

Huumusbilanss ja selle arvutamine  
kalkulaatoriga.  
Mulla omaduste parandamine  
haljasväetiste ja vahekultuuridega

**Enn Lauringson**  
**Liina Talgre**

[enn.lauringson@emu.ee](mailto:enn.lauringson@emu.ee)

[liina.talgre@emu.ee](mailto:liina.talgre@emu.ee)



# Huumuse mõju mulla omadustele

Toitained (mineraliseerumine)

Bioloogiline aktiivsus

Veemahutavus

Poorsus

Struktuursus ja struktuuri stabiilsus

Filtreerimis- ja puhverdusvõime

Neelamismahutavus

Bioloogiline murenemine

Huumusained kasvustimulaatoritena



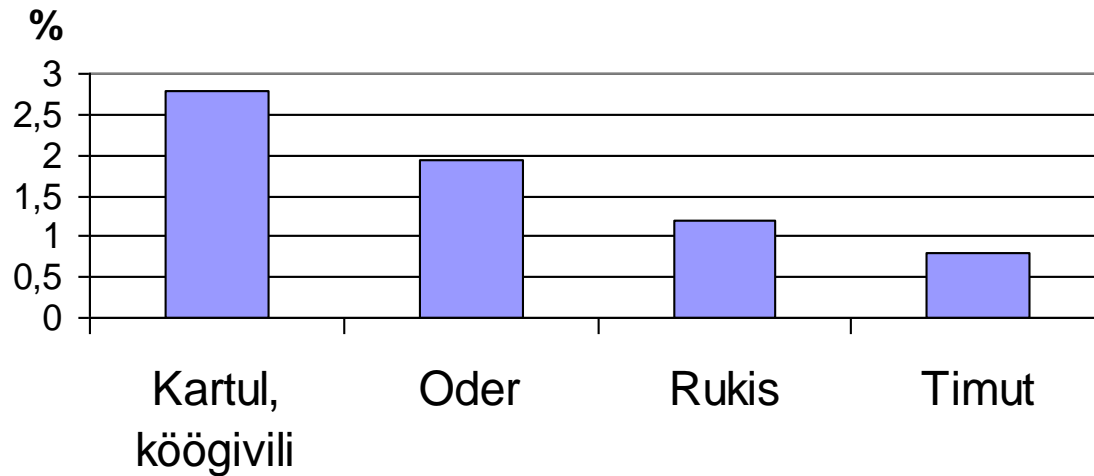


**Tegusamullas pole mitte tahtis ainult huumuse teke, vaid ka selle lagunemine.**

**Mullaviljakuse sailitamiseks on oluline, et pikemas perspektiivis oleks põllumullal huumuse teke ja lagunemine tasakaalus.**

**Eesmärk ei saa olla kõik mullad võrdseks muuta, vaid tuleb osata hoida mulla eripära arvestatavat huumusseisundit.**

## Huumuse mineraliseerumine mullas



Lutsern, heinaseeme	5,5 – 6,5
Punane ristik	2,8 – 4,0
Mais	1,7 – 1,9
Kaunviljad teraks	1,4 – 2,0
Teraviljad, raps	1,4 – 1,8
Allakülvid, järelkultuurid	0,6 – 1,0
Rühvelkultuurid, köögivili	0,6 – 1,0

-  
**Olenevalt kultuurist mineraliseerub mulla huumusest aastas 0,8-2,7% (Kanger jt)**

+  
**Juurte kuivmass t/ha**

**Mulla huumusbilanss kujuneb sellest, kui palju huumust lisandub ja kui palju kasutatavate agrotehniliste võtete juures teda mineraliseerub.**

# Huumusvaru bilanss (Valler, Vipper)

**Huumusvaru väheneb ühe hektari künnikihis aasta jooksul**

<b>Rühvelkultuurid (kartul, söödajuurviljad, mais)</b>	<b>-2 tonni</b>
--	-----------------

<b>Teraviljad, lina, raps, rüps</b>	<b>-1 tonni</b>
-------------------------------------	-----------------

<b>Üheaastased kõrrelised heintaimed</b>	<b>-0,7 tonni</b>
--	-------------------

<b>Mustkesa</b>	<b>-2,5-3 tonni</b>
-----------------	---------------------

**Huumusvaru suureneb ühe hektari künnikihis aasta jooksul**

<b>Lutsern, mesikas, lupiin</b>	<b>+2 tonni</b>
---------------------------------	-----------------

<b>Põldhein</b>	<b>+1,5 tonni</b>
-----------------	-------------------

<b>Kultuurkarjamaa ja kultuurniit</b>	<b>+1 tonni</b>
---------------------------------------	-----------------

<b>Kaunteravili (hernes, põlduba) segavili</b>	<b>+ 0,7 tonni</b>
--	--------------------

**Kuna mulla huumusesisaldus on suhteliselt püsiv näitaja, siis vajab muutuste tuvastamine pikka aega.**

Maaülikooli Eerikal asuvas pikaajalises põldkatses, kus mulla algne huumusesisaldus oli ~1,7%,

- langes 15 aastaga ilma orgaaniliste väetisteta külvikorras huumusesisaldus 0,14% võrra
- ning tahesõnnikuga külvikorras suurenes see 0,25% võrra (Astover jt).



## **Eesmärk: Välja töötada Eesti tingimusi arvestav ja praktikas rakendatav põllumuldade huumusbilansi kalkulaator**

**Kõige enam arendatud ja praktikas kasutusel olev kalkulaator on Saksamaal korraldatud pikaajaliste põldkatsete tulemustele põhinev **VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten)** huumusbilansi mudel.**

**Huumusbilansi lihtsustatud mudeli printsiipe ja olemuse saame üle võtta VDLUFA mudelist.**

Projekti käigus arvutati välja kohalikesse oludesse sobivad näitajad (humifikatsioonikoefitsiendid, süsiniku bilanss).

Fruchtarten	Humusreproduktionsbedarf (Häq ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )		
	Untere Werte	Mittlere Werte	Obere Werte
Zucker- und Futterrübe <sup>2)</sup> , einschließlich Samenträger <sup>2)</sup>	760	1300	1840
Kartoffel <sup>3)</sup> und 1. Gruppe Sonderkulturen <sup>1)</sup>	760	1000	1240
Silomais, Körnermais <sup>2)</sup> und 2. Gruppe Sonderkulturen <sup>1)</sup>	560	800	1040
Getreide (Körnernutzung) <sup>2)</sup> , Öl- und Faserpflanzen <sup>2)</sup> , Sonnenblumen <sup>2)</sup> und 3. Gruppe Sonderkulturen <sup>1)</sup>	280	400	520

<b>Teravili</b>	<b>-280</b> <b>(-480 kg</b> <b>huumust)</b>	<b>-400</b> <b>(-670 kg</b> <b>huumust)</b>	<b>Kaunviljad</b>	<b>160</b> <b>(260 h)</b>	<b>240</b> <b>(410 kg humust)</b>
			<b>Kõrrelised heintaimed (saagiaasta)</b>	<b>600</b>	<b>700</b>
			<b>Kõrrelised katteviljata, kevadkülv</b>	<b>400</b>	<b>450</b>
			<b>Kõrrelised, allakülv</b>	<b>200</b>	<b>250</b>
			<b>Liblikõielised (saagiaasta)</b>	<b>600</b>	<b>700</b>
			<b>Liblikõielised katteviljata, kevadkülv</b>	<b>400</b>	<b>450</b>
			<b>Vahekultuur (talviseks katteks)</b>	<b>120</b>	<b>160</b>
			<b>Kartul</b>	<b>-760</b> <b>(-1300 kg</b> <b>huumust)</b>	<b>-1000</b> <b>(-1700 kg</b> <b>huumust)</b>

Enn Lauringson, Liina Talgre 27.11.2015



# Hinnang huumusseisundile

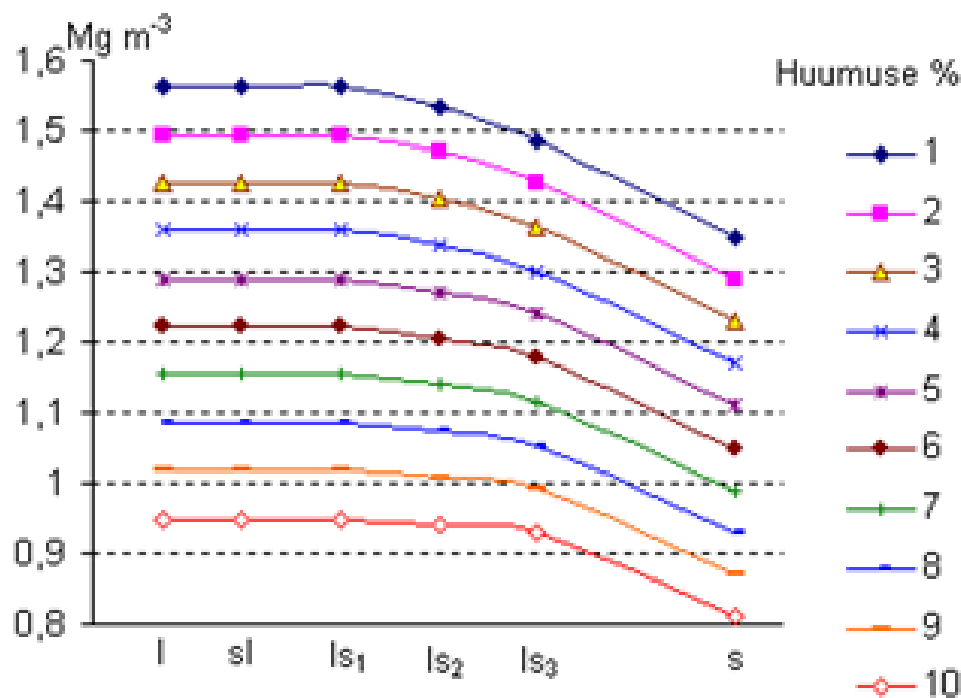
- Süsiniku (C) või huumuse (H) sisalduse muutus %
- Lisaks orgaanilise süsiniku (huumuse) sisalduse määramisele (%) on tegelikult veelgi olulisem, milline on huumuse varu (t/ha) ja kuidas see muutub.

Asukohapõhise huumusbilansi kalkulaatoris on muldade huumusseisundi hindamisel vaja aluseks võtta konkreetse mulla huumusvaru, mis sõltub selle mulla:

- huumusesisaldusest (%)
- huumuskihi tusedusest (cm),
- **lasuvustihedusest ( $\text{g/cm}^3$ )**,
- räha-, veerise- ja klibusisaldusest (koresus)

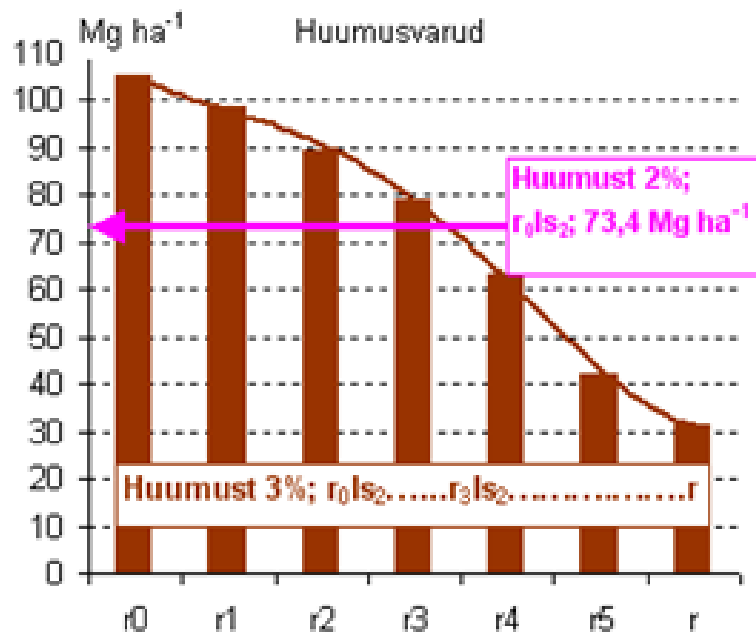
Mulla lasuvustihedus on teatavasti seda väiksem, mida suurem on mulla veesisaldus ja mida enam on mullas huumust. Andmebaasi analüüsil selgus, et põllumuldade künnikihis on mulla lasuvustiheduse ja huumusesisalduse (x, %) vaheline seos liiv-, saviliiv- ja kergetes liivsavimuldades järgmine:

$$Dm_{l-ls1}=1,63-0,068x$$



**Mineraalsete põllumuldade lasuvustihedus olenevalt lõimisest ja huumusesisaldusest (H. Roostalu)**

**Koreserikastes muldades tuleb arvestada kivisuse astmega, mistõttu väheneb ka muldade huumusvaru.**



**Liivsavimuldade huumusvaru sõltuvalt rähksuse astmest 25 cm tuseduses huumuskihis**

**Välja arvatud koresest tingitud koefitsiendid on:  $r_1 - 0,94$ ;  $r_2 - 0,85$ ;  $r_3 - 0,75$ ;  $r_4 - 0,6$ ;  $r_5 - 0,4$ ;  $r - 0,3$ .**

**Koresisalduse aste on leitav mullakaardilt ja vastavad juhised selle tuvastamiseks antakse ka huumusvaru koostamise kasutusjuhendis.**

# Mulla kores

r - rähk

v - paeveeris

v<sup>o</sup> - raudkiviveeris

kb - klibu

k - paekivid

k<sup>o</sup> - raudkivid

Koreselisust väljendatakse astmetega alljärgnevalt:

r<sup>1</sup> ... k<sup>o1</sup> - nõrgalt koreseline, sisaldus 2 –10 % mulla mahust

r<sup>2</sup>...k<sup>o2</sup> - keskmiselt koreseline, sisaldus 10 – 20 % mulla mahust

r<sup>3</sup>...k<sup>o3</sup> - tugevasti koreseline, sisaldus 20 –30 % mulla mahust

r<sup>4</sup>...k<sup>o4</sup> - väga tugevasti koreseline, sisaldus 30 – 50 % mulla mahust

r<sup>5</sup>...k<sup>o5</sup> - väga tugevasti koreseline, sisaldus 50 - 70 % mulla mahust


r....k<sup>o</sup> - kores, sisaldus üle 70 % mulla mahust

rähksuse ja veeriselisuse astmed on indeksina:

r<sup>1</sup>; r<sup>2</sup>

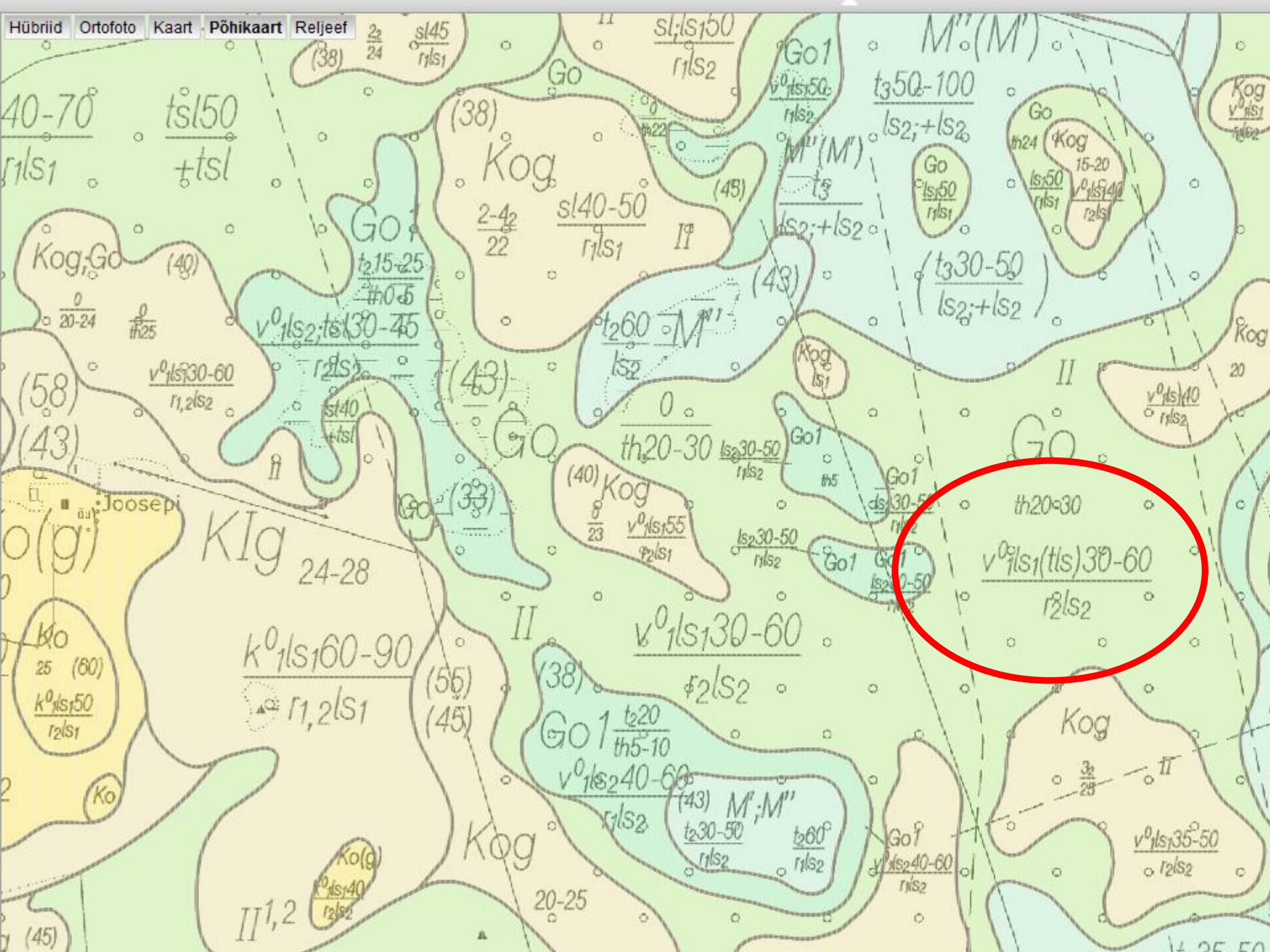
v<sup>1</sup>; v<sup>2</sup>

v<sup>o1</sup> ... v<sup>o2</sup> jne


$$\frac{v^o_2ls40-60}{r_3ls}$$

<http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Mullastiku-kaart-p33.html>

## Tähistused mullakaardil



th20=30  
 $\frac{v^0/s_1(t/s)30-60}{r_2/s_2}$

# Huumusevaru (t/ha) ?

C% 1,75

**Huumuses** on keskm. 58% süsinikku (et arvutada huumusesisalduse, siis eelnevast tulenevalt peaksime C % korrutama 1,72-ga)

$$1,75 \times 1,72 = 3\%$$

**Huumusesisaldus (%)**, 3%

**Huumushorisoni tüsedus** 30 cm

**Huumushorisoni mass**

**1 ha huumushorisoni maht**

$$0,3 \times 10000 = 3000 \text{ m}^3$$

**Lasuvustihedus** 1,3 g/cm<sup>3</sup>

$$3000 \times 1,3 = 3900 \text{ tonni/ha}$$

**Huumusevaru t/ha**

<b>3900 tonni/ha</b>	<b>100%</b>
<b>x</b>	<b>3%</b>

$$X = 117 \text{ t/ha}$$

**Koresus**

$$X = r^2$$

$$117 \times 0,85 = 99,5$$

Kalkulaatori tööväljade täitmiseks valitakse kasvatatav kultuur ja sisestatakse selle kasvupind.

Kultuurid on jaotatud viide gruppi (+ mustkesa):

Teraviljad.

Muud kultuurid (hernes, kartul, raps, mais).

Heintaimed

Haljasväetised.

Köögiviljad

Mustkesa

Iga grupi juures saab veeru kultuurid valikmenüüst (klõpsates väljale ja noole alt) valida sobiva kultuuri.

Teraviljadel on valikuvõimalus, kas põhk eemaldatakse põllult või jääb see põllule.

Saak märgitakse tera- ja kaunviljadel 14%, rapsil 9%-lise niiskuse juures.

Kartulil märgitakse mugulasaagikus.

Maisil saagikust ei märgita.

Heintaimedel on võimalus valida saak kas kuiva heinana (kuivaine 83%) või silona (kuivaine 33%).

Põldheina juures märgitakse ka visuaalse hinnangu järgi liblikõieliste esinemise % osatähtsus (10–90%).



Ristiku ädal 2008



Kattevilja  
koristamise  
hilinedes, väheneb  
oluliselt ka  
allakülvide  
ädalamass.



Ristiku ädal 2004



Allakülvide puhul tuleb teha kõigepealt valik kas biomass viiakse mulda või jääb edasi kasvama.

Allakülvi saagitase määratakse visuaalse hinnanguna järgmise skaala järgi: väike, keskmine suur.

Sarnaselt hinnatakse ka haljasväetiste saagikus skaalana: väike, keskmine, suur.



Enn Lauringson, Liina Talgre 27.11.2015

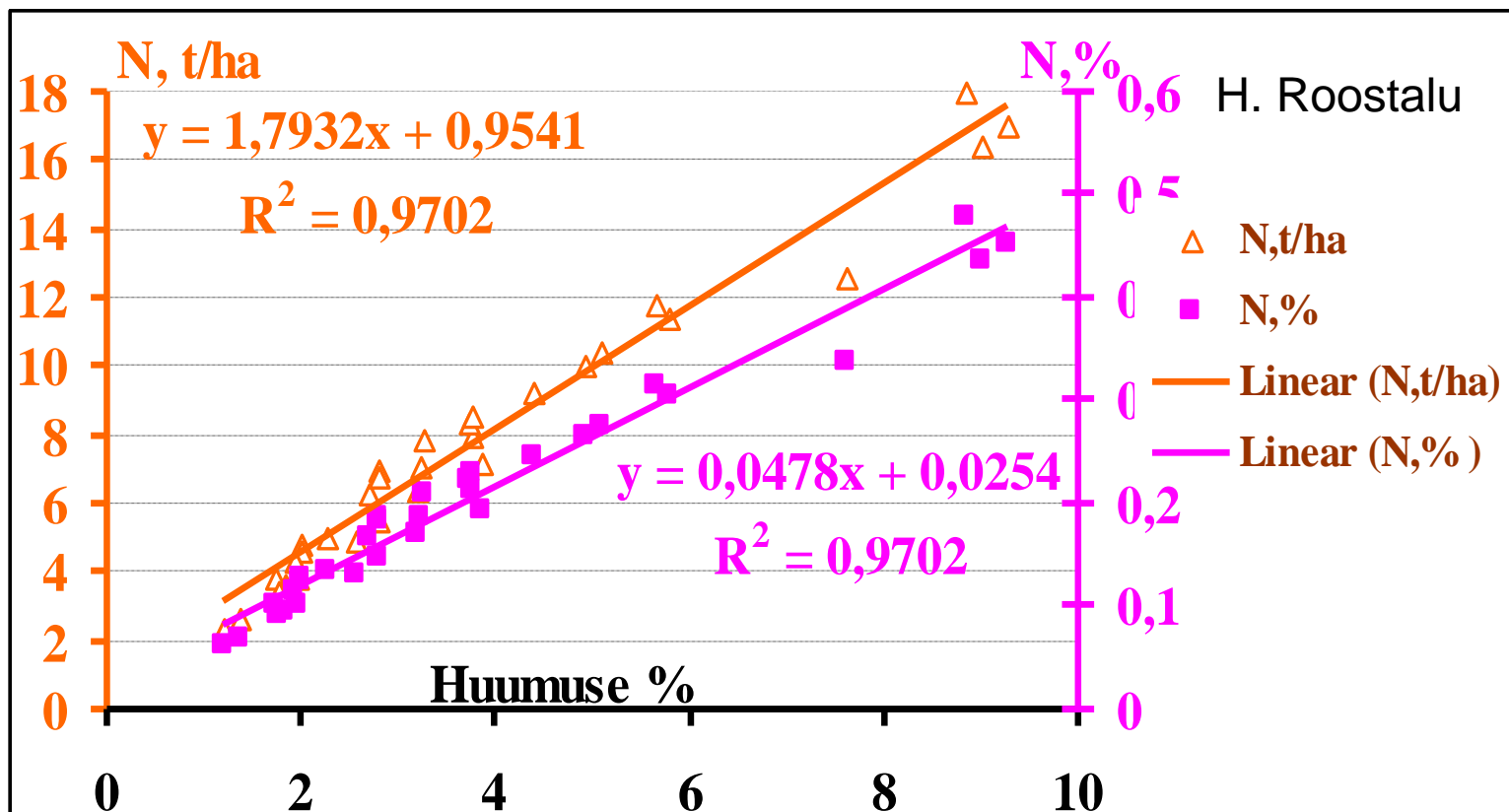


# Eesti Maaülikool Põllumajandus- ja keskkonnainstituut Mullateaduse ja agrookeemia osakond

<http://pk.emu.ee/struktuur/muld/teadustoo/huumusbilansi-kalkulaator/>

<http://pk.emu.ee/userfiles/PKI/muld/Huumusbilansi%20kalkulaator.xlsx>

# Mulla huumuse- ja lämmastikusisalduse vahel on tihe seos, mis võimaldab huumusesisalduse alusel hinnata muldade lämmastikväetistarvet.



Mineralisatsioon sõltub lämmastikumajandusest mullas.

## Lämmastiku aktiivbilansi alusel



$$B = [(-BN - P_{\text{мин}} + PN) * 10 + (C_p + C_{\text{орг}})] * 1,724, \quad (1)$$

где  $BN$  – вынос азота;  $P_{\text{мин}}$  – потеря азота за счёт минерализации гумуса;  $PN$  – поступление азота в почву;  $C_p$  – поступление углерода с растительными (пожнивными-корневыми) остатками;  $C_{\text{орг}}$  – поступление азота с органическими удобрениями;  $10$  – коэффициент перевода азота в углерод.

**Болгов Владимир Иванович**

канд. тех. наук

**Стрелин Борис Васильевич**

канд. экон. наук

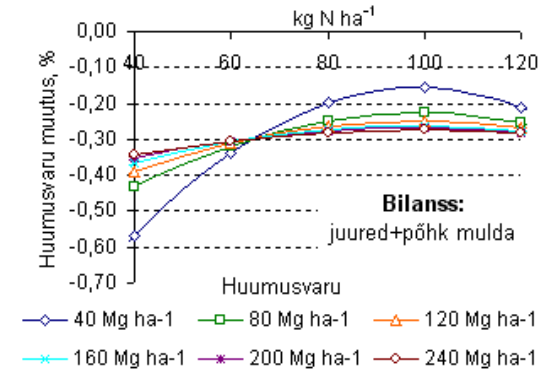
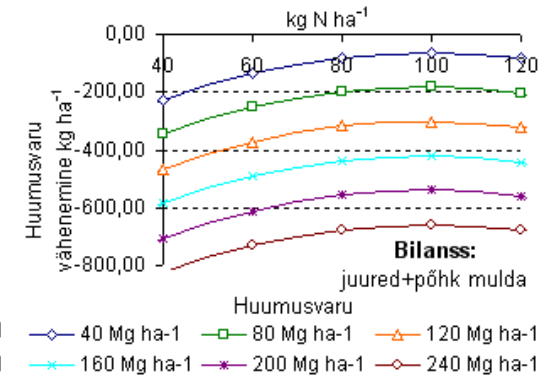
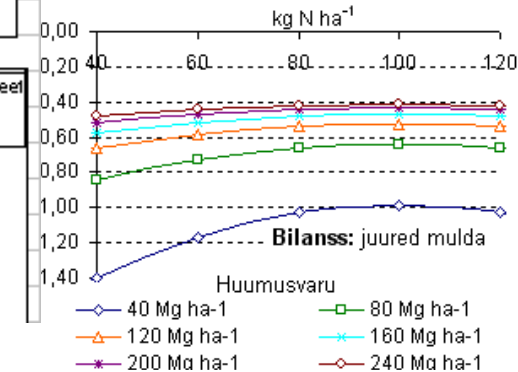
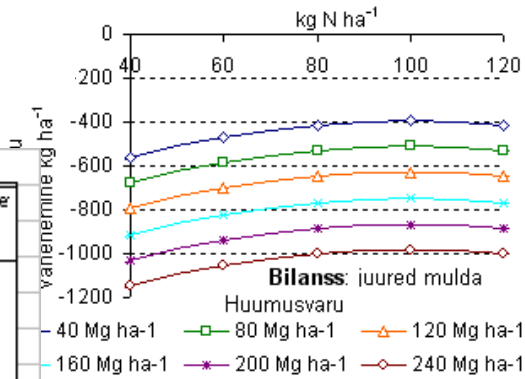
**Суходолов Александр Сергеевич**

# Lämmastiku aktiivbilansi alusel

## ODER

Regression Summary for Dependent Variable: Bilanss põhuta (Spreadsheet)						
R= ,94113708 R <sup>2</sup> = ,88573901 Adjusted R <sup>2</sup> = ,88540467						
F(4,1367)=2649,2 p<0,0000 Std. Error of estimate: 121,82						
N=1372	Beta	Std. Err. of Beta	B	Std. Err. of B	t(1367)	p-level
Intercept			322,1007	11,03899	29,1784	0,00
Hut./ha	-0,339517	0,009433	-2,4676	0,06856	-35,9913	0,00
N kg/ha	1,186113	0,027357	9,4037	0,21689	43,3563	0,00
N*N	-0,521359	0,026662	-0,0293	0,00150	-19,5542	0,00
Saak F1KA	-0,994093	0,010350	-0,3095	0,00322	-96,0484	0,00

Regression Summary for Dependent Variable: Binanss põhuga (Spreadsheet)						
R= ,93081501 R <sup>2</sup> = ,86641658 Adjusted R <sup>2</sup> = ,86602570						
F(4,1367)=2216,6 p<0,0000 Std. Error of estimate: 113,12						
N=1372	Beta	Std. Err. of Beta	B	Std. Err. of B	t(1367)	p-level
Intercept			324,5689	10,25068	31,6632	0,00
Hut./ha	-0,379383	0,010200	-2,3681	0,06367	-37,1952	0,00
N kg/ha	1,397907	0,029580	9,5180	0,20140	47,2582	0,00
N*N	-0,632572	0,028829	-0,0306	0,00139	-21,9424	0,00
Saak F1KA	-0,878937	0,011191	-0,2350	0,00299	-78,5404	0,00



**Koostati mulla huumusvaru ja lämmastikväetiste kasutamist arvestavad algoritmid odrale (n=1372), nisule (n=226), rukkile (n=321), kaerale (n=285), hernele (n=74), kartulile (n=715), rapsile (n=136), punane ristik haljasväetiseks (n=34), lutsernile heinaks ja siloks (n=34), lutsernile haljasväetiseks (N=5), põldheinale (n=909) ja timutile (n=56).**

# Taimeosade suhtarvud



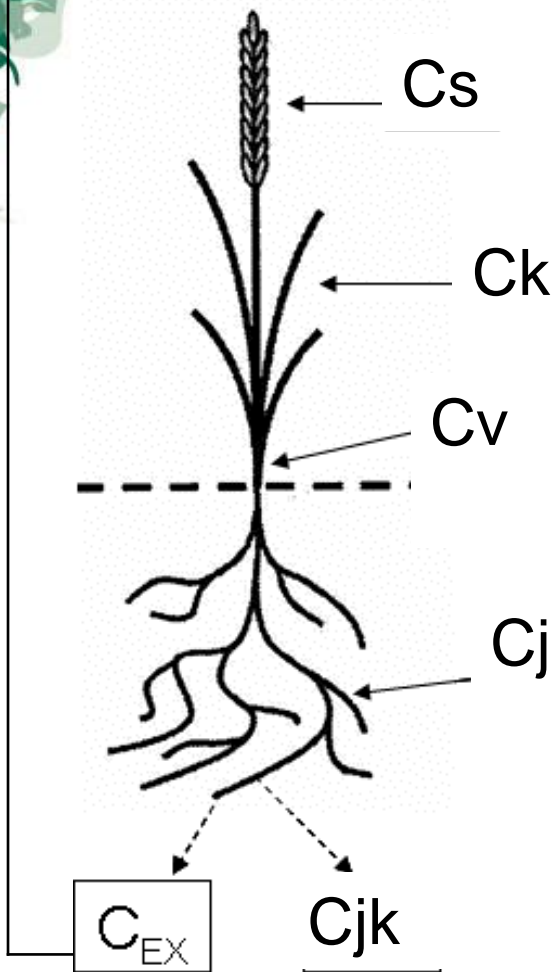
	Teraviljad				
	Põhk/saak	Juured/saak	Juured/põhk	Juured + juurevaris	Allikas
Oder	0,8	0,43	0,53	juured*1,65	EMÜ, Bolinder
Suvinisu	0,9	0,36	0,39	juured*1,65	EMÜ, Bolinder
Mais		0,2		juured*1,65	Pietola, Alakukku, Bolinder, Prince
	Pealsed/mugulad	Juured/mugulad			
Kartul	0,2	0,1		juured*1,65	Bolinder, Klimanek,

**Põhitoodang**

**Kõrvaltoodang**

**Juured**

**Ladestub risosfääris**



Cs – saak

Ck - kõrvaltoodang

Põhk = humifikatsioonikoefitsient 20

Cv – taimede varis

Cj - juured

humifikatsioonikoefitsient 25

Cex – juureeritised

humifikatsioonikoefitsient 5%

Cjk – juurte kasvuajal mulda lagunenuid juurte mass (kasvuajal laguneb ja uueneb juurte mass ligikaudu 200%)

humifikatsioonikoefitsient 14

**Risosfääri C (joonisel Cex ja Cjk) arvestatakse 65% juurte massist** (Kuzyakov ja Schneckenberger, 2004; Bolinder et al., 2007; Can et al 2009).

# Lisatav orgaanika

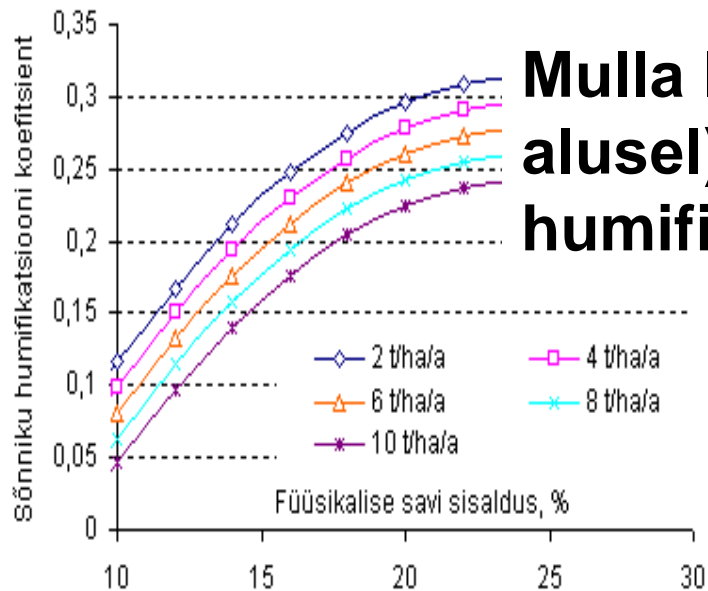
## Humifikatsioonikoefitsient sõltub listava orgaanika kogusest

Kolbe 2008

C moodustumine sõltuvalt orgaanika kogusest

Põhku t/ha a			3	3...6	>6
Haljaväetis, sõnnik kompost t /ha a			10	10....20	>20
Vedelsõnnik m <sup>3</sup> /ha a			35	35...70	>70
		Ka %	C kg/tonn		
Põhk		86	100	81	49
Sõnnik	värske	20	28	24	21
		30	40	34	30
	käärinud	25	40	34	29
		35	56	48	41
	kompostitud	35	62	50	39
		55	96	78	61
Vedelsõnnik	veis	7	9	8,5	8,5
	sig	8	8	7,2	7,2





## Mulla lõimise (füüsikalise savi sisalduse alusel) ja sõnnikukoguste mõju humifikatsioonile

## Orgaaniliste väetiste koguste mõju humifikatsioonile

Mulda viidav orgaaniline aine	Võrrand ( $y$ – kg huumust 1 tonni või $m^3$ kohta; $x_1$ – $Mg\ ha^{-1}$ ; $x_2$ – kuivaine %; $x_3$ – $m^3\ ha^{-1}$ )
Veise vedelsõnnik	$y = 0,96 + 2,05x_2 - 0,02x_3$
Sea vedelsõnnik	$y = 1,00 + 1,31x_2 - 0,02x_3$
Värske kompost	$y = 13,98 + 1,94x_2 - 0,67x_1$
Valmis kompost	$y = 24,74 + 2,15x_2 - 1,20x_1$
Vedel biogaasi substraat	$y = 4,81 + 1,61x_2 - 0,03x_3$
Tahke biogaasi substraat	$y = 10,48 + 1,94x_2 - 0,51x_1$

**Sõnnikuga, sealhulgas töödeldud sõnnikuga, on lubatud anda haritava maa ühe hektari kohta kuni 170 kg lämmastikku ja 25 kg fosforit aastas, kaasa arvatud lämmastik ja fosfor, mis jääb maale karjatatavate loomade väljaheidetega**

**P osas tulevad muutused, Riigikogus lugemisel???**

N

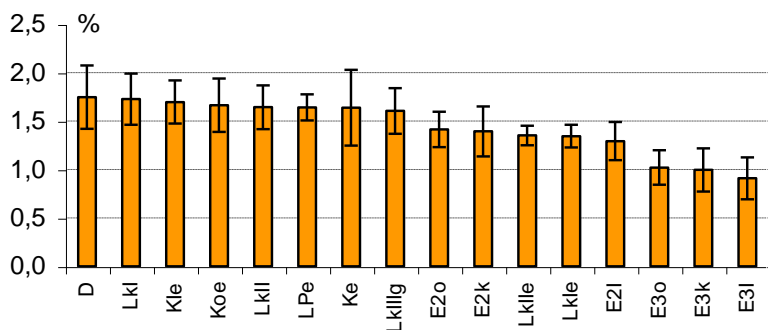
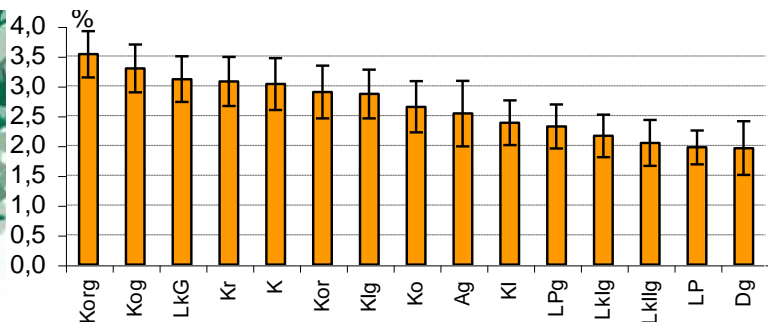
	Tahe		Sügavallapanuga		Vedel	
	KA%	20-25	>25		<7,9	
	N%	Sõnnik t/ha	N%	Sõnnik t/ha	N%	Sõnnik t/ha
Veisesõnnik	4,36	<b>39</b>	5,43	<b>31</b>	4,74	<b>36</b>
Seasõnnik	5,5	<b>31</b>	5,94	<b>29</b>	5,5	<b>31</b>
Lammas			6,71	<b>25</b>		
Hobune			6,56	<b>26</b>		

Sõnniku toitainete % võetud Väetamise ABC-st

Enn Lauringson, Liina Talgre 27.11.2015

# Eesti põllumuldade humusesisaldus

Mulla lõimisest sõltub humifikatsioonikoefitsient



Kui lähtuda meie K, Ko ja Kl muldade andebaasist, siis humusesisaldus ja suhtarvud on järgmised:

H.Roostalu

Lõimis	l	sl	ls1	ls2	ls3	s
Hu%	2,09	2,68	2,8	2,73	2,54	2,34
koef	0,75	0,96	1	0,98	0,91	0,84



**Kõnekäänd, et mis liigub, see kulub, kehtib ka mullas.**

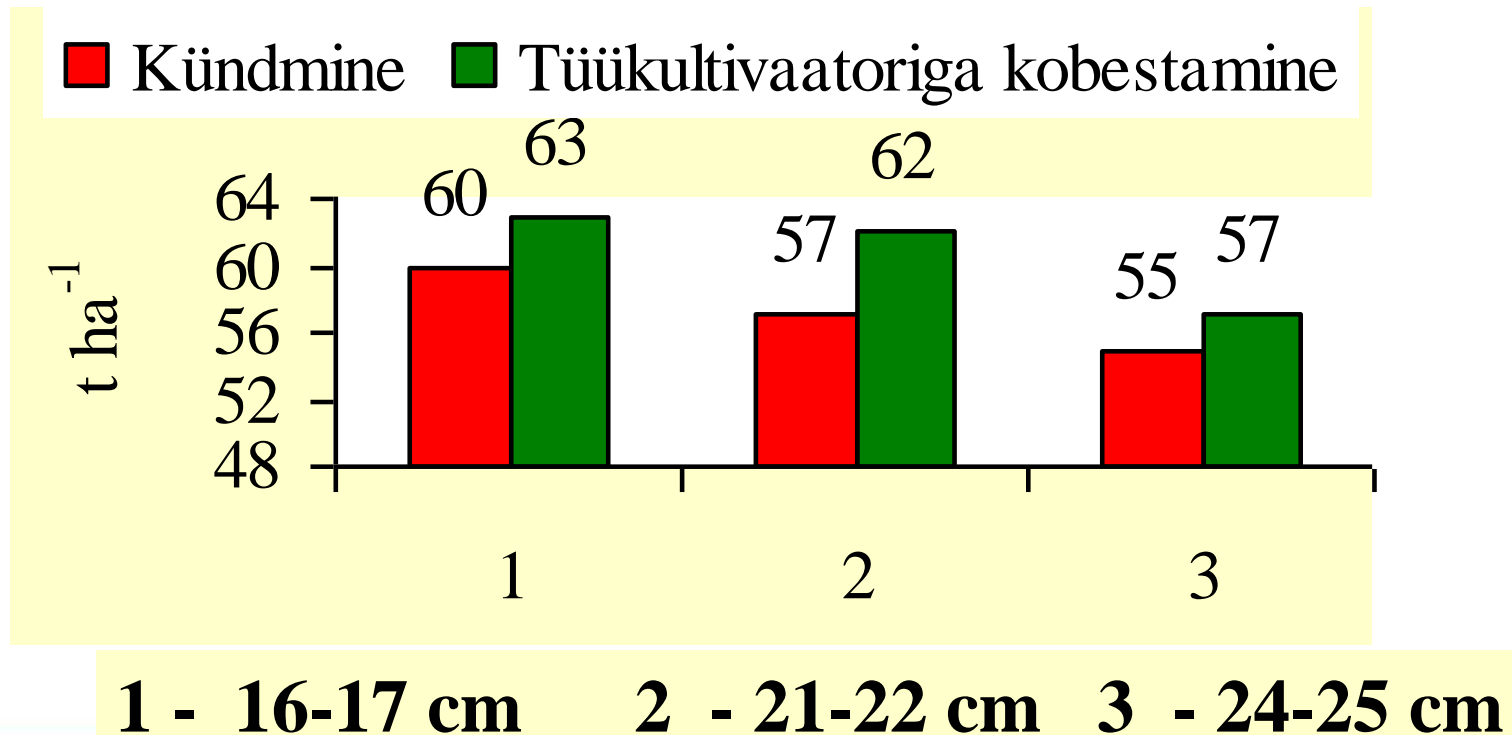
**Erinevad harimisvõtted mõjutavad mulla orgaanilise C-varu erinevalt.**

**Saksamaa teadlaste senised soovitusel on huumusbilansi arvutuste juures mullaharimisviisi **mitte arvestada** (Kravutschke jt, 2009).**

**Lähtudes Saksamaa pikaajaliste katsete ja meil toimunud katsete andmestikust: on mullaharimisviiside alusel huumusbilansi arvutuste diferentseerimiseks kalkulaatoris **minimeeritud harimise korral koefitsienti 1,05.****

Intensiivsem harimine suurendab mineraliseerumist ja mõnevõrra võib väheneda huumusvaru

Kündmise ja kobestamise mõju huumusvarule (aastatel 1987–1997 korraldatud katse lõpuaastal. EMÜ, Eerikal)



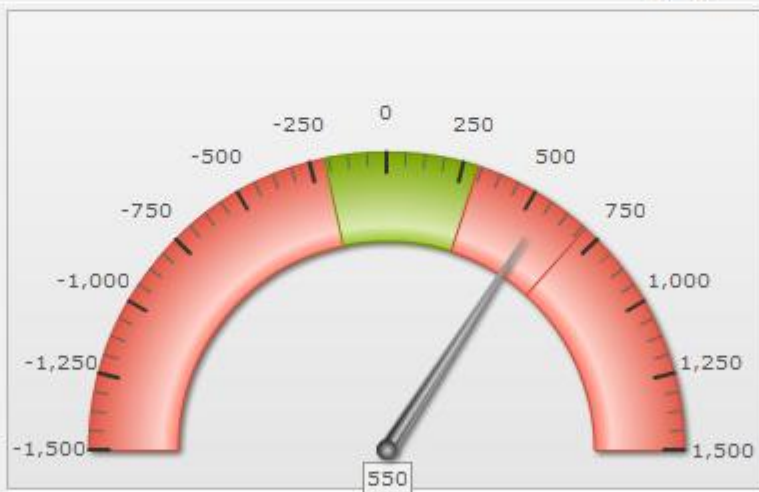
Harimissügavus

1	Hafer	Grünroggen	Gülle Geflügel (Kot) 35% TM
	TM-Ertrag (dt/ha) 400	TM-Ertrag (dt/ha) 0	Menge (to bzw. m <sup>3</sup> /ha) 45
	<input type="checkbox"/> Einarbeitung von Stroh oder Rübenblatt	<input type="checkbox"/> Einarbeitung der Zwischenfrucht	
<b>Summe</b>			

Weiteres Anbaujahr anlegen

### Ist Ihre Humusbilanz ausgeglichen?

Block...



**E sehr hoch**

erhöhtes Risiko für Stickstoff-Verluste, niedrige N-Effizienz

# Huumuskalkulaatori tulemid

Algne huumusvaru, t/ha

**Huumusbilanss, kg/ha  
aastas**

Põllupõhiselt ja külvikorra kohta kaalutud keskmisena

**Huumusvaru muutus,  
% algarvust aastas**

Põllupõhiselt ja külvikorra kohta kaalutud keskmisena

## Hinnang huumusbilansi tulemusele

Huumusbilanss (huumust kg/ha/aastas)	Hinnang	Selgitus
< -350	Väga madal	<b>Negatiivne mõju mullaviljakusele ja saagikusele</b>
-350 kuni - 130	Madal	<b>Ebasoodne madala huumussisaldusega muldadel, lühiajaliselt aktsepteeritav suure huumusvaruga muldadel</b>
-129 kuni + 170	Optimaalne	<b>Optimaalne, tagab saagikindluse, sobiv erineva huumussisaldusega muldadele</b>
+171 kuni +520	Kõrge	<b>Sobib eeskätt madala huumussisaldusega muldadele</b>
> +521	Väga kõrge	<b>Suureneb lämmastiku leostumise oht</b>