

# Vihmaussid – viljaka mulla ehitajad

## Vihmausside tähtsus ja soovitused nende soodustamiseks põllumajanduses

### Lühidalt

Tänapäeval teatakse palju vihmausside üldisest taksonoomiast ja bioloogiast, samas on suhteliselt vähe teada nende mõjust mullale, nende vastastikmõjust muude mullaorganismidega ja põllumajanduslike tavade mõjust nende populatsioonidele.

Käesolev juhend annab lühiülevaate vihmausside bioloogiast, ökoloogiast ja mitmest teenusest, mida vihmaussid talunikele osutavad. Samuti antakse soovitusi nende erakordsete olendite edendamiseks põldudel.



### Alahinnatud töölisel

19. sajandil peeti vihmausse mullakahjuriteks. Kuigi see vaade on muutunud, ei pöörata põllumajanduses siiski vihmaussidele piisavalt tähelepanu. Väga vähesed põllumehed tegelevad aktiivselt nende soodustamisega. Üha raskemad masinad, intensiivne mulla-harimine ja pestitsiidide intensiivne kasutamine on paljudes kohtades vihmaussid välja tõrjunud. Vastupidiselt sellele võib terve mullaga rohumaa ühelt hektarilt leida üks kuni kolm miljonit vihmaussi.

Vihmausside arvu ja mitmekesisust peetakse mullaviljakuse oluliseks kriteeriumiks, sest vihmaussid aitavad mitmel viisil kaasa terve ja bioloogiliselt aktiivse mulla kujunemisele ning põllumajandussüsteemide paremale kohanemisele kliimamuutustega. Vihmaussid toetavad põhilisi mulla funktsioone, mis on aluseks paljudele positiivsetele ökosüsteemi teenustele. Tänu nendele arvukatele teenustele, mis suurendavad agroökosüsteemide jätkusuutlikkust, peaks vihmaussidele säästlikes põllumajandussüsteemides oluliselt rohkem tähelepanu pöörama.

### Levik ja bioloogia

Kui polaarpiirkonnad ja kõrbed välja arvata, võib vihmausse leida enamikes muldades. Kuigi maailmas tuntakse üle 3000 vihmaussiliigi, leidub Euroopas ainult 400 liiki ja Kesk-Euroopas 40 liiki. Põllumuldades on leitud ainult 4–11 liiki.

Vihmaussid eelistavad keskmise raskusega savimuldi kuni savikaid liivmuldi. Rasked savimullad ja kuivad liivased mullad ei soodusta nende arengut. Happelistes turvasmuldades leitakse ainult teatud spetsialiseerunud liike, mis on sellistele "vaenulikele" tingimustele kohastunud.

Vihmaussid on hermafrodiidid ja arenevad aeglaselt, välja arvatud mulla pinnal kõdukihis elavad vihmaussid. Aastas saadakse ainult üks põlvkond järglasi. Vihmaussid produtseerib maksimaalselt 8–12 kookonit (munad). Vihmaussid elavad olenevalt liigist 2–8 aastat. Suguküpse vihmaussi keha ümbritseb roosa paksend (vöö).

Kevadel ja sügisel on käikude moodustamise ja paljunemise aktiivsus suurim. Kui ilm on väga kuiv ja kuum, liiguvad paljud vihmaussid sügavamatesse mullakihtidesse. Talvise külmaga liiguvad ussid külmumata pinnasesse ja nende ainevahetus aeglustub miinimumini. Kül mavabadel päevadel saavad nad taas aktiivsemaks.

Vihmaussid võivad migreeruda põldudele häirimata servaladelt. Harilik vihmauss (*Lumbricus terrestris*) suudab aastas liikuda kuni 20 meetri kaugusele.



*Necodrillus* sp. isend tõmbub kerra, et üle elada kuuma-, kuiva- või külmaperioodid.

### Toitumine

Vihmaussid toituvad peamiselt surnud taimeosadest. Öösel toituvad nad mullapinnal arenevatest vetikatest ning veavad taimeosad oma käikudesse, kus mulla mikroorganismid taimeosi 2–4 nädala jooksul "eeltöötlevad". Vihmaussidel pole hambad ja seega ei saa nad toituda juurtest. Selleks, et vihmaussid saaksid edeneda, on hädavajalik, et neil oleks rikkalikult toitu.

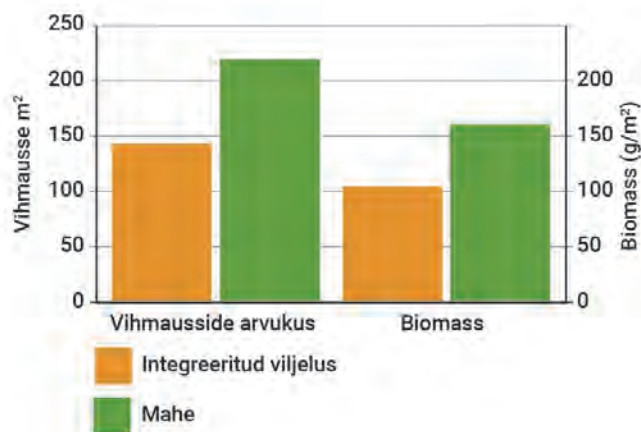
## Tavapäraste põllumajanduspraktikate mõju vihmausside populatsioonile

Pestitsiidide kasutamine võib vihmausse mõjutada kolmel tasandil: mõjutada isendite geeniekspressiooni ja füsioloogiat; muuta eluajaloo tunnuseid, populatsiooni käitumist; muuta vihmausside populatsiooni biomassi ja arvukust. Pestitsiidid võivad häirida ensümaatilisi protsesse, suurendada isendite suremust, vähendada nende sigivust ja kasvu või muuta individuaalset käitumist, näiteks söömiskiirust, ning vähendada kokkuvõttes kogu populatsiooni biomassi ja arvukust.

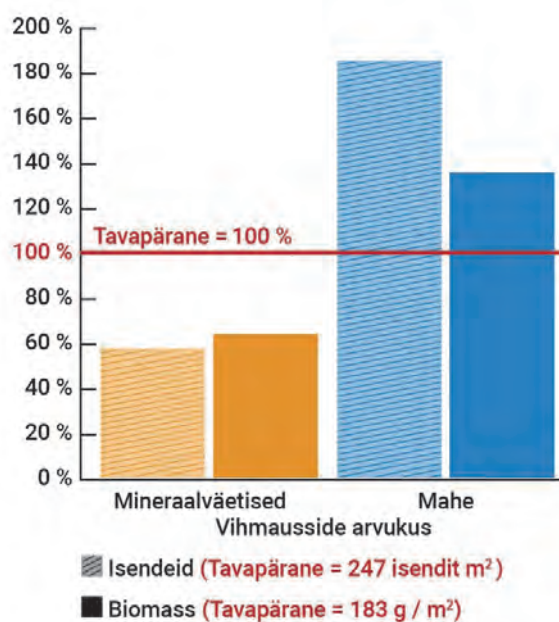
Harilik vihmauss (*L. terrestris*) on kõige enam ohustatud mulla pinnale antavatest pestitsiididest. Et harilik vihmauss moodustab püsivaid käike, siis ei puutu ta pinna all oleva mullaga oma käikudes kuigipalju kokku. Vastupidiselt, sellised liigid, nagu harilik mullauss (*A. Caliginosa*), kes pidevalt uuristavad uusi käike, kui nad toituvad mulla sees, on kõige vastuvõtlikumad, kui mürgised pestitsiidid viiakse pinnasesse.

Enamik herbitsiidide tõenäoliselt vihmausse otseselt ei kahjusta. Kui herbitsiidide kasutatakse etteantud normide järgi, on neil vihmaussidele vähene toksilisus. Kuid nad võivad vähendada vihmausside populatsioone, vähendades orgaanilise aine kättesaadavust (umbrohte) mullapinnal.

Mõned mineraalväetised, eriti ammooniumsulfaat, võivad tõenäoliselt olla vihmausside populatsioonidele kahjulikud happelise mõju tõttu.






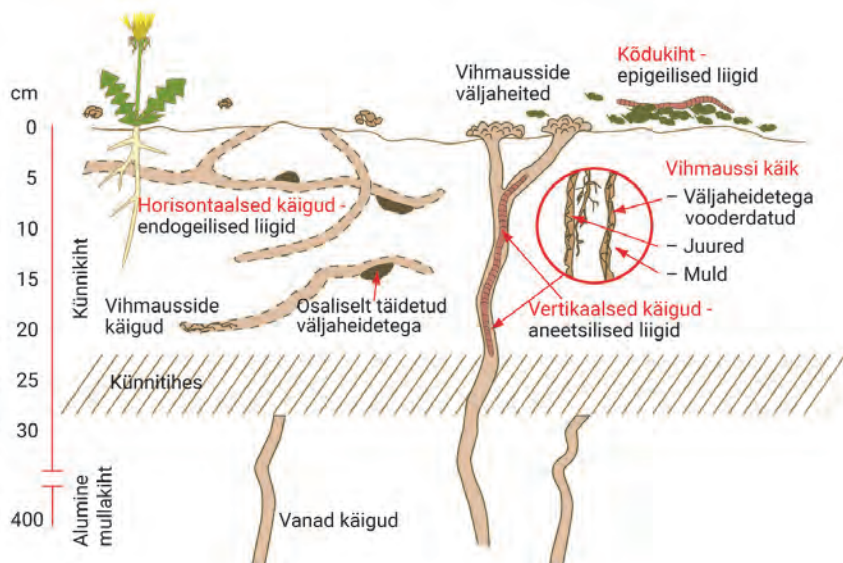
Joonis 1: Põllumajandussüsteemide mõju vihmausside tihedusele ja vihmausside biomassile teraviljapõldudel (Pfißner & Luka 2007).



Joonis 2: Väetamise ja pestitsiidide mõju erinevates põllumajandussüsteemides vihmausside arvukusele ja biomassile (kolme aasta keskmine) pikaajalises uuringus (DOK-uuring). Mineraalväetised – ainult mineraalväetis ja integreeritud kahjuritõrje; Mahe – väetati ainult sõnnikuga, pestitsiidide ei kasutatud. Tavapärane 100% – mineraalväetis ja orgaaniline väetis kombineerituna ning integreeritud kahjuritõrje (Pfißner & Mader 1997).

## Vihmausside kolm ökoloogilist rühma parasvöötme ökosüsteemides

Rühmad	Kõdukihis elavad liigid	Mullapinna lähedal elavad liigid	Sügavamates mullakihtides elavad liigid
	Mulla pinnal elavad epigeilised liigid	Mulla pindmises kihis horisontaalseid käike uuristavad endogeilised liigid	Vertikaalseid käike uuristavad aneetsilised liigid
<b>Esindajad</b>			
<b>Liikide näited</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sõnnikuuss (<i>Eisenia fetida</i>)</li> <li>Punane vihmauss e pool-ööuss (<i>Lumbricus rubellus</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Piimjas soouss (<i>Octolasion lacteum</i>)</li> <li>Harilik mullauss (<i>Allolobophora caliginosa</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Harilik vihmauss e ööuss (<i>Lumbricus terrestris</i>)</li> <li>Suur mullauss (<i>Allolobophora longa</i>)</li> </ul>
<b>Värv</b>	Pruunikaspunane	Kahvatu	Punakaspruun, pea tumedam
<b>Elupaik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mulla pinnal kõdukihis, peamiselt rohumaadel, metsades ja kompostis</li> <li>Esineb harva põldudel, sest seal pole püsivat kõdukihti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mulla pindmine kiht (5–40 cm), huumusrikkad mineraalmullad</li> <li>Peamiselt horisontaalsed ebapüsivad käigud</li> <li>Noorjärke leitakse enamasti kõige pindmisest kihist taimejuurte vahelt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kõigis mullakihtides 3–4 sügavuseni</li> <li>Veedavad kogu elu vertikaalsetes püsivates käikudes (Ø 8–11 mm)</li> <li>Olulised põllumuldades</li> </ul>
<b>Suurus</b>	Väike, enamasti 2–6 cm pikk	Väiksest kuni 18 cm pikkuseni	Enamasti suur, 15–45 cm pikk
<b>Toitumine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Toitub mulla pinnal olevatest taimejäänustest</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Toitub taimeosadest mulla pindmises kihis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Veavad suuri taimeosadid sügavatesse käikudesse</li> </ul>
<b>Paljunemine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paljunevad kiiresti</li> <li>100 kookonit aastas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paljunevad aeglaselt</li> <li>8–12 kookonit aastas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paljunevad aeglaselt</li> <li>8–12 kookonit aastas</li> </ul>
<b>Elutsükel</b>	Lühike, 1–2 aastat	Keskmine, 3–5 aastat	Pikk, 4–8 aastat
<b>Valgustundlikkus</b>	Nõrk	Tugev	Keskmine



Vihmausside kolmel ökoloogilisel rühmal on selgelt erinevad toitumise- ja elupaigatüübid.



## Kuidas vihmaussid soodustavad mullaviljakust?

Vihmaussid ladustavad igal aastal ruutmeetri kohta kuni 10 kg väärtuslikke väljaheiteid nii mulda kui ka selle pinnale. See tähendaks 0,5 cm paksust kihti põldudel ja kuni 1,5 cm paksust kihti rohumaadel. Kuid lisaks sellele pakuvad vihmaussid mullale teisigi teenuseid.



*Vihmausside käigud on vooderdatud väljaheidetega, pruunide huumusejälgedega ja kristalliseerunud toitainete valgete täpikestega, mis tagavad taimejuurtele suurepärased kasvutingimused.*

### 1. Vihmaussid õhustavad mulda

Vihmausside käigud soodustavad mulla õhustamist ja suurendavad makropooride hulka.

### 2. Vihmaussid parandavad vee infiltratsiooni mulda ja vähendavad pindmist vee äravoolu

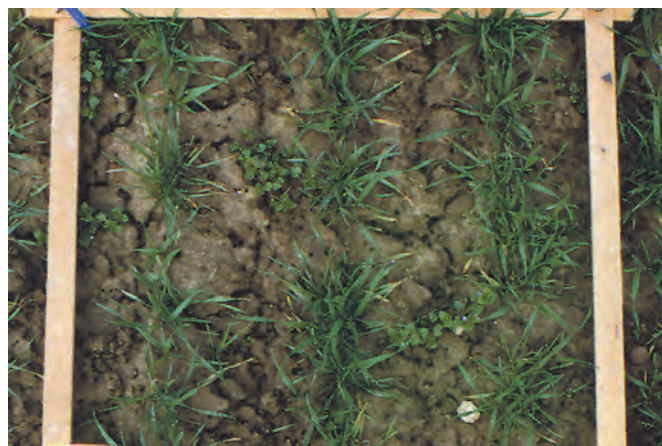
Vertikaalseid käike rajavate usside käigud soodustavad vee infiltratsiooni mulda, selle püsimist mullas ja samuti vee läbilaskvust. Seega vähenevad vee äravool pinnalt ja erosioon. Kündmata mullast võib leida umbes 150 käiku või 900 m käike ühes kuupmeetris pindmises mullakihis. Limaga stabiliseeritud vertikaalsed käigud võivad minna kuni 3 meetri sügavusele lössimuldades ja isegi sügavamale kui 6 meetrit mustmuldades (*chernozem*). Tänu võimsale lihastikule on mõned ussid võimelised tungima ka teatud määral tihendatud pinnasesse ja parandavad seega vee läbilaskvust.

### 3. Vihmaussid lagundavad taimejäänuseid

Põldudel viivad vihmaussid mulda kuni 6 tonni surnud orgaanilist ainet hektari kohta aastas. Metsades töötlevad nad ümber 9 tonni lehestikku hektari kohta aastas.

### 4. Vihmaussid kontsentreerivad taimetoitaineid

Vihmaussid toodavad igal aastal hektari kohta 40–100 tonni väljaheiteid. Väljaheited moodustavad püsivaid mullaagregaate, mis ladestuvad mulla pinnale. Orgaanilised ja anorgaanilised fraktsioonid on väljaheidetes hästi segatud ning toitained esinevad kergesti kättesaadaval ja rikastatud kujul. Väljaheited sisaldavad ümbritsevast mullast keskmiselt 5 korda rohkem lämmastikku, 7 korda rohkem fosforit ja 11 korda rohkem kaaliumi.



*Mullapinnal on palju vihmausside väljaheiteid, mis viitab vihmausside kõrgele aktiivsusele. Pärast tugevat vihma mullapind kuigi mudaseks ei muutu. Pilt on tehtud DOKi pikaajalise katse mahealalt Therwil'is, Šveitsis.*



*Mullapinnal on väga vähe vihmausside väljaheiteid, mis viitab vihmausside vähele aktiivsusele. Pärast tugevat vihma muutub mullapind mudaseks. Pilt on tehtud DOKi pikaajalise katse tavalalt Therwil'is, Šveitsis.*



## 5. Vihmaussid taastavad mulda

Vihmaussid transportivad mullaosakesi ja toitaineid alumistest kihtidest ülemistesse ja seega säilitavad mulla elujõudu.

## 6. Vihmaussid teevad biotõrjet

Vihmaussid soodustavad oma käikudes ja väljaheidetes kasulike mullabakterite ja seente koloniseerimist ja paljunemist. Tõmmates mahavarisenud taimeosi mulda, tehakse taimede patogeeneid (nt seenhaiguse õunapuu kärntõve tekitajad) ja kahjurid (lehetäid) bioloogiliselt kahjutuks. Vastupidavad vormid (eosed) aga taluvad seedimist vihmaussi seedekulglas ja erituvad väljaheidetega.

## 7. Vihmaussid soodustavad juurte kasvu

Rohkem kui 90 protsendis vihmausside käikudest kasvavad taimejuured. Juured saavad seega ilma takistusteta tungida sügavamatesse mullakihtidesse, leides käikudest toitainerikkaid vihmausside väljaheiteid, vett ja õhku.



Vihmausside käigud hõlbustavad taimejuurte sügavamale mulda tungimist.

## 8. Vihmaussid soodustavad mulla struktuuri ja stabiilsuse kujunemist

Orgaanilise aine intensiivsel segamisel anorgaaniliste mullaosakeste ja mikroorganismidega ning eritunud lima kaasabil moodustuvad stabiilsed mullaagregaadid, see aitab kaasa mulla hea struktuuri saavutamisele. Vihmausside suure aktiivsusega mullad ei muutu nii mudaseks ja taluvad rohkem tallamist kui vähese vihmausside aktiivsusega mullad. Lisaks sellele säilitatakse mullas efektiivsemalt toitaineid ja vett. Vihmausside rohked väljaheidetud muudavad rasked mullad kergemaks ja liivased mullad sidusamaks.



Vihmausside väljaheidet moodustavad püsivad mullaagregaadid ja on rikkad toitainete poolest. Vihmaussid võivad aastas toota hektari kohta 40–100 tonni väljaheiteid.

## Vihmaussid aitavad tõrjuda mullas elavaid taimekahjustajaid

Hiljutised uuringud näitavad, et vihmaussid soodustavad kasulike mullaorganismide kasvu ja paljunemist. Vihmaussid levitavad mullas kahjurputukaid hävitavaid nematoodide (*Steinernema sp*) ja seeni (*Beauveria bassiana*) aidates seega kaasa mullas levivate kahjurite paremale looduslikule reguleerimisele. Seente eosed kulgevad läbi vihmaussi seedekulglas ja väljuvad uuesti vihmausside väljaheidetega. Selles suhtes pakuvad väärtuslikke teenuseid liigid, mis rajavad vertikaalseid püsivaid käike nagu näiteks harilik vihmauss.

## 9. Vihmaussid ja süsiniku sidumine

Vihmaussid söövad erineva C:N suhtega orgaanilisi jääke ja muudavad selle kitsama C:N suhtega massiks, aidates lõpuks kaasa süsiniku sidumisele. Seega aitavad nad ka kliimamuutusi leevendada.

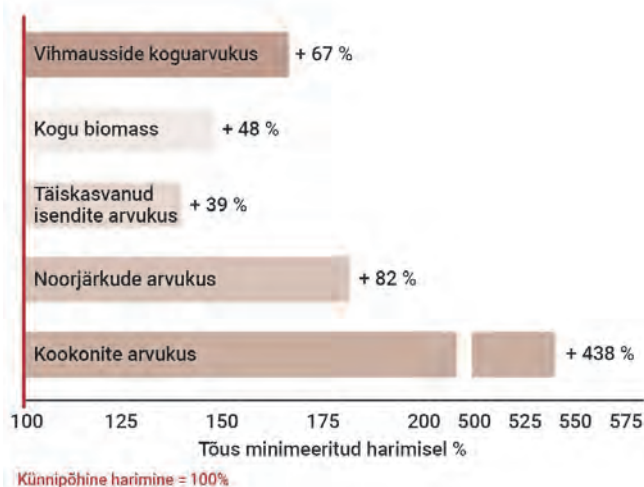


Vihmaussid viivad mulla pinnale langenud lehed oma käikudesse, kiirendades sel moel ka lehtedel olevate patogeeneid hävimist.

## Tõhusad põllumajandustavad vihmausside soodustamiseks

### Vältida intensiivset mullaharimist ja vähendada adra kasutamist

- Atru ja kiiresti pöörlevaid seadmeid tuleks kasutada ainult siis, kui see on hädavajalik, kuna need võivad teatud ajahetkedel vihmausse oluliselt kahjustada. Adraga künni järel võib vihmausside kahjustuse määr olla umbes 25% ja pöörlevate seadmete kasutamisel isegi kuni 70%.
- Vihmausside kõrge aktiivsuse ajal peaks vältima intensiivset mullaharimist.
- Kuiva või külma mulla harimine avaldab vihmausside populatsioonidele märksa väiksemat negatiivset mõju, sest enamik vihmausse on sellistel perioodidel liikunud sügavamatesse mullakihtidesse.
- Madal künd vähendab sügavamate mullakihtide tihenemist.
- Konserveeriv mullaharimine, mis hõlmab ka minimeeritud mullaharimist, vähendab mulla häirimist, vähendades mulla tihenemise ohtu, säilitades hea vee infiltratsiooni, vähendades vee äravoolu ja aurustumist ning parandades seeläbi mulla veehoidmisvõimet.

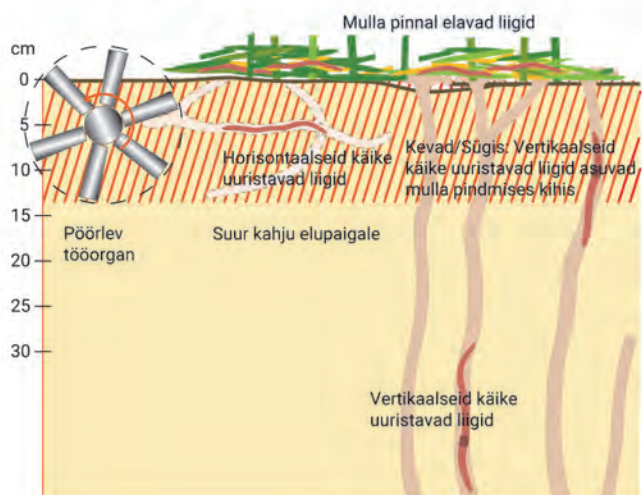


Joonis 3: Minimeeritud mullaharimise mõju vihmaussidele võrreldes künniga (künnipõhine harimine = 100 %) mahepõllumajanduslikel savimuldadel. Näidatud on vihmausside arvukuse, biomassi ja kasvujärkude arvukuse suhteline suurenemine võrreldes künniga (Kuntz et al. 2013).

### Erineva intensiivsusega mullaharimise mõju vihmaussidele

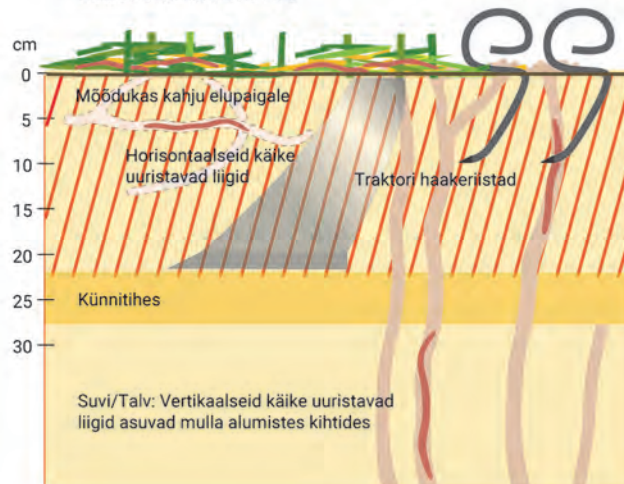
#### Intensiivne mullaharimine

Vihmausside kadu kuni 70%



#### Keskmise intensiivsusega mullaharimine

Vihmausside kadu kuni 25%



Mida intensiivsemalt mulda haritakse, seda suuremat kahju tekitatakse vihmaussidele. Kaod on suurimad kevadel ja sügisel.



## Mulla tihendamise minimeerimine

- Mulla tihendamine avaldab vihmausside populatsioonidele ja muudele mullaorganismidele negatiivset mõju. Mida raskemad on masinad, seda suurem on mulla tihendamine.
- Masinaid tuleb kohandada nii, et surve pinnasele oleks minimaalne (rehvirõhk, masinate mass).
- Mulla tihenemise vältimiseks tuleks harida ainult korralikult kuivanud mulda, mis kannab hästi masinaid.



Madalkünniader aitab vähendada mulla tihendamist künnikihis.



Kergemad ja kombineeritud seadmed aitavad vihmausse säästa.

## Külvikordade mitmekesistamine vihmausside menüü rikastamiseks

- Mitmeaastane külvikord pikaajaliste ja sügavajureliste ristikurohkete või muude haljasväetiskultuuridega ning erinevate saagikultuuride ja nende jäänustega on rikkaliku mullaelustiku aluseks ning on oluline vihmausside populatsiooni säilitamiseks või suurendamiseks.
- Mulla pidev kaetus (ka talvel) taimejäänuste või taimkattega on vihmaussidele ja muule mullaelustikule väga kasulik.
- Mitmeaastased ristiku-kõrreliste segud mõjuvad vihmausside populatsioonidele oluliselt soodsamalt kui üheaastane rohuma.

## Väetamine vastavalt mullaomadustele ja taime vajadustele

Vihmaussipopulatsioon mõjutavad nii kasutatava väetisetüüp kui ka kogus.

- Muld, mida väetatakse tasakaalustatult vastavalt põllukultuuride vajadustele, on hea keskkond nii põllukultuuride kui ka vihmausside jaoks.
- Kergelt kompostitud sõnnik sisaldab rohkem vihmausside toitu ja sobib seepärast paremini vihmausside edendamiseks kui küps kompost.
- Orgaanilised väetised tuleks paigaldada ainult madalale sügavusele. Sügavalt maetud taimejäägid on vihmaussidele kahjulikud, kuna seal võivad tekkida anaeroobsed protsessid.
- Et töötlemata vedelsõnniku ammoniaak on vihmaussidele väga kahjulik, eriti neile, kes elavad mullapinna lähedal märgades muldas, tuleb vedelat sõnnikut enne kasutamist segada (ja seega õhustada) ning lahjendada.
- Vedelsõnnikut tuleks kasutada ainult absorbeerivatele muldadele ja väikestes kogustes kuni 25 m<sup>3</sup> hektari kohta.
- Et tagada mulla neutraalne pH, tuleb pH mõõtmise alusel regulaarselt lubjata. Mulla pH alla 5,5 on vihmaussidele kahjulik.



Kui vedelsõnnikut antakse lahjendatuna ja mõõdukates kogustes, on see kasulik nii vihmaussidele kui ka taimedele.



Arukas vihmaussipopulatsioon muudab mulla sömeramaks ja parandab vee infiltreerumist mulda.

## Vihmausside arvukuse hindamine mullas

Kesk-Euroopa tingimustes on 120–140 vihmaussi põllumulla ruutmeetri kohta hea tulemus.

Vihmausside umbkaudset arvu saavad talunikud ise kergesti ligikaudselt hinnata, kasutades järgmisi meetodeid:

- 10 x 10 cm ja 25 cm sügavune labidatäis viljakat, keskmise raskusega mulda sisaldab keskmiselt 2–3 vihmaussi. See vastab 100–200 vihmaussile ruutmeetri kohta.
- Vihmausside väljaheitekuhilate arv on samuti hea vihmausside aktiivsuse näitaja. Aktiivsuseperioodidel (kevad ja varasügisel) 50x50 cm alalt vihmausside väljaheitekuhilaid loendades saame aimu vihmausside tegevusest:
  - 5 või vähem kuhilat näitab vihmausside vähest aktiivsust;
  - 10 kuhilat viitab vihmausside mõõdukale aktiivsusele;
  - 20 või enam kuhilat viitavad vihmausside kõrgele aktiivsusele ja piisavale arvule mullas.



Vihmauss väljub kookonist.

### Vihmausside arvukust mõjutab elupaik

Elupaiga asustamine vihmausside poolt sõltub eelkõige toidu ja veega varustusest, samuti varieerub nende arvukus ruutmeetri kohta elupaigati märkimisväärselt:

Ekstensiivne karjamaa	400–500 vihmaussi
Väetatud rohumaad	200–300 vihmaussi
Lehtpuumets	150–250 vihmaussi
Ekstensiivne põllumaa	120–250 vihmaussi
Väheviljakas rohumaad	30–40 vihmaussi
Kuusemets	10–15 vihmaussi



Vihmaussi kehal on paksend ehk vöö, mille eritistest moodustub kookon munade kaitseks.

### Kokkuvõte: peamised meetmed vihmausside soodustamiseks

Järgnevad meetmed on eeltingimuseks, et vihmausse oleks põllumajanduslikes muldades arvukalt:

1. Piisava toidu (taimne materjal) andmine vihmaussidele.
2. Vihmaussidele kahjulike pestitsiidide kasutamise vältimine.
3. Mulda säilitavate harimisviiside rakendamine, nagu minimeeritud ja künnivaba harimine.
4. Mulla tihendamise vältimine ning hea struktuuriga ja õhustatud mulla kujunemise soodustamine.
5. Kohalikele mullatingimustele ja põllukultuuridele sobiv väetamine, tasakaalustatud huumusbilanss külvikorra kaudu.

Rikas vihmaussielustik on võti, et säilitada ja kaitsta mulla tervist ning edendada olulisi mulla ökosüsteemi funktsioone.



## Kirjandus

- Blouin, M., Hodson, M.E., Delgado, E.A., Baker, G., Brussaard, L., Butt, K.R., Dai, J., Dendooven, L., Peres, G., Tondoh, J.E., Cluzeau, D., Brun, J.-J. (2013). A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science* 64: 161–182.
- Bouché, M.B. (1972). *Lombriciens de France: écologie et systématique*. INRA, Paris.
- Curry J.P., Schmidt O. (2007). The feeding ecology of earthworms – A review. *Pedobiologia* 50: 463–477.
- Edwards, C.A., Bohlen, P.J. (1996). *Biology and Ecology of Earthworms*. 3<sup>rd</sup> ed. Chapman & Hall, London. 426 pp.
- Kuntz, M., Berner, A., Gattinger, A., Mäder, P., Pfiffner, L. (2013). Influence of reduced tillage on earthworm and microbial communities under organic arable farming. *Pedobiologia* 56: 251–260.
- Lee, K. E. (1985). *Earthworms. Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use*. Academic Press, Sydney, 411 pp.
- Peigné, J., Vian, J. F., Cannavacciuolo, M., Lefevre, V., Gautronneau, Y., & Boizard, H. (2013). Assessment of soil structure in the transition layer between topsoil and subsoil using the profil cultural method. *Soil and Tillage Research*, 127, 13–25.
- Peigné, J., Cannavacciuolo, M., Gautronneau, Y., Aveline, A., Giteau, J. L., & Cluzeau, D. (2009). Earthworm populations under different tillage systems in organic farming. *Soil and Tillage Research*, 104(2), 207–214.
- Pelosi, C., Barot, S., Capowicz, Y., Hedde, M., Vandenbulcke F. (2013). Pesticides and earthworms. A review. *Agronomy for Sustainable Development* DOI 10.1007/s13593-013-0151-z.
- Pfiffner, L. & Luka, H. (2007). Earthworm populations in two low-input cereal farming systems. *Applied Soil Ecology* 37: 184–191.
- Pfiffner, L. & Mäder, P. (1997). Effects of biodynamic, organic and conventional production systems on earthworm populations. *Biological Agriculture and Horticulture* 15: 3–10.

## Impressum

### Väljaandja:

Research Institute of Organic Agriculture FiBL  
Ackerstrasse 113, P.O. Box 219  
CH-5070 Frick, Switzerland  
Tel. +41 (0)62 865 72 72  
info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus

Kungla 1a, 50403 Tartu

Tel. 5225936

kontakt@maheklubi.ee, www.maheklubi.ee

**Autor:** Lukas Pfiffner, FiBL

**Kaastööd:** Josephine Peigné (ISARA, Lyon), Paul Mäder (FiBL) en Julia Cooper (Newcastle University, UK)

**Toimetaja:** Gilles Weidmann (FiBL)

**Fotod:** Thomas Alföldi, FiBL: tiitelleht, lk 4 (2, 3), 7 (1-3); M. Biondo: lk. 2; Otto Ehrmann, D-Creglingen: lk 5; Andreas Fliessbach, FiBL: lk 7 (4, 5); Lukas Pfiffner, FiBL: lk 3 (1, 2, 3), 4(1), 8 (2); Fritz Häni: lk 8 (1)

FiBL Nr: 1111

© FiBL & Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus

Väljaandes olev info on esitatud autorite parima teadmise kohaselt, autorid ei võta vastutust käesoleva info rakendamise eest.

Materjal valmis projekti "Reduced crops and green manures for sustainable organic crop systems" (TILMAN-ORG) raames, eestikeelne väljaanne valmis projekti Organic Knowledge Network Arable raames.

Projekti Organic Knowledge Network Arable rahastab Euroopa Liidu teadusuuringute ja innovatsiooni raamprogramm Horisont 2020.

Rohkem infot: <http://www.ok-net-arable.eu/>

