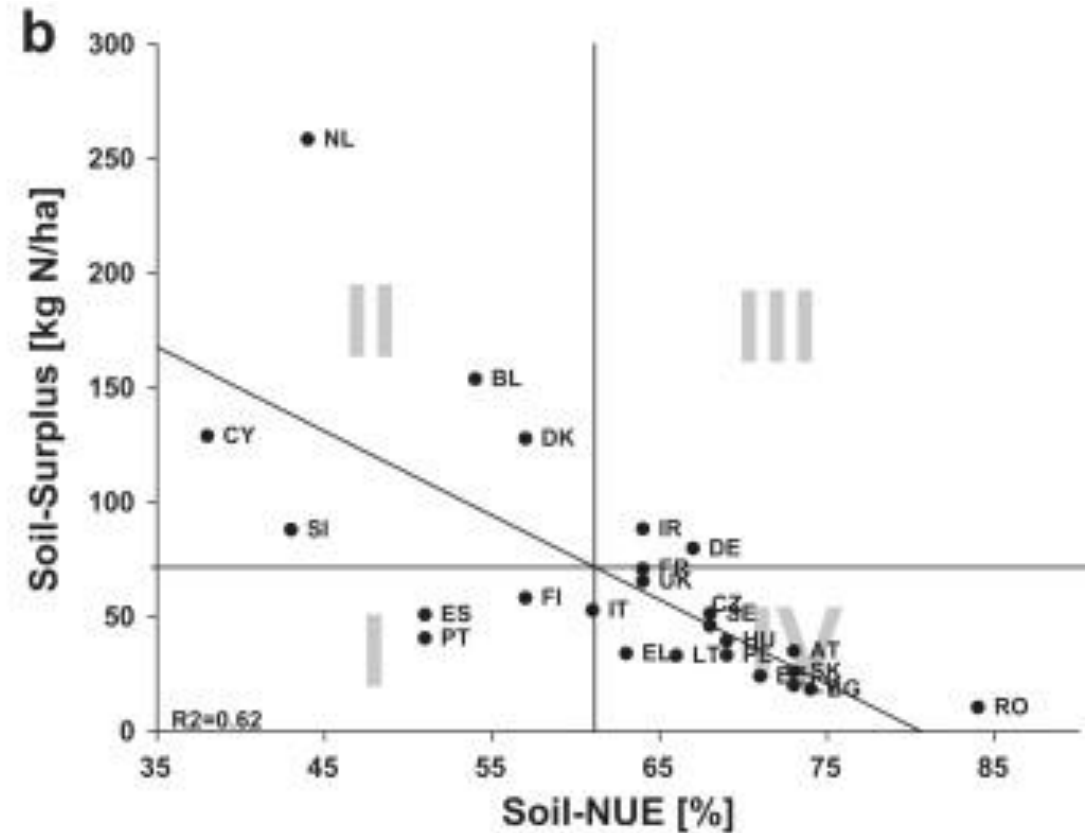
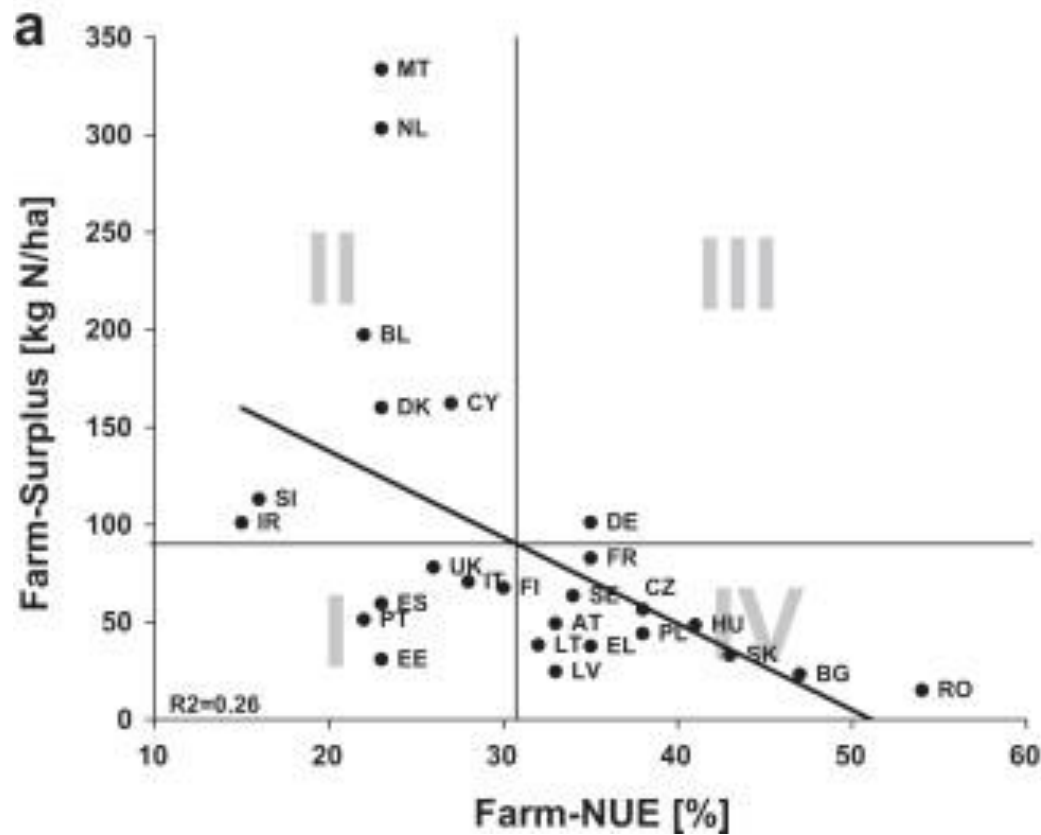


a) NUE (N kasutamise tõhusus) and N surplus (üleküllus) in the farm budget

b) NUE and N surplus in the soil budget

The horizontal and vertical lines in the plots indicate the averages for the farm and soil N surplus and N use efficiency, respectively.

Aastad 2001-2003



Leip A, Britz W, Weiss F, de Vries W. Farm, land, and soil nitrogen budgets for agriculture in Europe calculated with CAPRI. Environ Pollut. 2011 Nov;159(11):3243-53. doi: 10.1016/j.envpol.2011.01.040. Epub 2011 Mar 21. PMID: 21420769.

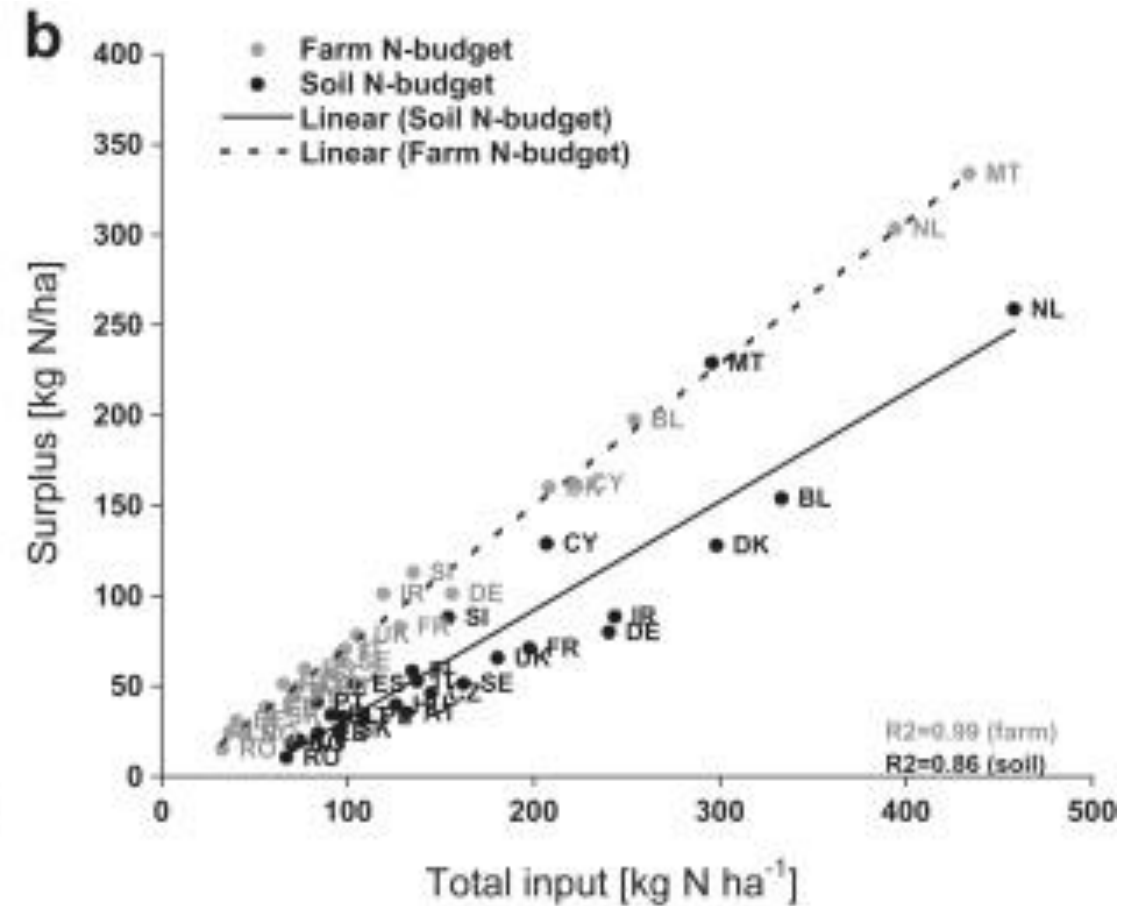
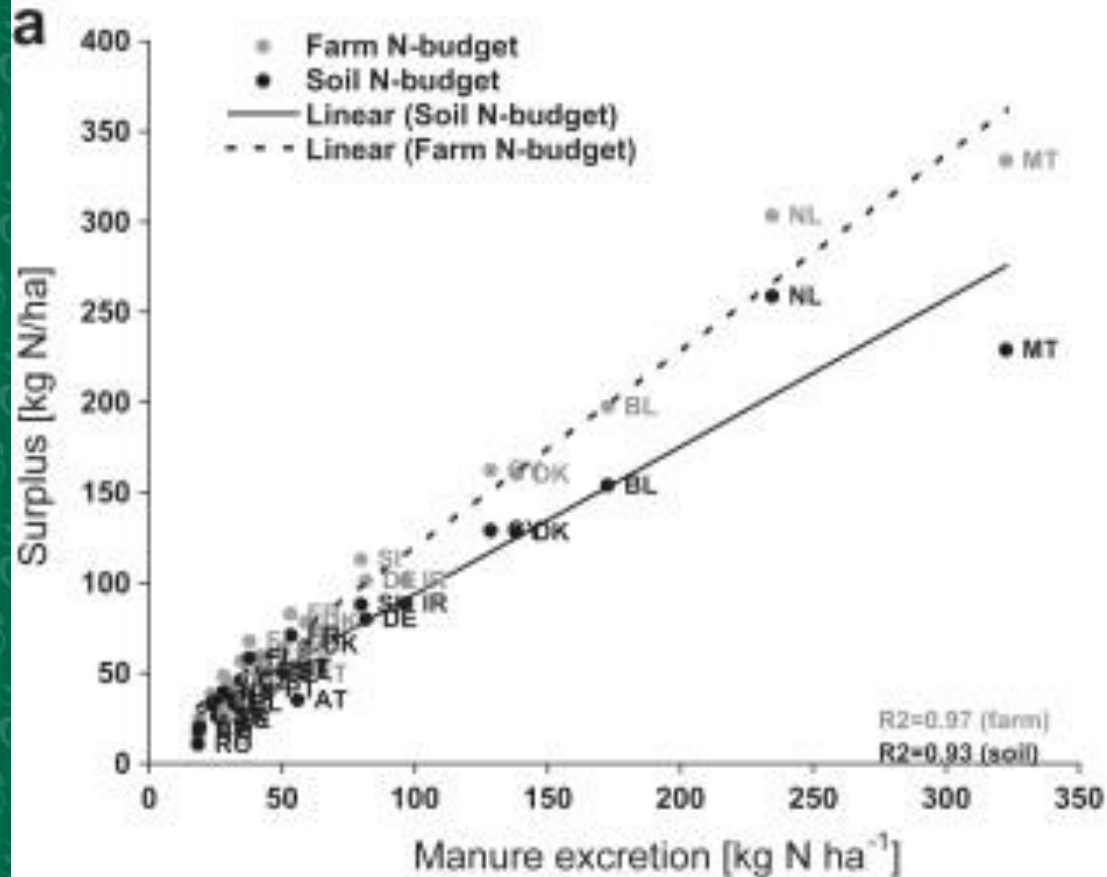
13. detsember 2022

# N surplus in the farm and soil budget versus

a) manure excretion (**sõnniku N sisend**)

b) total N input intensity (**kogu N sisend**)

Aastad 2001-2003

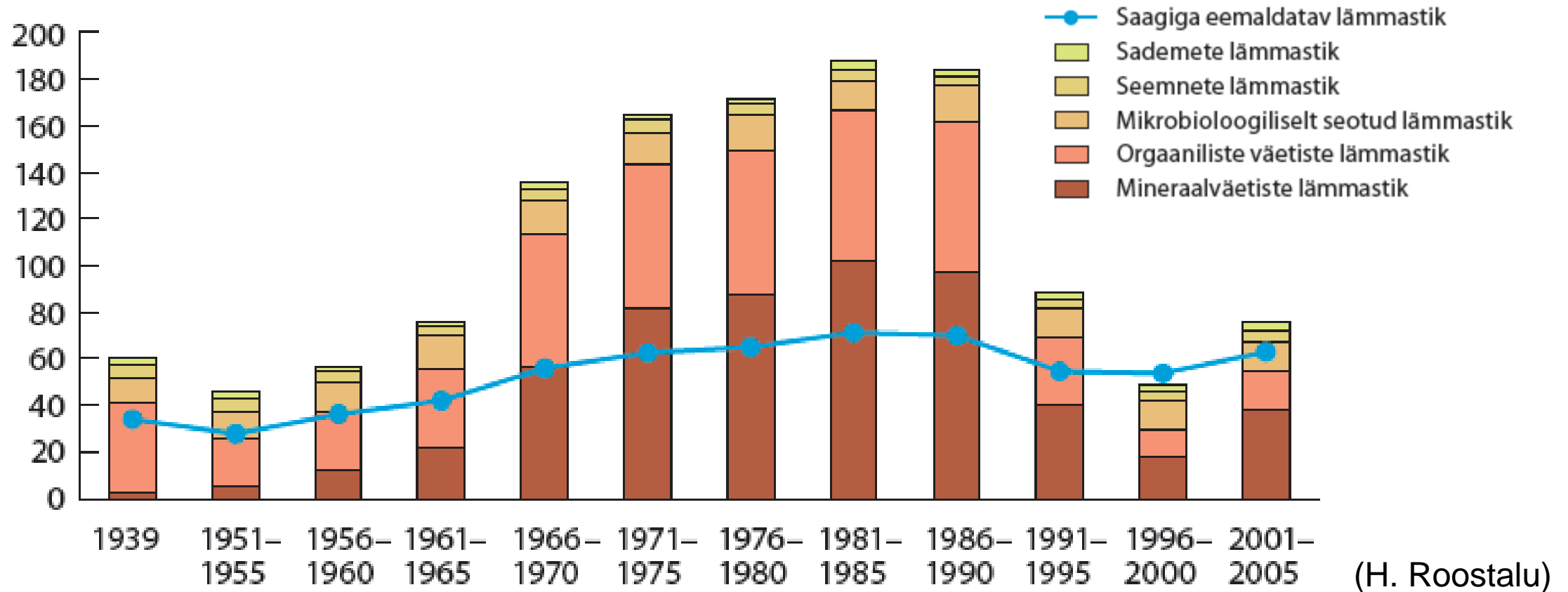


Leip A, Britz W, Weiss F, de Vries W. Farm, land, and soil nitrogen budgets for agriculture in Europe calculated with CAPRI. Environ Pollut. 2011 Nov;159(11):3243-53. doi: 10.1016/j.envpol.2011.01.040. Epub 2011 Mar 21. PMID: 21420769.

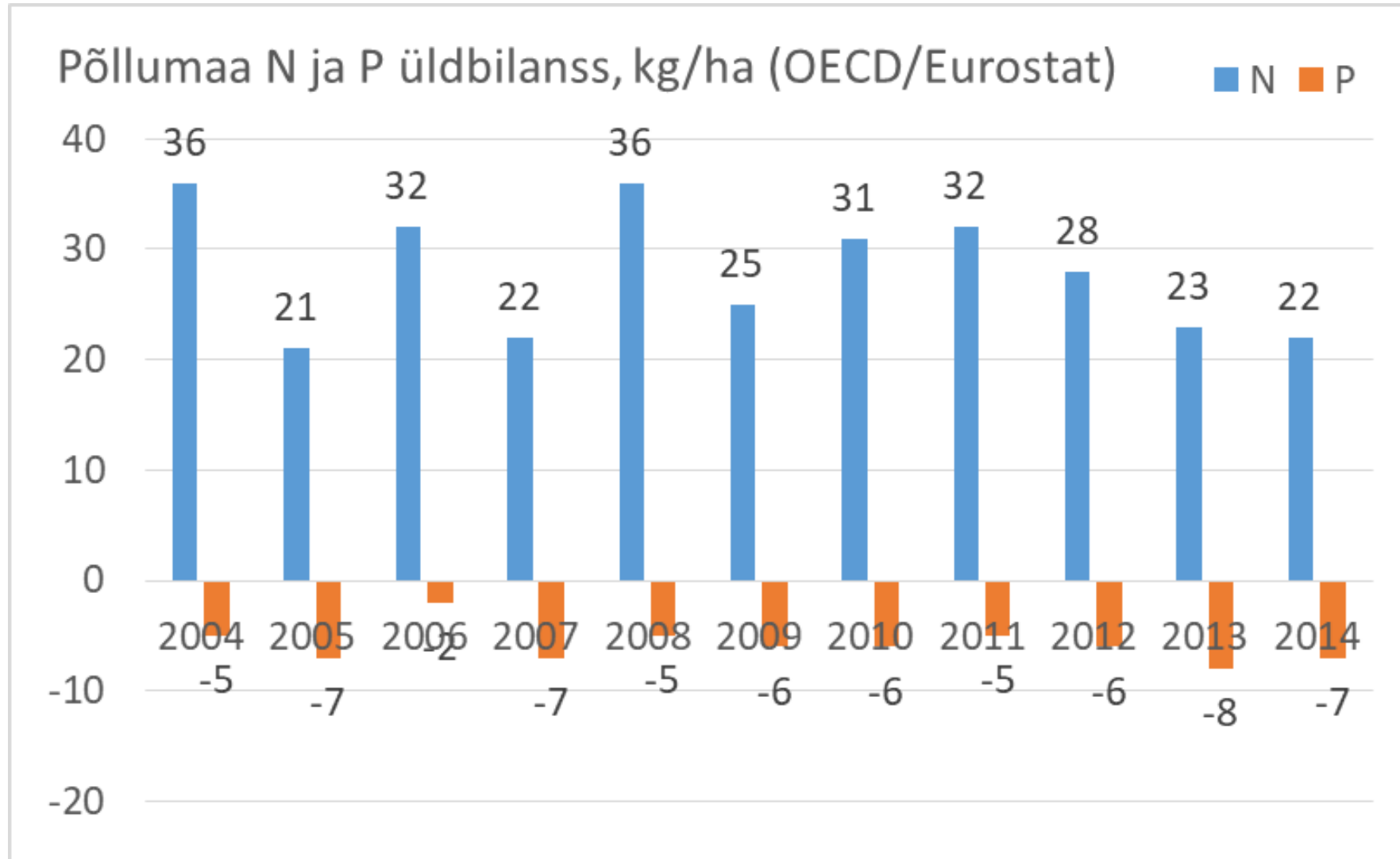
13. detsember 2022

# N üldbilanss Eesti haritavaal maal

N (kg ha<sup>-1</sup>)



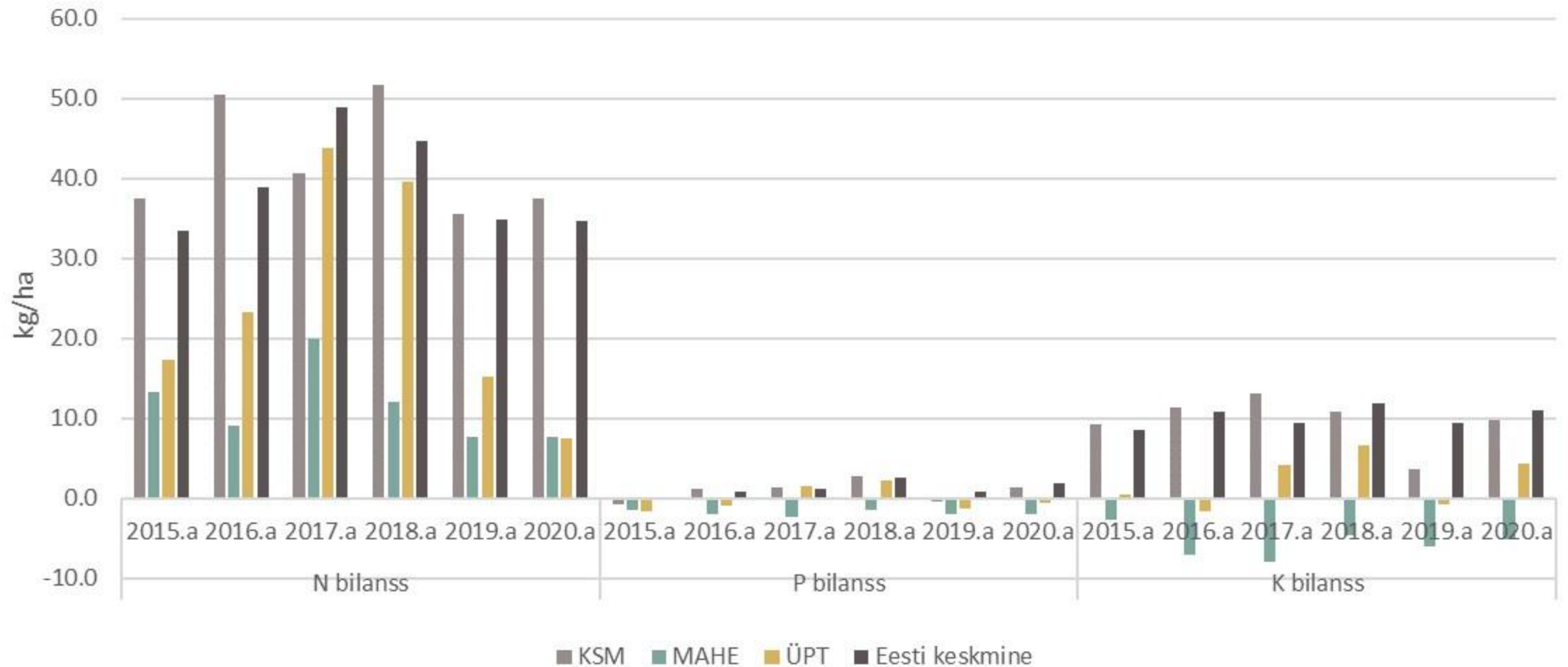
# Eesti riik



Allikas: <https://stats.oecd.org/>

13. detsember 2022

# Taluvärava bilanss (tootja tasand), PMK

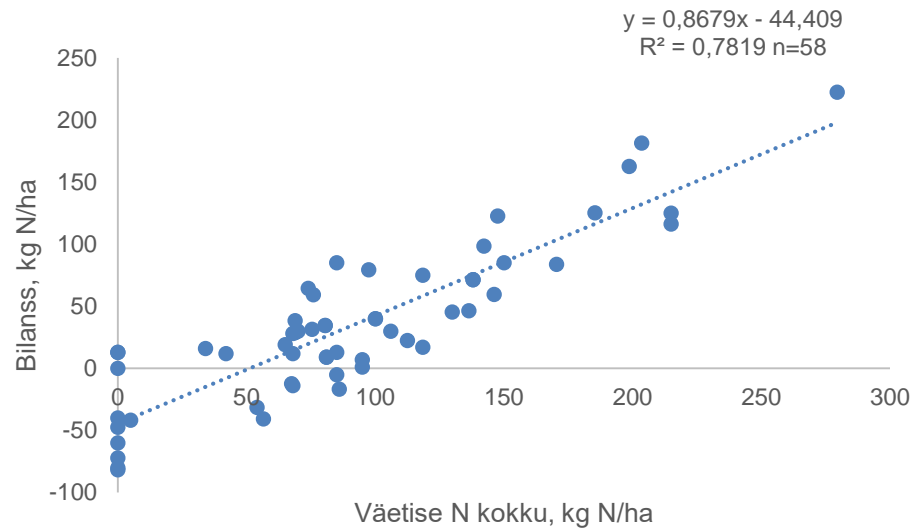


<https://pmk.agri.ee/et/keskkonnaseire/taluvärava-toiteelementide-uuringust>

# Dreenivee seire (Põllumajandusuuringute Keskus)

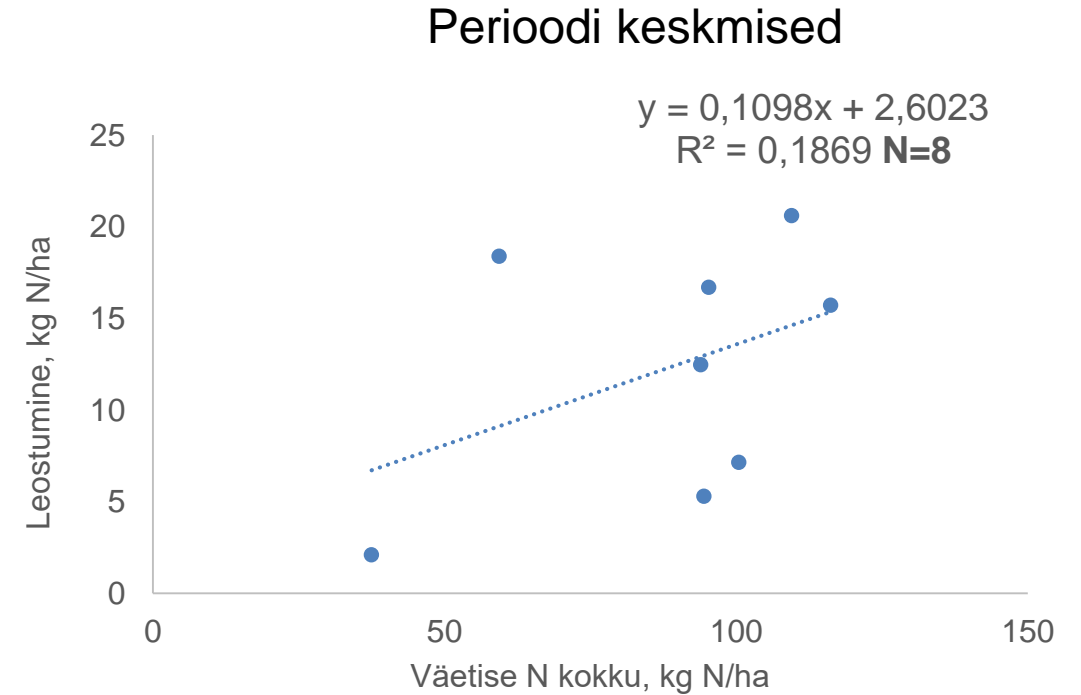
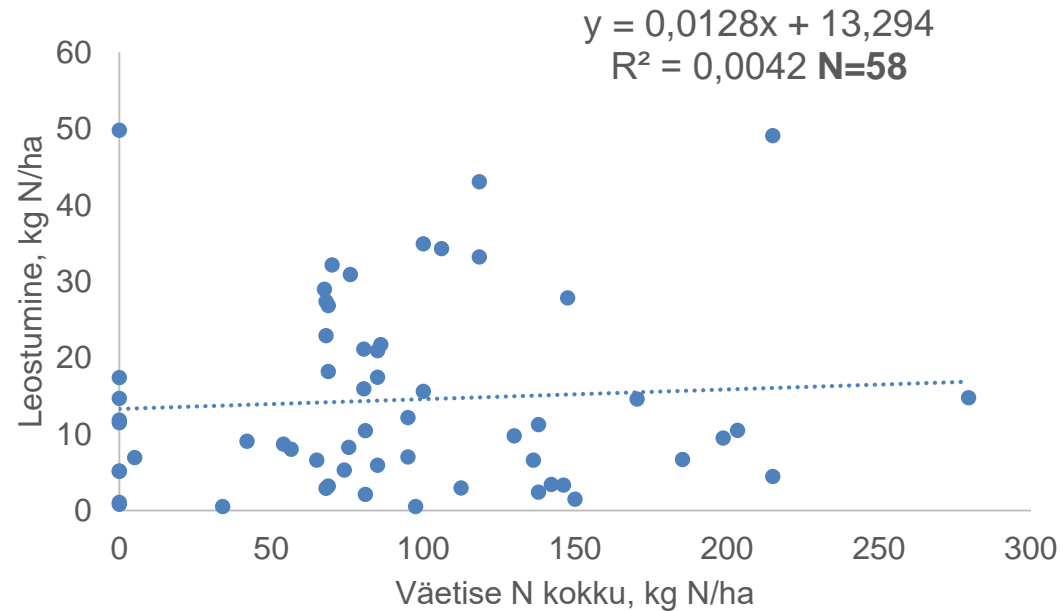
## Väetise N kokku ja bilansi vaheline seos

8 seirepõldu (PMK drenivee seire)



# Leostunud ja väetise N

PMK drenivee seire



Lähteandmed: PMK drenivee seire

## Viljelusvõistlus 2022

### Lihtsustatud NPK bilanss (keskmine)

	Lihtsustatud bilanss, kg/ha		
	N	P	K
Teraviljad	2	-7	1
Taliraps	133	6	73
Hernes, uba	-44	-4	-17

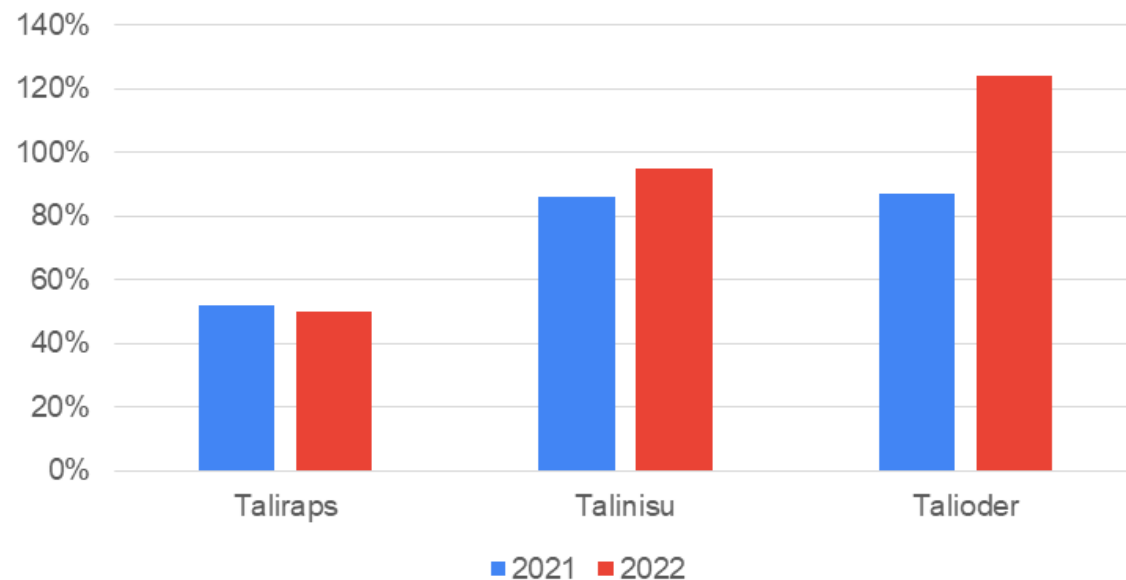
### NPK bilanss (suurim, väikseim)

	N	P	K
Suurim	194	31	173
Väikseim	-183	-33	-66



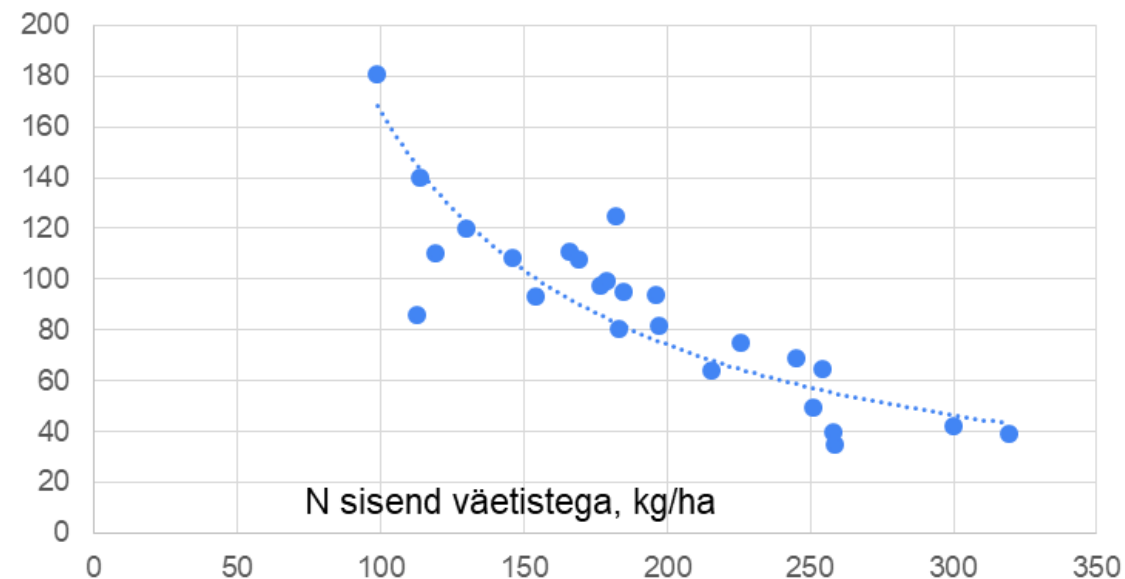
# • N kasutamise efektiivsus (viljelusvõistlus)

N kasutamise efektiivsus, %



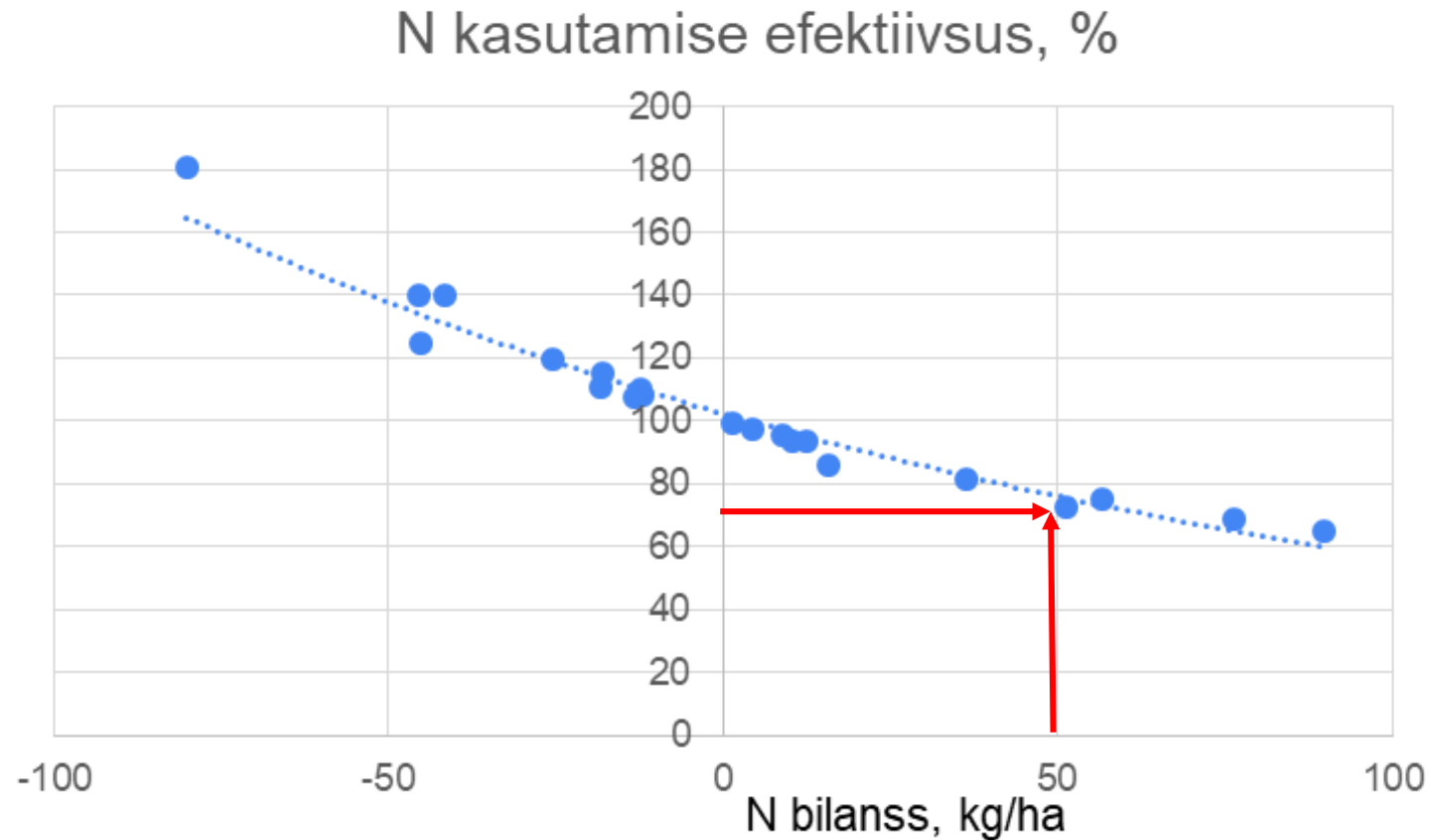
Ilma sõnnikuta 61%  
Sõnnikuga 41%

N kasutamise efektiivsus, %



Teravili ja taliraps, 2022

- N bilansi ja N kasutamise efektiivsuse seos: teraviljad 2022



- N bilansi ja N kasutamise efektiivsuse seos: taliraps 2022

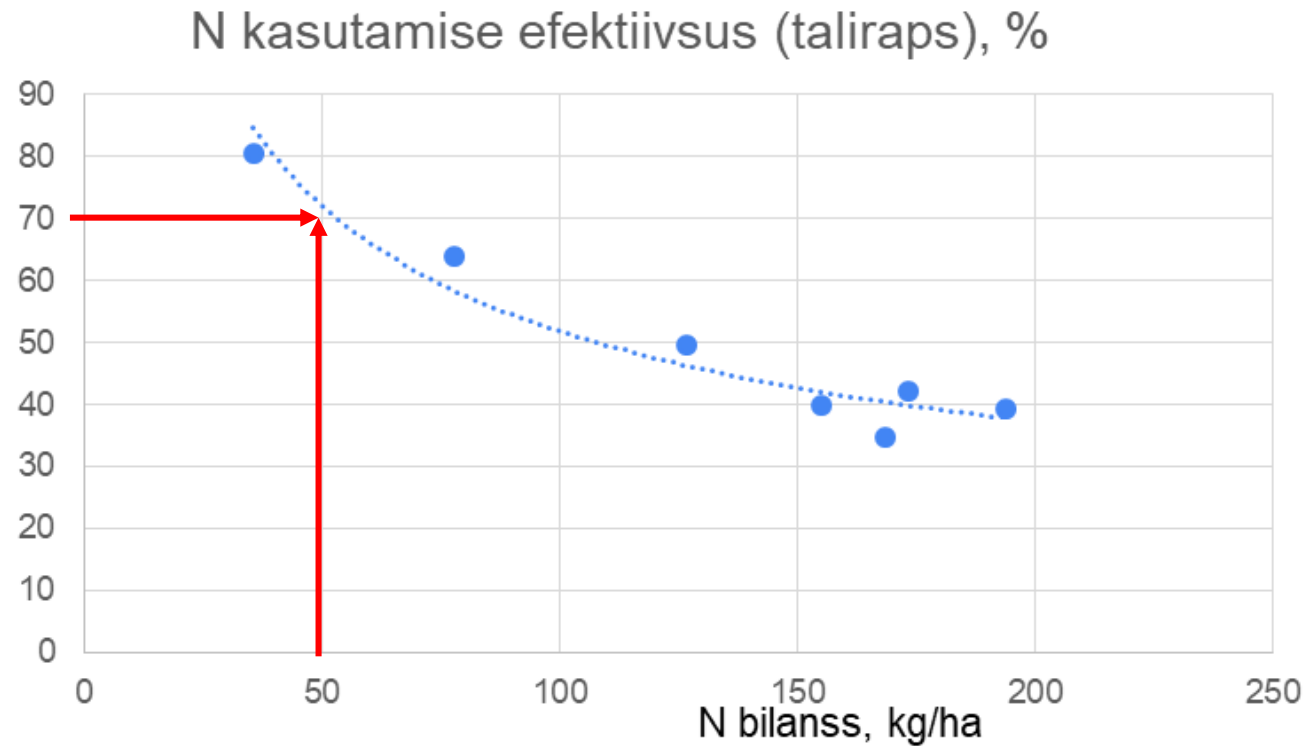
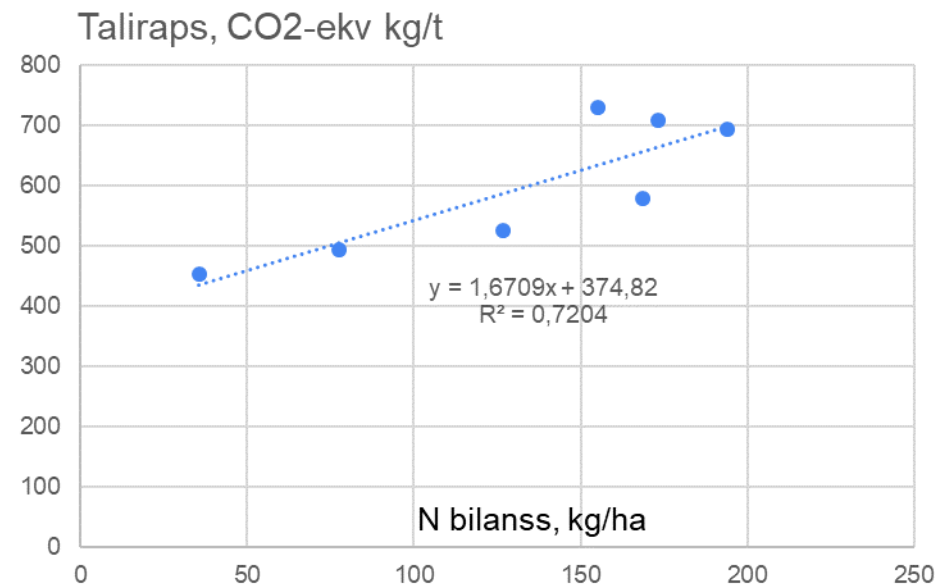
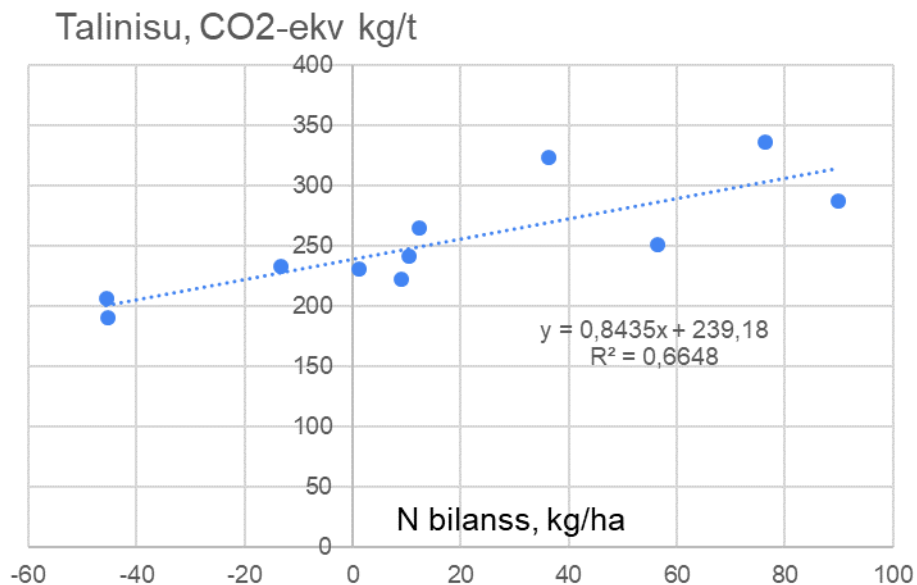


Foto: E. Reintam

- N bilanss ja süsiniku jalajälg



# Enamkasutatavad põllu bilansi osad ja nendega seonduv määramatus (väike, keskmine, suur)

Eemaldamine:

- Põhisaak (tera/kaunvili/raps, söödakultuurid, heintaimed)
- Kõrvalsaadused (põhk, selle suhe terasaaki)
- Toiteelementide kontsentratsioon saagis (N, P, K)

Sisendid:

- (Atmosfäärne sademetega (5-7 kg N/ha))
- N bioloogiline fiksatsioon
- Mineraalväetised
- Orgaanilised väetised
- Seemnetega

# Põllu tasandi NPK kalkulaator • Hetkel Exceli tööriistana



www.emu.ee										Kaalitud keskmine			AM
Eesti Maaülikool EMU Estonian University of Life Sciences										0	-7	-55	
Arvuta rida	Lisa	Kustuta	Puhasta rida	Saak						Bilanss (kg/ha)			Hinnangud bilansi tulemusele
põllu number	Põllu nimi	põllu-massiiv	Kultuur	Pind (ha)	Aasta	Külvise-norm (kg/ha)	Saagikus (kg/ha)	Koristatav saagiosa	Proteiini % kuiv-aines	N	P	K	N
Teraviljad													
			suvinisu	1		200	5000	terad	14,7	23	-2	2	Suure N-tarbega mullal tasakaalus bilanss. Oled jätkusuutlik.
			suvinisu	1		200	5000	terad ja põhk	14,7	9	-6	-37	Suure N-tarbega mullal tasakaalus bilanss. Oled jätkusuutlik.
Muud													
			taliraps	1		8	3200			30	14	98	
Kaunviljad													
										0	0	0	
Heintaimed													
			liblikõieliste ja kõrreliste segu	1			10000	märgsilo kuni loomiseni		-63	-33	-284	Suure N-tarbega mullal tugevasti negatiivne bilanss. Saagi moodustumine mulla orgaanilise aine N arvelt.

<https://pk.emu.ee/struktuur/mullateadus/teadustoo/mullakalkulaatorid/>

STRUKTUUR - MULLATEADUSE ÕPETOOL - TEADUSTÖÖ - C JA NPK KALKULAATORID -

## C ja NPK kalkulaatorid

- Juhtimine
- Aianuse õppetool
- Elurikkuse ja loodusturismi õppetool
- Hüdrobioloogia ja kalanduse õppetool
- Keskkonnakaitse ja maastikukorralduse õppetool
- Maastikuarhitektuuri õppetool
- Mullateaduse õppetool
  - Üldinfo
  - Töötajad
  - Teadustöö
  - C ja NPK kalkulaatorid
  - Publikatsioonid
  - Projektid
  - Doktorandid
  - Kaitstud doktoritööd
  - Mullalabor
  - Õppetöö

### Huumusbilansi kalkulaator

Muldade tasakaalustatud sisukuseisund on nii agronoomilistest, ökoloogilistest kui ka kliima aspektidest lähtuvalt üha suurema tähelepanu keskmes. Sõna huumus on praktiliselt juurdunud, ent tegelikult määratakse laboris otseselt mulla orgaanilise sisukuse kontsentratsioon ja huumusesisaldus on selle leitud arvutuslik väärtus. Käesolevas kalkulaatoris on tulemused väljendatud mulla orgaanilise sisukuna ( $C_{org}$ ).

$C_{org}$  bilanss sõltub eelkõige tootmistasemest, mullast, kasvatatavast kultuurist ja väetamisest. Varasemate uuringute meta-analüüsiga töötati välja ja täiustati koefitsientide ja arvutusalgortime, mis arvestavad erinevate agrotehnoogiate (harimisviisid, tahe- ja vedelõnniku kasutamine, hajasväetised, kompostid, vahekultuurid, põhumajandus jne) mõju mulla  $C_{org}$  bilansile.

Kalkulaatori saab kasutada mineraalmuldadel  $C_{org}$  bilansi ja varu arutamiseks. Lähtandmetena on vaja sisestada huumuskühi tusedus, orgaanilise sisukuse kontsentratsioon, mulla lõimis, kultuuri väik, põhisaagi suurus ning väetamise andmed. Kalkulaator võimaldab saada vastuse üksiku põllu tasandil kui ka kogu kuu ka põldude/külvikorra keskmisena.

Programm töötab tabelarvutusprogrammi MS Excel baasil ja sisaldab makrosid, mille kasutus on vaja lubada. Kalkulaator on tasuta kasutamiseks ja levitamiseks. Kalkulaatori arendamisse on olulise panuse andnud prof. Hugo Roostalu, dotsent Enn Lauringson, prof. Alar Astover jpt. Tagasiside ja lähem teave: Alar Astover, alar.astover@emu.ee

• Huumusbilansi kalkulaator versioon 2.0 alla laadimine siit (pakitud .zip failina)

### NPK põllupõhise bilansi kalkulaator

Käesolev põllupõhine NPK bilansi kalkulaator on välja töötatud lihtsustatud üldbilansi põhimõttel. Väljundina võetakse arvesse põhi- ja kõrvalsaagiga eemaldatavad kogused, mis sõltuvad saagi suurusel ja vastava tootelemendi kontsentratsioonist saagis. Sisenditena võetakse arvesse mineraal- ja orgaanilised väetised ning liblikõieliste kultuuride poolt õhust seotav lämmastik. Ajalise arvestuse aluseks on konkreetse kultuuri kogu kasvutsükli periood. Kalkulaatori lihtsustatud bilansi ja tagastamise osakaalu (sisendi suhe eemaldamisse) alusel annab kalkulaator tulemustele kvalitatilised sõnalised hinnangud sõltuvalt konkreetse põllu mulla omadustest ja väetistarbest. Kalkulaatori kasutajal on soovi korral võimalik ise muuta vastava kultuuri saagi N/proteiini-, P- ja K-sisalduse väikeväärtusi, orgaaniliste väetiste koostist jms koefitsiente.

Programm töötab tabelarvutusprogrammi MS Excel baasil ja sisaldab makrosid, mille kasutus on vaja lubada. Kalkulaator on tasuta kasutamiseks ja levitamiseks. Tagasiside ja lähem teave: Alar Astover, alar.astover@emu.ee

• NPK põllupõhise kalkulaatori versiooni 1.0 alla laadimine siit (pakitud .zip failina)

<https://pk.emu.ee/struktuur/mullateadus/teadustoo/mullakalkulaatorid/>

13. detsember 2022

# Mis andmeid vaja sisestada?

- Arvestuse ajaline alus – konkreetse kultuuri/aasta arvestus
- Kultuur
- Külvisenorm (mitte kõigi kultuuride puhul)
- Saagikus (põhisaagi osas), standardniiskuse juures
- Põhu eemaldamine (ei/jah)
- Allakülv (ei/jah)
- Vahekultuurid (ei/jah, kas ka liblikõielised)
- Orgaaniliste väetiste kasutus
- Mineraalväetiste kasutus

Selleks, et tulemused oleks sisuliselt tõlgendatavad vaja teada mullainfot

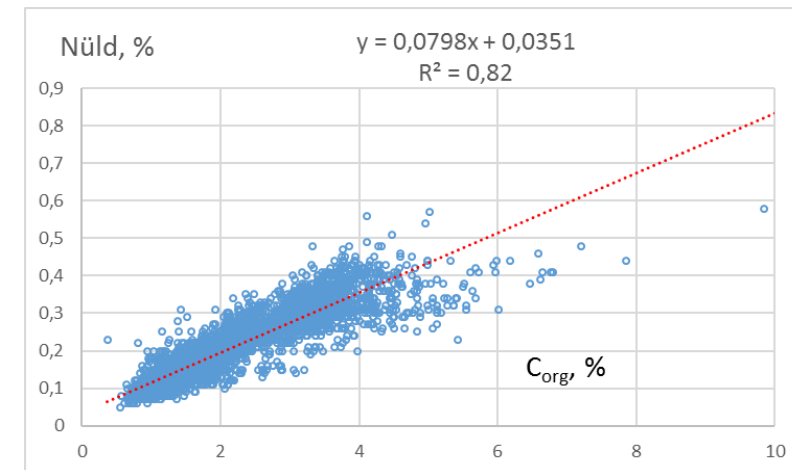
- Mulla andmetest:  $C_{org}$  sisaldus, P- ja K-sisaldus, huumushorisoni tusedus, lõimis
- Kui asukoht (põllumassiiv) teada, siis saame palju sellest infost ise leida

# Lisaks bilansi arvulistele vastustele ka kvalitatiivsed hinnangud (vajalik mullaandmete sisestamine)

- NPK tagastamise % (sisend/eemaldamine\*100) alusel sõltuvalt mulla väetistarbest
- Mulla N-varustus lähtuvalt  $C_{org}$  (%) sisaldusest

Corg klassid	>=	<
1		1,2
2	1,2	2,2
3	2,2	3,2
4	3,2	5
5	5	100

**Seos mulla orgaanilise süsiniku ja üldlämmastiku sisalduse vahel (põllumuldade seirealade andmebaas n=6521)**



- PK osas olemasolevad väetistarbeklassid Mehlich-3 meetodi alusel





Juhendmaterjal põllumajandustootjale (C10.2)

Näide 1. Segatootja, vedelsõnniku kasutus.

Aastad: 2015–2019. Külvikord: taliraps – talinisu – mais – suvioder – suvinisu. Teraviljapõhk jäeti mulda. Talirapsi, talinisu ja maisi põllul kasutati vedelsõnnikut 30 m<sup>3</sup>/ha. Mulla andmed: C<sub>org</sub> 2,9 %; P 227 mg/kg; K 534 mg/kg; keskmine liivsavi lõimis.

Tulemused. Keskmisena olid kõigi elementide bilansid positiivsed. Talirapsi ja talinisu põllul anti lisaks vedelsõnnikule oluline kogus N ka mineraalväetistega. Neil aastatel jäi N bilanss oluliselt üleküllusse, mis võis suurendada kadude riski. Kuna tegu on toitelementidega hästi või isegi väga hästi varustatud mullaga, siis nii tasuvuse kui ka keskkonnahoiu vaates võiks kaaluda vedelsõnniku kasutuse aastatel vähendada mineraalväetiste kasutust.

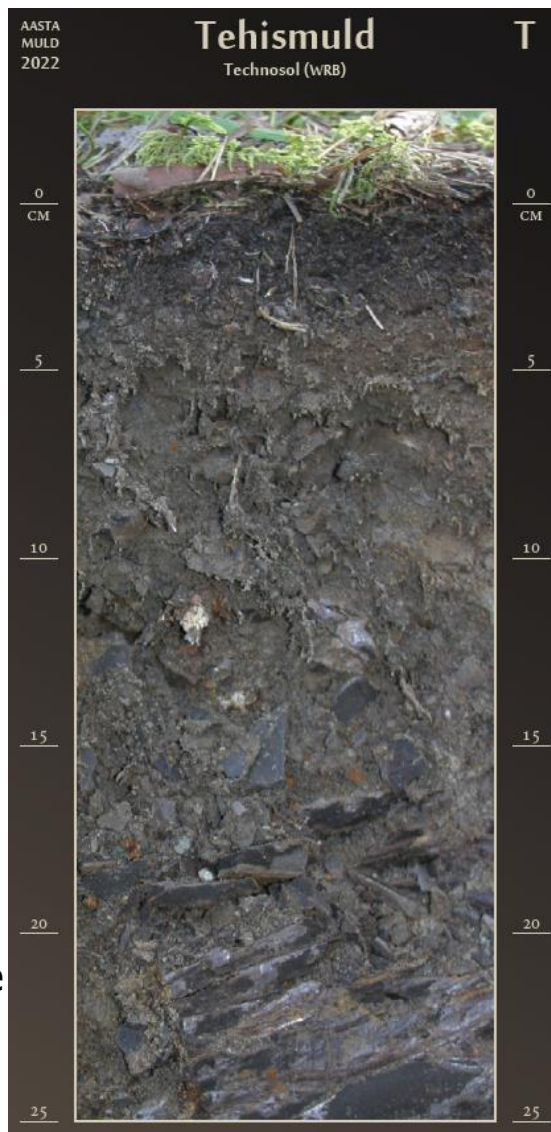
										Keskmine														
										54	10	17												
										Bilanss (kg/ha)			Hinnangud bilansi tulemusele											
													N			P								
Arvuta rida	Põllu number	Põllu nimi	Põllu-massiiv	Kultuur	Pind (ha)	Aasta	Saagikus (kg/ha)	Koristatav saagiosa	Proteiini % kuivaines	Mineraalväetiste NPK sisend			Sisendid kokku (kg/ha)			Eemaldamine kokku (kg/ha)			Bilanss (kg/ha)			Hinnangud bilansi tulemusele		
									N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	N	P	K	N	P	K	N	P	K				
<b>Teraviljad</b>																								
				talinisu	20,5	2016	5800	terad	14,7	144	0	0	291,3	37,5	123,9	117,2	20,9	27,3	174	17	97	Keskmise N-tarbega mullal suur N üleküllus. Vedelsõnniku ja/või mineraalse N kasutamisel võib suurenda leostumine.	Väga suure P-sisaldusega mullal positiivne bilanss. Ligne P-väetiste kasutus nii keskkonna kui ka tasuvuse vaates.	Vä
				suvioder	20,5	2018	3800	terad	13,2	50	3	0	54,5	3,9	1,3	68,8	13,3	19,0	-14	-9	-18	Lämmastikuga hästi varustatud mullal negatiivne bilanss. Saagi moodustumine mulla orgaanilise aine N arvelt.	Väga suure P-sisaldusega mullal tugevasti negatiivne bilanss. Lühiajaliselt aktsepteeritav, pikemas perspektiivis mulla P-varu vähenemine.	Oj
				suvinisu	20,5	2019	3500	terad	14,7	39	0	0	44,1	0,9	1,2	70,7	12,6	16,5	-27	-12	-15	Keskmise N-tarbega mullal tugevasti negatiivne bilanss. Saagi moodustumine mulla orgaanilise aine N arvelt.	Väga suure P-sisaldusega mullal tugevasti negatiivne bilanss. Lühiajaliselt aktsepteeritav, pikemas perspektiivis mulla P-varu vähenemine.	Vä
<b>Muud</b>																								
				taliraps	20,5	2015	4400	terad	24,1	157	23	0	299,3	59,6	122,7	154,4	31,7	34,3	145	28	88	Keskmise N-tarbega mullal suur N üleküllus. Vedelsõnniku ja/või mineraalse N kasutamisel võib suurenda leostumine.	Väga suure P-sisaldusega mullal positiivne bilanss. Ligne P-väetiste kasutus nii keskkonna kui ka tasuvuse vaates.	Vä
				mais	20,5	2017	50000	hajasmass		46	27	0	188,2	63,8	122,9	195,0	35,0	190,0	-7	29	-87	Keskmise N-tarbega mullal tasakaalus bilanss. Oled jätkusuutlik.	Väga suure P-sisaldusega mullal positiivne bilanss. Ligne P-väetiste kasutus nii keskkonna kui ka tasuvuse vaates.	Vä



13. detsember 2022

# Aasta muld 2022

## Tehismuld – masinaga muudetud maa



# Aasta muld 2023

## Leetunud muld – liivane viljakus



Alar Astover, professor

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



Euroopa Maaelu Arengu  
Põllumajandusfond:  
Euroopa investeringud  
maapirkondadesse

13. detsember 2022