



# En rumslig fältstudie av sambandet mellan daggmaskar och markkemiska och fysikaliska egenskaper i skånska åkermarker

Är daggmaskar en biologisk indikator för markens bördighet?

---

Oscar Andersson

Examensarbete • 30 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för mark och miljö  
Agronom mark och växt – Masterprogram  
Examensarbeten / Institutionen för mark & miljö, SLU  
Serienummer: 2026:04  
Uppsala 2026



En rumslig fältstudie av sambandet mellan daggmaskar och markkemiska och fysikaliska egenskaper i skånska åkermarker.  
Är daggmaskar en biologisk indikator för markens bördighet?

*A special field study of the relationship between earthworms and soil chemical and physical properties in arable soils in southern Sweden. Are Earthworms a Biological Indicator for Soil Fertility?*

Oscar Andersson

<b>Handledare:</b>	<b>Thomas Keller, SLU, Institutionen för mark och miljö</b>
<b>Bitr. handledare:</b>	Lars Wiik, Hushållningssällskapet
<b>Examinator:</b>	Eveline Krab, SLU, Institutionen för mark och miljö
<b>Omfattning:</b>	30 hp
<b>Nivå och fördjupning:</b>	Avancerad nivå, A2E
<b>Kurstitel:</b>	Självständigt arbete i biologi för agronomer
<b>Kurskod:</b>	EX1026
<b>Program/utbildning:</b>	Agronom mark och växt - Masterprogram
<b>Kursansvarig inst.:</b>	Institutionen för vatten och miljö
<b>Utgivningsort:</b>	Uppsala
<b>Utgivningsår:</b>	2026
<b>Nummer i serien:</b>	2026:04
<b>Serietitel:</b>	Examensarbeten/Institutionen för mark och miljö, SLU
<b>Omslagsbild:</b>	Oscar Andersson
<b>Upphovsrätt:</b>	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
<b>Nyckelord:</b>	Antal daggmaskar, Biologisk Indikator, Markbördighet, Rumslig variation, Markkemiska egenskaper, Markfysikaliska egenskaper

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

## Sammanfattning

Markens bördighet och produktivitet är avgörande för livsmedelsproduktionen, men det är komplext att mäta och definiera vad som är en bördig jord eftersom det beror på ett samspel mellan fysikaliska, kemiska och biologiska faktorer. De kemiska och till viss del fysikaliska faktorerna mäts rutinmässigt inom lantbruket, men biologiska indikatorer är mer sällsynta. Det här mastersarbetet har analyserat vad dagmaskantal kan säga om variationen av olika markkemiska och fysikaliska egenskaper och om de kan fungera som rumslig biologisk indikator.

Studiens syfte var att undersöka variationen av dagmaskar inom och mellan fält samt ifall de visar ett samband med infiltration, penetrationsmotstånd, pH och växttillgänglig näring (P-AL, K-AL, Ca-AL, Mg-AL och K/Mg-kvoten). Metoden innefattade 10 fält i Skåne, där fyra fält mättes med ett prov per hektar och resterande fält mättes med tre prov per fält. Där inventerades dagmaskantalet genom handsortering och jämfördes statistiskt med resterande markdata genom PCA-analys, Pearson-analys för att hitta linjära samband och Spearman-analys för att hitta monotona samband.

Resultaten visar främst att dagmaskantalet korrelerar med markkemiska parametrar snarare än markfysikaliska. Det mest robusta resultatet var sambandet mellan antal dagmaskar och halten av lättillgängligt kalium i matjorden (K-AL). Det fanns ett signifikant positivt samband i både Pearson-analysen ( $R^2=0,118$ ;  $p=0,0067$ ) och Spearman-analysen ( $\rho=0,314$ ;  $p=0,013$ ). Det fanns även signifikanta men svaga positiva samband med P-AL och K/Mg-kvoten i Pearson-analysen. Det hittades dock inga signifikanta samband mellan antal dagmaskar och infiltration eller penetrationsmotstånd. Det tyder på att andra faktorer så som jordbearbetning, markpackning och textur har större inverkan på markstrukturen än dagmaskar. Det observerades även att dagmaskantalet var högre i plöjningsfria system än i system där fälten plöjs årligen.

Slutsatsen är att studien till viss del bekräftar dagmaskars relevans som indikator för markens bördighet. Antalet dagmaskar kan indikera skillnader i mängd tillgänglig näring mellan fält, men inte inom fält. Däremot behövs vidare forskning för att undersöka sambandet mellan dagmaskar och fysikaliska markegenskaper på fältnivå. Slutligen bidrar studien med ny kunskap om hur dagmaskar påverkar sin miljö på fältnivå och visar att dagmaskar samvarierar med vissa näringsparametrar och jordbearbetningsmetoder.

*Nyckelord:* Antal dagmaskar, Biologisk indikator, Markbördighet, Rumslig variation, Markkemiska egenskaper, Markfysikaliska egenskaper

## Abstract

The fertility and productivity of soil is crucial for food production but measuring and defining soil fertility is complex since it depends on an interaction between physical, chemical and biological factors. Chemical and, to some extent, physical factors are routinely measured in agriculture, but biological indicators are less common. This master's thesis has analyzed what the number of earthworms can reveal about the variation of different chemical and physical soil properties and if they can function as a special biological indicator.

The aim of the study was to investigate the variation of earthworms within and across fields, and whether they correlate with infiltration, penetration resistance, pH and plant available nutrients (P-AL, K-AL, Ca-AL, Mg-AL and K: Mg-ratio). The method involved 10 fields in southern Sweden (Skåne) where four fields were measured with one sample per hectare, and the remaining fields were measured with three samples per field. The number of earthworms were counted by hand sorting, then compared statistically with the other soil data by using PCA-analysis, Pearson analysis to find linear correlations and Spearman rank correlation to find monotone correlations.

The results primarily show that the number of earthworms correlates with soil chemical parameters rather than soil physical ones. The most robust result was the relationship between the number of earthworms and the amount of readily available potassium in the topsoil (K-AL). A significant positive correlation was found both in the Pearson analysis ( $R^2=0.118$ ;  $p=0.0067$ ) and the Spearman rank correlation ( $\rho=0.314$ ;  $p=0.013$ ). Significant but weak positive correlations were also found with P-AL and the K: Mg-ratio in the Pearson analysis. However, no statistical relation was found between the number of earthworms and infiltration nor penetration resistance. This indicates that other parameters, like tilling, soil compaction and soil texture have a greater impact on soil structure than the number of earthworms. It was also observed that the number of earthworms was higher in fields using reduced tilling systems compared to those where a plow is being used annually.

In conclusion, this study confirms the relevance of earthworms as an indicator of soil fertility to a certain extent. The number of earthworms can indicate differences in available nutrient levels between fields, but not within fields. However, further research is needed to investigate the relationship between the number of earthworms and physical soil properties at a field scale. Finally, the study contributes new knowledge about how earthworms affect their environment at a field scale and shows that earthworms co-vary with some nutrient parameters and differ between tilled and non-tilled systems.

*Keywords:* Earthworm count, Earthworm number, Biological indicator, Soil fertility, Spatial variation, Soil chemical properties, Soil physical properties

# Innehållsförteckning

<b>Tabellförteckning .....</b>	<b>7</b>
<b>Figurförteckning.....</b>	<b>8</b>
<b>Förkortningar.....</b>	<b>9</b>
<b>1. Introduktion .....</b>	<b>10</b>
1.1 Bakgrund.....	10
1.2 Krav för en bra biologisk indikator.....	11
1.3 Daggmaskars biologiska interaktion med sin omgivning.....	11
1.3.1 Daggmaskars biologi.....	11
1.3.2 Livscykel.....	12
1.3.3 Markens påverkan på daggmaskar.....	13
1.3.4 Daggmaskars påverkan på marken.....	14
1.4 Kemiska och fysikaliska markegenskaper.....	17
1.4.1 Fysikaliska markegenskaper.....	17
1.4.2 Kemiska markegenskaper.....	18
1.5 Syfte och frågeställning.....	20
<b>2. Metod.....</b>	<b>21</b>
<b>3. Resultat.....</b>	<b>25</b>
3.1 Daggmaskfördelningen.....	25
3.2 Markkemiska egenskaper.....	26
3.3 Markfysikaliska egenskaper.....	27
3.4 PCA-analys.....	28
3.5 Korrelation mellan daggmaskar och enskilda markegenskaper.....	29
3.5.1 Korrelation inom fälten.....	29
3.5.2 Korrelation mellan fälten.....	30
<b>4. Diskussion.....</b>	<b>34</b>
4.1 Daggmaskar och växtnäringsstillgänglighet.....	34
4.2 Uteblivna fysikaliska samband.....	35
4.3 pH.....	36
4.4 Förhållandet mellan vuxna och juvenila daggmaskar.....	36
4.5 Daggmaskar som biologisk indikator.....	37
4.6 Avgränsningar och felkällor.....	38
4.7 Tillämpning.....	39
4.8 Framtida studier.....	39
4.9 Slutsats.....	41
<b>Referenser.....</b>	<b>42</b>
<b>Bilagor.....</b>	<b>46</b>

<b>Populärvetenskaplig sammanfattning .....</b>	<b>48</b>
---	-----------

# Tabellförteckning

Tabell 1. Klassning av mängd lättillgängligt fosfor och kalium (Jordbruksverket 2026). ..	19
Tabell 2. Fälten som har analyserats och vilken gröda som växte på respektive fält vid provtagningstidpunkten samt vilket jordbearbetningssystem som använts.....	22
Tabell 3. Medelvärde (M; individer per m <sup>2</sup> ) och variationskoefficient (CV; %) för totalt maskantal, antal vuxna individer och antal juvenila individer i varje fält. Fält markerade med * plöjs årligen. ....	25
Tabell 4. Medelvärde (M) och standardavvikelse (SD) för markens pH, växttillgängliga näringsämnen (P-AL, K-AL, Mg-AL och Ca-AL (mg/100 g torr jord)) samt K/Mg-kvot. P-AL och K-AL är färgade efter Jordbruksverkets (2026) klasssystem för växttillgänglig näring (I: Marinblå; II: Blå; III: Grön; IV: Orange; V: Röd) .....	27
Tabell 5. Medelvärde (M) och standardavvikelse (SD) för markens infiltration samt penetrationsmotstånd i matjord (5–15 cm djupt) och alv (25–35 cm djupt).....	28

# Figurförteckning

Figur 1. Placering av de gårdar som undersökts. Karta: ©OpenStreetMap. Markering och text: utsatt av författaren. ....	21
Figur 2. Medelvärde (M) och standardavvikelse (SD) för totalt maskantal (per m <sup>2</sup> ), antal vuxna individer (per m <sup>2</sup> ) och antal juvenila individer (per m <sup>2</sup> ) i varje fält. Fält markerade med * plöjs årligen. ....	26
Figur 3. PCA-biplot som illustrerar variation av markfaktorer mellan provpunkter. Pilarnas riktning visar hur markfaktorerna korrelerar med huvudkomponenterna (Dim1 och Dim2). Deras längd förklarar hur väl de korrelerar med huvudkomponenterna. Punkterna representerar provpunkterna från fälten och avståndet mellan dem speglar hur dess markegenskaper skiljer sig. Punkterna är även färgade utefter hur många maskar som fanns på respektive plats. ....	29
Figur 4. Samband mellan antal daggmaskar och P-AL. Spearmans rangkorrelation visas till vänster och linjärt samband baserat på en Pearson-analys höger. ....	30
Figur 5. Samband mellan antal daggmaskar och K-AL. Spearmans rangkorrelation visas till vänster och linjärt samband baserat på en Pearson-analys visas till höger. ....	30
Figur 6. Samband mellan antal daggmaskar och K-AL. Spearmans rangkorrelation visas till vänster och linjärt samband baserat på en Pearson-analys visas till höger. ....	31
Figur 7. Samband mellan antal daggmaskar och infiltration (mm/min). Spearmans rangkorrelation visas till vänster och resultat från Pearson-analysen visas till höger. Streckade trendlinjer visar en ickesignifikant trend ( $0,05 < p < 0,20$ ). ....	31
Figur 8. Samband mellan antal daggmaskar och penetrationsmotstånd i matjorden (5-15cm). Spearmans rangkorrelation visas till vänster och linjärt samband baserat på en Pearson-analys visas till höger. Streckade trendlinjer visar en ickesignifikant trend ( $0,05 < p < 0,20$ ). ....	32
Figur 9. Samband mellan antal daggmaskar och penetrationsmotstånd i alven (25-35cm). Spearmans rangkorrelation visas till vänster och resultat från Pearson-analysen visas till höger. ....	32
Figur 10. Samband mellan antal daggmaskar och pH. Spearmans rangkorrelation visas till vänster och resultat från Pearson-analysen visas till höger. ....	33

# Förkortningar

AL	Amoniumlaktat
HBG	Fält i Helsingborgs kommun
LAN	Fält i Landskrona kommun
LOM	Fält i Lomma kommun
M	Medelvärde
PCA	Principle Component Analysis
SD	Standardavvikelse
SKU	Fält i Skurups kommun
SOM	Soil Organic Matter/ Markens organiska material
YST	Fält i Ystads kommun

# 1. Introduktion

## 1.1 Bakgrund

Jorden är en grundkomponent i nästan all livsmedelsproduktion och dess bördighet och produktivitet är en nödvändighet för socialt hållbara samhällen. Det finns många definitioner på vad som är en bra jord. Doran & Parkin (1994) gjorde en utvärdering av olika definitioner för begreppet ”soil quality” för att hitta gemensamma nämnare. De föreslog därefter definitionen ”markens kapacitet att fungera inom ekosystemgränser för att upprätthålla biologisk produktivitet, upprätthålla miljömässig kvalitet och främja växt och djurhälsa”.

Markens bördighet och produktivitet beror på dess fysikaliska, kemiska och biologiska egenskaper (Stenberg 1997). Vilka specifika markegenskaper som bäst beskriver jordens bördighet är svårt att fastställa då det beror på vad markens användningsområde. Fysikaliska och kemiska egenskaper används ofta för att beskriva markens bördighet. Biologiska indikatorer är däremot mer sällsynta i markhälsotest (Stenberg 1997; Bünemann et al. 2018; Cusset et al. 2024). Det kan bero på att organismer har ett komplext beteende vilket gör det svårt att dra slutsatser från sådana indikatorer.

Dagens jordbrukssystem är beroende av att kunna förutsäga markens potential att ge bra avkastning och leverera näringsämnen. Det är nödvändigt för att med precision kunna anpassa odlingsstrategier och därmed minimera arbetsinsatser och insatsmedel (Pedersen & Lind 2017). Teknikutvecklingen inom lantbruket innebär allt högre krav på denna anpassning eftersom den möjliggör flera olika strategier inom ett fält, och ej endast mellan fält (Pedersen & Lind 2017). Därmed är det viktigt att förstå hur olika markegenskaper interagerar med varandra och hur de varierar inom ett fält för att kunna göra korrekta bedömningar.

Daggmasken är sedan lång tid tillbaka erkänd som mångfacetterat nyttodjur som är fördelaktigt ur flera perspektiv. De gynnar bland annat rottillväxt, markstruktur, markstabilitet, näringstillgänglighet, nyttodjur, kolinlagring, etc. (Arrazola Vasquez 2023). Trots att daggmaskars funktionella betydelse är väldokumenterad är dess potential som rumslig indikator otillräckligt undersökt. Således är det intressant att se hur dessa egenskaper hänger ihop. Det här masterarbetet analyserar vad daggmaskar kan säga om variationen av de fysikaliska och kemiska markegenskaperna markmotstånd, infiltration, näringshalt (P-AL, K-AL, Ca-AL

och Mg-AL) samt pH. Vidare kommer daggmaskars funktion som biologisk indikator att undersökas.

## 1.2 Krav för en bra biologisk indikator

Bünemann et al. (2018) har studerat olika publikationer för att se vilka kriterier som är vanligast för att bedöma huruvida en biologisk indikator är bra eller inte. De kriterier som användes kunde delas in i fyra grupper; konceptuell relevans, praktisk genomförbarhet, känslighet och tolkbarhet.

De konceptuella kriterierna bygger på att indikatorn ska vara teoretiskt kopplad till mark- och ekosystemfunktioner. Den ska dessutom vara relevant och kunna representera de nyckelfaktorer som styr markens bördighet och kvalitet (Bünemann et al. 2018).

De praktiska kriterierna syftar till att det ska vara möjligt att genomföra mätningarna på ett snabbt och enkelt sätt. Det innebär även att provtagningen ska vara tillförlitlig och möjlig att replikera (Bünemann et al. 2018).

Indikatorns känslighet är viktig för att det ska gå att tolka och jämföra datan. Det är bra om indikatorn är känslig mot olika brukningsstrategier så det går att avgöra vilken strategi som är mest gynnsam. Däremot ska indikatorn inte vara för känslig mot tidsmässig variation orsakat av kortsiktiga vädermönster. Det finns därför en avvägning mellan dessa aspekter (Bünemann et al. 2018).

Slutligen ska det vara möjligt att tolka resultatet och jämföra det med andra indikatorer. Det innebär även att det krävs data för att sätta indikatorn i kontext och säga om ett värde är bra eller dåligt (Bünemann et al. 2018).

## 1.3 Daggmaskars biologiska interaktion med sin omgivning

### 1.3.1 Daggmaskars biologi

Daggmaskar är en familj (*Lumbricidae*) under klassen gördelmaskar (*Clitellata*). Idag finns 28 kända arter i Sverige med olika egenskaper och funktioner i ekosystem (SLU Artdatabanken u.å.). Det är därför svårt att ge en precis beskrivning av alla arters biologi utan att beskriva dem var för sig.

Generellt kan de dock delas in i tre kategorier (ekologiska grupper): epigeiska, endogeiska och aneciska daggmaskar (Bouché 1972; Ray 2018). Epigeiska

daggmaskar lever vid jordytan där de konsumerar växtrester som fallit ner på markytan. De är vanligtvis små, pigmenterade och har en hög metabolism och reproduktionstakt. Endogeiska daggmaskar lever, däremot, djupare ner i jorden (Bouché 1972; Ray 2018). De gräver huvudsakligen horisontella gångar i jorden för att hitta föda, som vanligtvis består av jord och dess (bundna) organiska material. Endogeiska daggmaskar har lägre reproduktionstakt och längre livscykel än epigeiska, men är mindre känsliga för störningar som torka och matbrist (Ray 2018). Då de endogeiska maskarna lever nere i jorden har de väldigt lite pigmentering. Slutligen finns aneciska daggmaskar som till skillnad från de andra gräver mest vertikala gångar i jorden (Bouché 1972). Precis som de epigeiska daggmaskarna konsumerar aneciska daggmaskar växtmaterial från markytan. Däremot sträcker dess habitat sig ner djupt i jorden då de kan gräva gångar ett par meter ner i marken (Ray 2018). Aneciska daggmaskar är vanligtvis stora och mörkbruna med låg reproduktionstakt och lång livscykel (Edwards & Arancon 2022a).

I svenska jordbrukssystem är de endogeiska maskarna *Aporrectodea caliginosa*, *A. rosea* och *Allolobophora chlorotica* samt de aneciska maskarna *Lumbricus terrestris* och *Aporrectodea longa* mest vanligt förekommande enligt Lagerlöf et al. (2012).

### 1.3.2 Livscykel

Daggmaskar förökar sig kontinuerligt och intermittent från att de blir sexuellt mogna (Richter 2010; Edwards & Arancon 2022a). Då de är hermafroditer kan förökningen ske både genom självbefruktning och sexuell befruktning med en annan individ. Efter befruktning bildas en kokong av deras clitellum som ömsas av, fylls med ägg och hamnar i jorden (Edwards & Arancon 2022a). Markfukta och temperatur är avgörande för kokongens placering. I en varm och fuktig miljö kommer kokongen läggas nära markytan men i en kall och torr miljö placeras den djupare. Antalet kokonger som läggs korrelerar också med temperaturförändringar där kallare marktemperatur leder till färre kokonger och vice versa. När marktemperaturen sjunker under 3 °C produceras väldigt få eller inga nya kokonger (Edwards & Arancon 2022a).

Spannet för hur många kokonger en mask lägger varierar kraftigt, det kan vara upp till tusen per år. Likaså tiden det tar för dem att kläckas som kan variera mellan 10–270 dagar (Edwards & Arancon 2022a). De arter som enligt Lagerlöf et al. (2012) är vanligt förekommande i svenska åkermarker lägger dock endast 3–30 kokonger per år som kläcks efter 10–21 veckor (Edwards & Arancon 2022a). Längden på de

olika delarna i livscykeln varierar väldigt beroende på art, populationsdensitet, tillgänglig föda, markfuktighet och temperatur (Edwards & Arancon 2022a).

När kokongerna kläcks kommer nykläckta daggmaskar ut som utvecklas till juveniler. De ser ut som fullvuxna daggmaskar utan clitellum, som utvecklas först när de blir sexuellt mogna. När de slutligen blir fullvuxna lever de vanligtvis endast några månader eftersom de utsätts för många olika faror så som predation, men det potentiella livsspannet är mycket längre än så, 4-8 år (Edwards & Arancon 2022a).

### 1.3.3 Markens påverkan på daggmaskar

Daggmaskar är tunnhudade ryggradslösa djur som påverkas mycket av markens fysikaliska och kemiska egenskaper, bland annat pH, porositet, mängd organiskt material samt förändring av temperatur och markfukt (Bhagat et al. 2025).

#### *Markfukt*

Maskar består naturligt av 75–90% vatten vilket innebär att de ständigt måste undvika vattenförlust för att överleva. De klarar att förlora relativt mycket vatten och fortfarande överleva. Exempelvis kan *L. terrestris* förlora 70% av sitt vatten, och *A. chlorotica* 75% och fortfarande överleva (Edwards & Arancon 2022a). Vid långvarigt torra förhållanden söker de sig dock till fuktiga ställen eller går i somnardvala för att undvika uttorkning (Edwards & Arancon 2022a).

Det går inte att dra någon slutsats om en optimal vattenhalt för alla maskarter, men de är känsligare för torra förhållanden än väldigt böta. Exempelvis går *A. caliginosa* in i dvala när marken har en vattenpotential på under -20kPa (Holmstrup 2001).

#### *Temperatur*

Maskars tillväxt, reproduktion, respiration, metabolism och aktivitet påverkas av temperatur. *L. terrestris* har som högst tillväxt och snabbast reproduktionscykel vid en marktemperatur på 15 °C (Edwards & Arancon 2022a). Temperaturen hänger även ihop med högre metabolism och aktivitet. Däremot tenderar temperatur och markfukt att ha en motsatt relation där torra jordar tenderar att vara varmare och vice versa (Edwards & Arancon 2022a).

#### *pH*

pH påverkar maskars välmående i marken. Hur väl de trivs i olika jordar beror på om de är acidofila eller basidofila arter (Bouché 1972). Många av de arter som finns i svenska lantbruksjordar, exempelvis *A. caliginosa*, *A. rosea*, *A. chlorotica* och *A. longa* (Lagerlöf et al. 2012) är basidofila och klarar sig ej i jordar med ett pH <4,4 (Satchell 1955). Inga av de arter som är vanligt förekommande i svenska

lantbruksjordar är acidofila. Däremot finns det arter, exempelvis *L. terrestris*, som klarar sig i både sura och basiska jordar (Satchell 1955).

En studie från North Wales undersökte daggmaskantalet i olika jordar med pH mellan 3,7 och 7 (Edwards et al. 1974). Resultatet visade att populationen av *A. caliginosa* och *A. rosea* var som störst vid pH 5,0–6,0 och att populationen av *L. terrestris* ökade med högre pH-värde.

#### *Jordmån*

Markens textur har ingen direkt påverkan på antalet daggmaskar i marken om den inte är väldigt sandig eller har en mycket hög lerhalt (Holmstrup et al. 2011). Däremot finns studier som visar att konsekvenserna av markens textur och struktur påverkar daggmaskförekomsten. Daggmaskar är känsliga för markfukt och för torra eller för blöta miljöer är ogynnsamma för dem.

Markhydrauliska egenskaper, så som vattenhållande förmåga, perkolation och infiltration, styr hur mycket vatten som finns tillgängligt i marken. Dessa egenskaper påverkas i sin tur av markens textur och struktur. Därmed kan markens uppbyggnad indirekt påverka daggmaskförekomsten (Fischer et al. 2014).

#### *Organiskt material och dess kvalitet*

Daggmaskars möjlighet att överleva påverkas till stor del av hur mycket organiskt material (soil organic matter, SOM) som finns i marken (Betancur-Corredor et al. 2024). SOM är den huvudsakliga födan för aneciska och epigeiska arter och ett ekosystem med hög SOM-halt kan således bära en högre daggmaskpopulation. Dessutom bidrar det organiska materialet till en mer gynnsam miljö (Betancur-Corredor et al. 2024). Däremot är inte högt uppmätta SOM-halter alltid synonymt med att det finns många daggmaskar. Ifall andra markfaktorer, exempelvis pH, missgynnar daggmaskarna så att de blir färre, kan mängden organiskt material ackumuleras i stället för att brytas ner. Då uppstår en situation med hög SOM-halt och få daggmaskar (Edwards & Arancon 2022b).

Kvalitén på det organiska materialet som tillförs till marken spelar även roll. Cesarz et al. (2016) visade att hög koncentration av N, P, Ca och Mg i det organiska materialet påverkar tillväxten av *A. caliginosa* och *O. tyrteaum* positivt. Utöver det föredrar maskar föda med låg C/N-kvot (Rajapaksha et al. 2013).

### 1.3.4 Daggmaskars påverkan på marken.

Interaktionen mellan daggmaskar och marken är ej ensidig, utan ömsesidig. Daggmaskar har stor påverkan på sin miljö och dess fysiska och kemiska

egenskaper och struktur. Fonte et al. (2023) uppskattar att daggmaskar bidrar med 6,5% av den globala spannmålsproduktionen och 2,3% av baljväxtproduktionen. Det finns flera orsaker som leder till denna avkastningsökning.

#### *Syresättning av jorden*

Daggmaskarnas gångar ökar antalet makroporer och bidrar till en ökad syresättning av jorden (Friend 1912; Kavdir & İlay 2011). Den ökade syresättningen leder till att respirationen i rötterna ökar vilket bidrar till en högre rottillväxt (Ben-Noah & Friedman 2018; Kuzyakov & Kooch 2024).

#### *Underlättar rottillväxt*

Växter kan nyttja de gångar som daggmaskar har grävt för att breda ut sina rotsystem. Penetrationsmotståndet är lägre i dessa bioporer än omgivande miljö vilket förenklar tillväxten (Kuzyakov & Kooch 2024). Maskarna lämnar även en stor del av sin näringsrika avföring i dessa gångar (Groenigen et al. 2019; Kuzyakov & Kooch 2024) vilket ger en trivsamt miljö för rötterna och ökar näringstillgången för växterna.

#### *Förbättrar infiltration och minskar ytavrinning*

Daggmaskar gräver gångar som bidrar till en signifikant ökning av infiltration (Delgado & Gómez 2024). En inventering av maskgångar (Pérès et al. 2010) på en lättlera i nordvästra Frankrike visade att det kan finnas 352–387 gångar per m<sup>2</sup> i ett konventionellt odlat majsält. Gångarna bildar makroporer som framför allt är viktiga vid större regnmängder. Vid en nederbörd på 5 mm under 10 min infiltreras 30% genom makroporer, trots att de utgör en relativt liten del av antalet porer (Fischer et al. 2014). Makroporerna bidrar således till en minskad ytavrinning vid stora regnmängder. De vertikala gångarna, grävda av aneciska maskar, gör störst nytta för infiltrationen då de kan nå ner till två meters djup (Fischer et al. 2014).

#### *Blandar in dött växtmaterial i marken*

Organiskt material så som, växtrester, gödsel eller kompost inkorporeras till stor del av daggmaskar (Betancur-Corredor et al. 2024). I en äppelodling konsumerade *L. terrestris* ca. 99% av allt dött organiskt material, vilket motsvarar 2000 kg/ha (Raw 1962). Daggmaskar fragmenterar, blandar och bryter ner materialet fysiskt när de rör sig och kemiskt när de konsumerar det som föda vilket ökar nedbrytningshastigheten av organiskt material och stimulerar cirkulation av näringsämnen (Edwards & Arancon 2022a).

#### *Bryter ner organiskt material och ökar näringstillgängligheten*

Avföringen från daggmaskar bildar stabila markaggregat där organiskt och oorganiskt material är välblandat och ökar mängden lättillgängliga näringsämnen

(Abbas et al. 2025). I snitt finns det mellan 40–48% högre koncentration av kväve och fosfor i maskgångarna jämfört med kringliggande jord. Mängden mineralkväve och lättillgängligt fosfor är i snitt 241% respektive 84% högre i maskgångarna (Groenigen et al. 2019). Det finns även observationer som visar ännu större ökning av lättillgängligt fosfor (Stroud et al. 2016). Mängden tillgängligt vattenlöst kalium ökar sexfaldigt (Stroud et al. 2016).

Daggmaskar omsätter även kalcium genom att ta upp  $\text{Ca}^{2+}$ -joner och fälla ut  $\text{CaCO}_3$  i marken. Det leder till förhöjda Ca-halter och högre pH i marken (Versteegh et al. 2014). Det finns även studier som visar att daggmaskars födointag ökar i kalciumrika jordar (Kawakami & Makoto 2017).

#### *Förbättrar markstruktur och markstabilitet*

Blandandet av organiskt material, oorganiskt material, mikroorganismer och daggmaskens slemproduktion skapar stabila aggregat vilket förbättrar markstrukturen (Sharma et al. 2017). Jordar med stort antal daggmaskar är mindre benägna att slamma igen och bearbetas lättare än de med få daggmaskar (Sharma et al. 2017).

#### *Gynnar nyttoorganismer och stimulerar biologisk aktivitet*

Daggmaskar bidrar till kolonisering och uppförökning av nyttosvampar och bakterier i sina gångar. Det beror dels på att avföringen innehåller molekyler som fungerar antimikrobiellt och pesticidalt och stör tillväxten av patogener i marken (Gudeta et al. 2021). Avföringen gynnar även nedbrytande organismer som bidrar med en konkurrens av näring och utrymme, vilket försvårar etablering av patogener (Gudeta et al. 2021). Vidare distribuerar daggmaskarna även nyttoorganismer som kontrollerar jordburna pester, exempelvis insektsdödande nematoder (*Steinernema sp. m.fl.*) och svampar (*Beauveria bassiana*) (Shapiro-Ilan & Brown 2013).

#### *Kolinlagring*

Daggmaskar konsumerar organiskt material, påverkar mineralvittring och förändrar markens struktur. När maskarna gräver i jorden och lämnar exkrement blandas mineral och organiskt material. Den ökade kontakten mellan dessa material främjar bindning mellan organiskt kol och mineralpartiklar vilket bildar stabilt mineralt associerat organiskt material (MAOM) (Calogiuri et al. 2025).

Maskaktiviteten påverkar även markens mikrostruktur så att organiskt material blir fysiskt inneslutet och otillgängligt för nedbrytning vilken förlänger nedbrytningshastigheten. Samtidigt stimulerar daggmaskar mikrobiella processer som omvandlar växtrester till mer stabila organiska föreningar (Calogiuri et al.

2025). Trots att daggmaskar är nedbrytare kan de alltså öka kolhalten i marken då de hjälper till att stabilisera kol kemiskt och fysiskt.

## 1.4 Kemiska och fysikaliska markegenskaper

Daggmaskar påverkar och påverkas av flera kemiska och fysikaliska markegenskaper. Det här arbetet analyserar ett urval av dessa. I följande avsnitt beskrivs de undersökta markegenskaperna och hur de relaterar till markbördighet.

### 1.4.1 Fysikaliska markegenskaper

Markens fysiska egenskaper påverkar många viktiga processer, ofta relaterade till värme-, gas- eller vattenhållandeförmågor och flöden (Delgado & Gómez 2024). Markens textur och struktur påverkar alla dessa processer. Det förstnämnda är så gott som konstant då vitringsprocesser tar väldigt lång tid, medan struktur går att förändra genom olika brukningsmetoder. Strukturen, och markens fysiska hälsa, påverkas bland annat av markpackning, jordbearbetning och inkorporering av organiskt material (Delgado & Gómez 2024).

#### *Penetrationsmotstånd*

Penetrationsmotstånd beskriver det mekaniska motståndet marken gör mot rötter (Otto et al. 2011; Bartzén et al. 2019) och maskar som försöker röra sig genom marken. Detta motstånd beror främst på markens porositet och vattenhalt. (Bartzén et al. 2019). Högre porositet leder till lägre penetrationsmotstånd. Vattenhaltens påverkan beror till stor del på markens textur (Bartzén et al. 2019). Lerjordar påverkas mest av vattenhalt och dess penetrationsmotstånd ökar kraftigt vid torra förhållanden. Jordar med grövre textur påverkas desto mindre (Dexter et al. 2007). Porositet påverkas direkt av markpackning, jordbearbetning och organiskt material (Ruehlmann & Körschens 2009; Bartzén et al. 2019). Penetrationsmotståndet kan därmed indikera markens textur och huruvida strukturen är bra.

#### *Infiltration*

Infiltration beskriver vattens flödes hastighet in i markytan. Det beror på porositeten och mättnadsgraden i marken (Villalobos et al. 2024). Infiltrationen är negativt proportionerlig till den initiala vattenhalten. Porositeten beror främst på jordarten där en finkornigare jord leder till långsammare infiltration. Det påverkas även av markens struktur då jordbearbetning och biologisk aktivitet kan bidra till en mer lucker struktur vilket ökar infiltrationen (Villalobos et al. 2024).

## 1.4.2 Kemiska markegenskaper

### *pH*

I Sverige rekommenderas idag pH-värdet 6,0–6,5 på jordbruksmarker. Det värdet baseras på erfarenheter från fältförsök (Wigfeldt 2023). Det beror till stor del på att näringstillgängligheten är som bäst vid dessa pH-värden. Makronäringsämnen som kalcium och magnesium har hög tillgänglighet vid höga pH värden medan det motsatta gäller för mikronäringsämnen. Fosfor är mest tillgängligt vid neutrala förhållanden (Wigfeldt 2023). Tillgängligheten av alla dessa näringsämnen är avgörande för grödors tillväxt. Därför är ett mellanläge på 6,0–6,5 bra.

Markens pH påverkar många markkemiska och biologiska processer. Utöver näringstillgänglighet, påverkas även organisk nedbrytning, och biologisk aktivitet (Neina 2019). Generellt är mikroorganismer mest effektiva mellan pH 4 och 8 (Wigfeldt 2023). Mineralisering av organiskt material är snabbare vid neutralt och högre pH (Wigfeldt 2023).

### *Tillgänglig näring*

Vilka näringsämnen som finns i marken och dess kvantitet är avgörande för markens bördighet. Det är endast en del av den totala växtnäringen som är tillgänglig för växter. Resten kan bland annat vara hårt bundet till lerpartiklar, fysiskt otillgängligt eller bundet i organiskt material (Villalobos & Fereres 2024).

Den växttillgängliga näringen är mest intressant inom lantbruket och är därför det som analyseras mest. I Sverige görs denna analys med en ammoniumlaktat (AL) metod (Otabbong et al. 2009). Metoden ämnar att analysera fosfor (P), kalium (K), kalcium (Ca) och magnesium (Mg) (Otabbong et al. 2009). Dessa makronäringsämnen rör sig långsamt i marken, till skillnad från exempelvis kväve, och är därför viktiga att följa upp efter behov för att undvika övergödning eller näringsbrist (Villalobos & Fereres 2024).

I Sverige finns nationella riktvärden för hur mycket lättillgänglig fosfor och kalium som ska finnas i marken för att uppnå hög skörd samt undvika att berika marken med mer näring än nödvändigt (Tabell 1). Riktvärdena bygger på en femgradig skala där nedre delen av klass 3 är optimalt för spannmålsproduktion och övre delen av klass 3 samt nedre delen av klass 4 är optimalt för mer fosfor- och kaliumkrävande grödor så som raps, sockerbetor och potatis (Jordbruksverket 2026).

Tabell 1. Klassning av mängd lättillgängligt fosfor och kalium (Jordbruksverket 2026).

Klass	P-AL (mg/100g torr jord)	K-AL (mg/100g torr jord)
I	<2	<4
II	2,0–4,0	4,0–8,0
III	4,1–8,0	8,1–16,0
IV	8,1–16,0	16,1–32,0
V	>16,0	>32,0

Grödans upptag av kalium och magnesium beror inte endast på hur stor mängd som finns tillgänglig i marken. Kalium och magnesium tas upp av rötterna på samma sätt vilket medför att kvoten mellan dessa måste vara bra för att undvika brist av någon av dem. Jordbruksverket (2026) indikerar på att en K/Mg-kvot mellan 1-3 är bra för sockerbetor och potatis och något högre för spannmål. Dock bygger det på gamla studier och de menar samtidigt att det inte gått att belägga i nyare undersökningar.

## 1.5 Syfte och frågeställning

Syftet med det här arbetet var att undersöka hur antalet daggmaskar varierar rumsligt inom ett fält och mellan fälten samt att analysera hur variationen relaterar till fysikaliska och kemiska markegenskaper. Studien fokuserar på att identifiera samband mellan daggmaskantal och de utvalda markparametrarna penetrationsmotstånd, infiltration, näringsämnen (P-AL, K-AL, Ca-AL, Mg-AL och K/Mg-kvoten) samt pH.

Studien syftar även till att bedöma huruvida daggmaskantal kan fungera som biologisk indikator för markens bördighet. Målet är att öka förståelsen för vilka fysikaliska och kemiska faktorer som har störst betydelse för daggmaskars rumsliga fördelning genom att analysera relationen mellan daggmaskar och dess omgivande miljö.

Den övergripande frågeställningen är: Vad kan den rumsliga variationen i daggmaskförekomst säga om variation av fysikaliska och kemiska markegenskaper? Tre mer konkreta frågor har definierats för att besvara den övergripande frågeställningen. Hur varierar daggmaskantalet rumsligt inom och mellan fälten? Vilka markegenskaper kan förklara, eller förklaras av variationen? Är daggmaskantal en bra indikator för markbördighet?

Hypotesen är att det kommer finnas en korrelation mellan antal daggmaskar och växttillgänglig näring (P-AL, K-AL, Ca-AL och Mg-AL) samt markens struktur (infiltration och penetrationsmotstånd). Motivationen är att tidigare labstudier och fältstudier i mindre skala har visat att daggmaskar förbättrar de här markegenskaperna genom sitt födointag och sin rörelse i marken.

## 2. Metod

Data har samlats in genom analyser från 10 olika fält, på fem olika gårdar i södra och västra Skåne. Gårdarna är placerade utanför Helsingborg (HBG), Landskrona (LAN), Lomma (LOM), Skurup (SKU) och Ystad (YST) (Figur 1). Området där gårdarna ligger har en årsmedeltemperatur på 8-9 °C (1991-2020) och en årsmedelnederbörd på 600 mm (Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) 2026).



Figur 1. Placering av de gårdar som undersökts. Karta: ©OpenStreetMap. Markering och text: utsatt av författaren.

De grödor som odlades på respektive åker vid provtagningstidpunkten varierade mellan fälten (Tabell 2). Samtliga gårdar domineras av spannmåls- och rapsodling, vissa har även sockerbeter och potatis i sin växtföljd. Provtagningen genomfördes under november 2025. I Lomma och Skurup gjordes provtagning över hela fälten och provplatserna var jämnt fördelade med tätheten 1 prov/ha. På resterande gårdar fanns tre provplatser per fält. Fälten var 9–29 hektar stora.

Tabell 2. Fälten som har analyserats och vilken gröda som växte på respektive fält vid provtagningstidpunkten samt vilket jordbearbetningssystem som använts.

Plats	Fält	Gröda	Jordbearbetning
Lomma	LOM1	Stubb	Plog
	LOM2	Höstvete	Plog
Ystad	YST1	Ingen gröda	Plogfritt
	YST2	Höstvete	Plogfritt
Helsingborg	HBG1	Raps	Plogfritt
	HBG2	Raps	Plogfritt
Skurup	SKU1	Ingen gröda	Plog
	SKU2	Höstvete	Plog
Landskrona	LAN1	Höstvete	Plogfritt
	LAN2	Mellangröda	Plogfritt

Vid arbetets början ämnade projektet även att undersöka hur de uppmätta markfaktorerna korrelerade med skördenivåerna inom fälten. Därmed valdes gårdarna ut oberoende av jordbearbetningssystem med kravet att det skulle finnas skördedata som visar avkastningsvariationer inom fälten. På grund av olika omständigheter blev denna data ej tillgänglig vilket ändrade projektets fokusområde. Vidare var alla fält placerade i Skåne eftersom det här arbetet ingår i ett större projekt om inomfältvariation som äger rum där.

#### *Markkartering*

Hushållningssällskapet genomförde en markkartering där de kemiska markfaktorerna P-AL, K-AL, Ca-AL, Mg-AL och pH analyserades. Fem prov (0–20 cm djup) togs per provplats och dessa togs jämnt fördelat i en halvcirkel med en radie på ca 5 m. Eftersom dessa analyser genomförts av en extern aktör beskrivs analysprocessen ej.

#### *Penetrometermätningar*

Motståndet i marken mättes med en digital penetrometer. Den består av ett spjut som trycks rakt ner i marken och en dator som registrerar motståndet spjutet utsätts för medan det trycks ner. Spjutspetsen hade en lutning på 60° och arean 1 cm<sup>2</sup>. Spjutet trycktes ner så långt som möjligt med ett maxdjup på 50 cm. Proverna togs på samma platser som markkarteringen och provtagningsplatserna lokaliserades med hjälp av GPS. Fem mätningar gjordes på varje provplats och motståndet analyserades sedan i matjorden (5–15 cm) och alven (25–35 cm).

#### *Infiltrationsmätningar*

Infiltrationen mättes med en s.k. falling head- metod med single ring-uppställning. Två cylindrar med 9 cm i diameter slogs ner 8 cm i marken och fylldes med vatten upp till 15 cm över markytan. Därefter mättes tiden det tog för vattnet att sjunka

undan. Mätningen gjordes i max 30 minuter, om det fanns vatten kvar mättes nivå-sänkningen. Därefter räknades den genomsnittliga infiltrationen för provplatsen i mm/min.

#### *Daggmaskmätningar*

Daggmaskantalet kollades i de översta 20 cm av markprofilen. En grop på 20 cm x 20 cm x 20 cm grävdes och den uppgrävda jorden spreds ut på en presenning. Jorden finfördelades och maskarna i jorden räknades. Det noterades även hur många daggmaskar som var juvenila och hur många som var fullvuxna. De maskar med ett välutvecklat clitellum räknades som fullvuxna. Det grävdes en grop per provplats.

Klein & Knaebe (2008) samt Lagerlöf et al. (2012) har testat olika metoder för att inventera daggmaskar. De kom fram till att handsortering är den säkraste metoden som missar minst antal maskar på en yta. Mer än dubbelt så många noterades jämfört med en metod där formalin hölls på marken för att maskarna skulle krypa upp till markytan (Klein & Knaebe 2008).

#### *Sammanställning av data*

Den insamlade datan sammanställdes i Microsoft Excel där ett värde för varje parameter togs fram per provpunkt. Det gjordes flera mätningar av infiltration och penetrationsmotstånd i var provpunkt, två respektive fem. Ett medelvärde för infiltrationen togs fram. För penetrometermätningarna användes medianvärdet av de fem proverna för varje djup. Därefter räknades det genomsnittliga motståndet ut för matjorden (5-15cm) och alven (25-35cm).

Samvariation mellan värden undersöktes sedan genom en PCA (Principal Component Analysis) i statistikprogrammet RStudio (Posit team 2025). Det är en statistisk metod som förenklar data med många variabler som alla kan vara korrelerade med varandra (Hotelling 1933). En PCA omvandlar de ursprungliga variablerna till ett mindre antal nya variabler som kallas huvudkomponenter (Principal Components). Den första huvudkomponenten förklarar så stor del av variationen som möjligt. Den resterande variationen förklaras med en andra huvudkomponent, som ej korrelerar med den första. Om det är ytterligare oförklarad variation förklaras den med en tredje komponent, etc. En PCA reducerar på så sätt alla variabler till ett fåtal dimensioner, vilket underlättar identifiering av olika mönster i datan.

En hierarkisk klusteranalys gjordes baserat på PCA-analysen för att undersöka om det fanns tydliga kluster av provpunkter som hänger ihop eller om de förändras kontinuerligt.

När olika korrelerande faktorer identifierats med hjälp av PCAn jämfördes enskilda parametrar med variationen av daggmaskar, både inom och mellan fält. Urvalet gjordes baserat på vilka faktorer som visade ett samband i PCA-analysen och på vilka faktorer som är teoretiskt intressanta utifrån föregående kunskap och studier. Det gjordes dels genom en Spearman-analys för att jämföra variation inom och mellan fält, och dels med en Pearson-analys för att jämföra variation mellan fält. Pearson-analysen användes för att undersöka om det finns linjära samband mellan variablerna medan Spearman-analysen undersöker monotona samband genom att ranka olika parametrar. Därmed förutsätter analysen inte ett linjärt samband. Resultaten ansågs vara statistiskt signifikanta vid  $p < 0,05$ .

## 3. Resultat

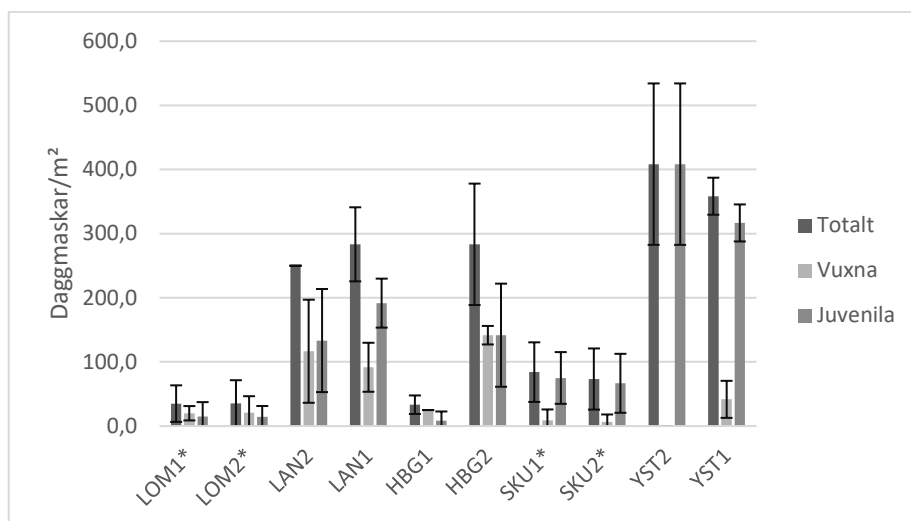
### 3.1 Dagmaskfördelningen

Det totala dagmaskantalet skilde mer mellan olika fält än inom fält (Tabell 3). Högst dagmaskantal fanns i YST1 och YST2 följt av HBG2, LAN1 och LAN2. Alla dessa fält brukas plöjningsfritt. Lägst antal dagmaskar fanns i HBG1 och de fält som årligen plöjs (LOM1, LOM2, SKU1 och SKU2).

Tabell 3. Medelvärde ( $M$ ; individer per  $m^2$ ) och variationskoefficient ( $CV$ ; %) för totalt maskantal, antal vuxna individer och antal juvenila individer i varje fält. Fält markerade med \* plöjs årligen.

Fält	Antal provpunkter	Totalt Maskantal $M \pm CV$	Antal Vuxna $M \pm CV$	Antal Juvenila $M \pm CV$
LOM1*	5	$35 \pm 81\%$	$20 \pm 56\%$	$15 \pm 149\%$
LOM2*	11	$35 \pm 102\%$	$21 \pm 124\%$	$15 \pm 115\%$
LAN2	3	$250 \pm 0\%$	$117 \pm 69\%$	$133 \pm 60\%$
LAN1	3	$283 \pm 20\%$	$92 \pm 42\%$	$192 \pm 20\%$
HBG1	3	$33 \pm 43\%$	$25 \pm 0\%$	$8 \pm 173\%$
HBG2	3	$283 \pm 33\%$	$142 \pm 10\%$	$142 \pm 57\%$
SKU1*	11	$84 \pm 55\%$	$9 \pm 185\%$	$75 \pm 54\%$
SKU2*	15	$73 \pm 65\%$	$7 \pm 172\%$	$67 \pm 69\%$
YST2	3	$408 \pm 31\%$	$0 \pm 0\%$	$408 \pm 31\%$
YST1	3	$358 \pm 8\%$	$42 \pm 69\%$	$317 \pm 9\%$

Det fanns inget samband mellan det totala dagmaskantalet och antalet juvenila då förhållandet mellan vuxna och juvenila var olika för olika fält (Figur 2). I Skurup (SKU1 och SKU2) och Ystad (YST1 och YST2) samt LAN1 fanns signifikant fler juvenila jämfört med vuxna ( $p < 0,05$ ). Resterande fält visade ingen signifikant skillnad. Däremot kan medelvärdet indikera en svagt övervägande del vuxna i Lomma (LOM1 och LOM2) och Helsingborg (HBG1 och HBG2) samt en svagt övervägande del juvenila i LAN2.



Figur 2. Medelvärde (M) och standardavvikelse (SD) för totalt maskantal (per m<sup>2</sup>), antal vuxna individer (per m<sup>2</sup>) och antal juvenila individer (per m<sup>2</sup>) i varje fält. Fält markerade med \* plöjs årligen.

## 3.2 Markkemiska egenskaper

Resultatet visade en låg variation av pH både inom, och en måttlig variation mellan fält (Tabell 4). Det högsta uppmätta värdet var 8,2 (LOM2) och det lägsta var 6,1 (HBG1).

Generellt fanns en hög andel tillgänglig fosfor och bara två fält hade P-AL klass III (enligt Jordbruksverket (2026) klassificeringssystem). Hälften av fälten (LOM1, LAN2, HBG2, YST1 och YST2) hade P-AL klass V och en stor mängd lättillgänglig fosfor. LAN2 och HBG2 hade en hög standardavvikelse. Det beror på att både LAN2 och HBG2 hade en provpunkt med väldigt högt P-AL värde (46 respektive 47 mg/100 g torr jord). Dessutom var minimivärdet i LAN2 lågt (3,4 mg/100 g torr jord). Den stora spridningen av data leder till en hög standardavvikelse.

K-AL-värdena var på en mer måttlig nivå. Sex av fälten var i K-AL klass III och tre var i klass IV (Tabell 4). Inget fält hade en genomsnittlig K-AL klass V och endast en punkt i datasetet uppvisade ett så högt värde (LAN2). Precis som för P-AL hade LAN2 och HBG2 högst värden och standardavvikelse. Värdena korrelerar till synes med varandra. Provpunkter med högt P-AL hade även högt K-AL, och vice versa. K/Mg-kvoten var i de flesta fall mellan 1–3, med undantag för SKU1 och SKU2. Där fanns en stor mängd lättillgänglig magnesium vilket leder till en lägre kvot.

Ca-AL varierade mellan fälten utan något tydligt övergripande mönster. Högre genomsnittliga värden fanns dock på de potatisodlande gårdarna i Lomma och Skurup.

Tabell 4. Medelvärde (M) och standardavvikelse (SD) för markens pH, växttillgängliga näringsämnen (P-AL, K-AL, Mg-AL och Ca-AL (mg/100 g torr jord)) samt K/Mg-kvot. P-AL och K-AL är färgade efter Jordbruksverkets (2026) klassystem för växttillgänglig näring (I: Marinblå; II: Blå; III: Grön; IV: Orange; V: Röd)

Fält	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	K/Mg-kvot	Ca-AL
	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD
LOM1	7,3 ± 0,5	16,8 ± 3,5	8,4 ± 0,9	6,3 ± 1,0	1,3 ± 0,1	200,0 ± 44,7
LOM2	7,4 ± 0,6	11,6 ± 3,4	7,2 ± 2,6	7,9 ± 4,5	1,1 ± 0,4	416,9 ± 553,4
LAN2	6,6 ± 0,4	18,3 ± 24,0	20,9 ± 11,7	10,1 ± 1,7	2,0 ± 0,9	300,0 ± 174,4
LAN1	7,1 ± 0,6	7,4 ± 1,7	18,0 ± 2,6	11,3 ± 1,6	1,6 ± 0,2	177,2 ± 158,6
HBG1	6,6 ± 0,4	11,0 ± 0,0	15,3 ± 3,2	9,5 ± 2,7	2,1 ± 0,5	139,0 ± 37,7
HBG2	6,9 ± 0,4	21,9 ± 21,8	18,3 ± 11,8	8,0 ± 0,5	2,3 ± 1,7	156,7 ± 11,5
SKU1	7,2 ± 0,2	7,7 ± 2,4	11,2 ± 1,6	15,5 ± 1,4	0,7 ± 0,1	245,5 ± 17,5
SKU2	7,4 ± 0,5	9,6 ± 2,7	9,5 ± 2,5	15,4 ± 2,8	0,6 ± 0,2	243,3 ± 102,5
YST2	7,8 ± 0,2	21,3 ± 0,6	9,8 ± 0,2	9,3 ± 1,1	1,0 ± 0,1	303,3 ± 51,3
YST1	7,1 ± 0,5	17,3 ± 4,0	11,6 ± 1,6	9,1 ± 0,8	1,3 ± 0,2	233,3 ± 65,1

### 3.3 Markfysikaliska egenskaper

Infiltrationen visade en stor variation mellan fälten (Tabell 5). De högsta medelvärdena fanns i YST1 och YST2 (40,8 mm/min respektive 18,8 mm/min) samt SKU1 och SKU2 (40,1 mm/min respektive 16,9 mm/min). Fälten i Lomma, Landskrona och Helsingborg uppvisade betydligt lägre värden (0,2–2,0 mm/min). Standardavvikelsen är genomgående högre i fält med hög infiltration, vilket visar på hög variation inom dessa fält.

Penetrationsmotståndet i matjorden (5–15 cm) varierade mellan 0,4 och 1,2 MPa. Det högsta medelvärdet fanns i HBG2 (1,2 MPa) och det lägsta i YST1 (0,4 MPa). Variationen inom fälten var generellt små. I alven (25–35 cm) var penetrationsmotståndet högre och mer homogent mellan fält. Det varierade mellan 2,1 MPa (LAN1 och LAN2) och 2,9 MPa (LOM1). Inom fälten var dock standardavvikelsen större i alven än i matjorden. De rumsliga skillnaderna var relativt små, både inom och mellan fält.

Tabell 5. Medelvärde (M) och standardavvikelse (SD) för markens infiltration samt penetrationsmotstånd i matjord (5–15 cm djupt) och alv (25–35 cm djupt).

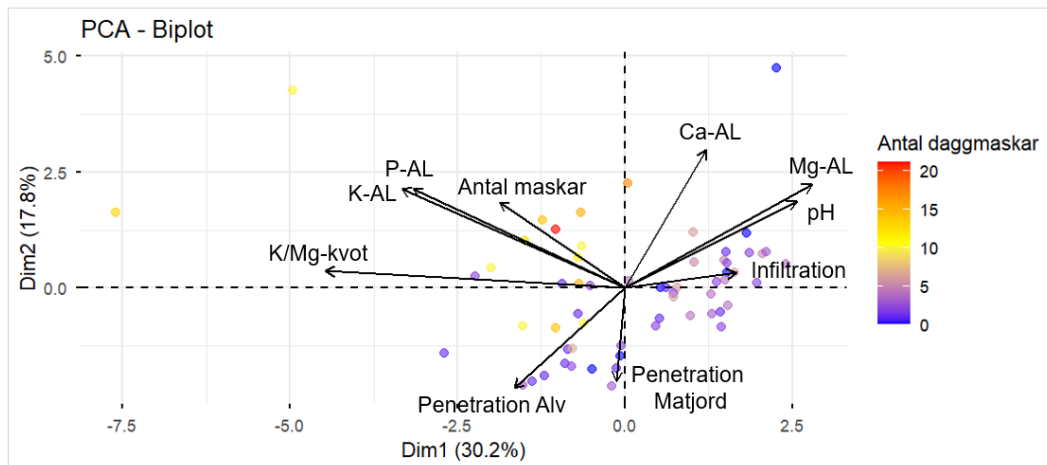
Fält	Infiltration M ± SD (mm/min)	Motstånd Matjord M ± SD (MPa)	Motstånd Alv M ± SD (MPa)
LOM1	1,9 ± 1,0	0,9 ± 0,22	2,9 ± 0,92
LOM2	1,0 ± 1,6	0,8 ± 0,15	2,3 ± 0,62
LAN2	0,2 ± 0,4	0,5 ± 0,10	2,1 ± 0,07
LAN1	0,3 ± 0,1	0,9 ± 0,17	2,1 ± 0,36
HBG1	0,8 ± 1,1	0,7 ± 0,15	2,4 ± 0,11
HBG2	2,0 ± 1,4	1,2 ± 0,13	2,7 ± 0,57
SKU1	40,1 ± 23,6	0,8 ± 0,17	2,4 ± 0,45
SKU2	16,9 ± 21,6	0,8 ± 0,15	2,6 ± 0,88
YST2	18,8 ± 15,6	0,6 ± 0,10	2,6 ± 0,63
YST1	40,8 ± 22,9	0,4 ± 0,04	2,7 ± 0,21

### 3.4 PCA-analys

PCAn (Figur 3) gav en indikation på vilka markfaktorer som korrelerar med varandra, de pilar som pekar åt samma håll korrelerar positivt och de som pekar åt motsatt håll visar en negativ korrelation. Dim1 förklarade 30,2% av datavariansen och Dim2 förklarade 17,8%. Tillsammans kunde de två dimensionerna i figur 3 alltså förklara 48,0% av datavariansen.

De längsta pilarna visar störst korrelation med huvudkomponenterna. Det var K/Mg-kvoten, följt av K-AL och P-AL som visade störst korrelation. Infiltration och penetrationsmotståndet i matjorden visade lägst korrelation till huvudkomponenterna.

Det totala antalet maskar samvarierade mest med K-AL och P-AL, samt delvis med K/Mg-kvoten. Sambandet mellan maskar och infiltration, penetrationsmotstånd, pH och resterande näringsämnen var lågt. Vissa markegenskaper uppvisade däremot samband gentemot varandra. PCA-analysen antydde att penetrationsmotståndet visar en negativ korrelation med infiltrationen, vilket skulle innebära att infiltrationshastigheten ökar när penetrationsmotståndet minskar och vice versa. Det gick även att utläsa en positiv korrelation mellan pH, Mg-AL och Ca-AL.



Figur 3. PCA-biplot som illustrerar variation av markfaktorer mellan provpunkter. Pilarnas riktning visar hur markfaktorerna korrelerar med huvudkomponenterna (Dim1 och Dim2). Deras längd förklarar hur väl de korrelerar med huvudkomponenterna. Punkterna representerar provpunkterna från fälten och avståndet mellan dem speglar hur dess markegenskaper skiljer sig. Punkterna är även färgade utefter hur många maskar som fanns på respektive plats.

PCA-biploten visade även hur provpunkterna förhöll sig till varandra. En hierarkisk klusteranalys gjordes för att undersöka om det gick att urskilja två eller flera kluster av provpunkter som hängde ihop. Det gick inte att urskilja några distinkta kluster av provpunkter, vilket innebär att markegenskaperna förändras kontinuerligt och inte abrupt.

### 3.5 Korrelation mellan daggmaskar och enskilda markegenskaper

PCA-analysen visade att daggmaskar samvarierar med P-AL, K-AL och delvis med K/Mg-kvoten. De variablerna, samt pH, infiltration och penetrationsmotstånd analyserades vidare.

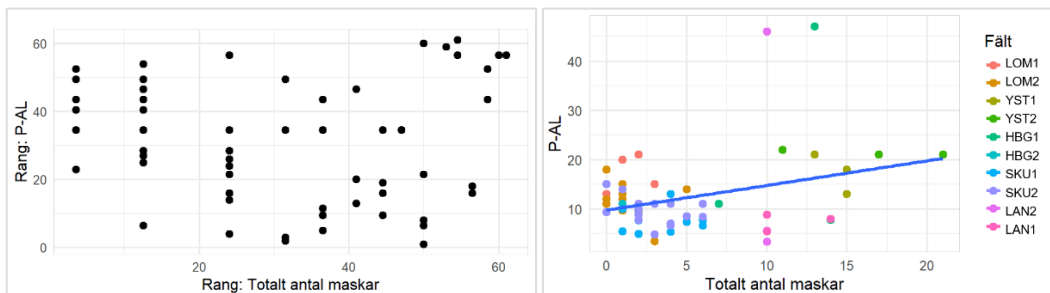
#### 3.5.1 Korrelation inom fälten

Korrelation mellan daggmaskar och de utvalda markparametrarna (P-AL, K-AL, pH, infiltration och penetrationsmotstånd) inom varje fält analyserades med Spearmans rangkorrelation (Bilaga 1 & 2). Inga signifikanta samband hittades ( $p > 0,05$ ). Generellt observerades att de fyra fält med störst antal provpunkter hade lägst p-värden och låg närmare signifikansnivån, oberoende av vilken parameter som analyserades.

### 3.5.2 Korrelation mellan fälten

#### Fosfor

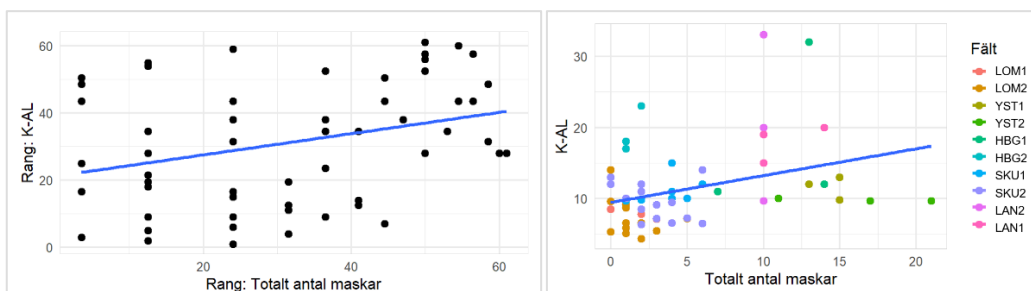
När alla punkter jämfördes tillsammans i en Pearson-analys (Figur 4) gick det att finna en svag men signifikant relation mellan antalet daggmaskar och P-AL ( $R^2=0,102$ ;  $p=0,012$ ). Däremot hittades ingen monoton relation genom Spearman-analysen ( $\rho=-0,056$ ;  $p=0,67$ ). Det låga, men signifikanta sambandet i Pearson-analysen kan bero på andra faktorer, exempelvis "bakgrundsbrus" i datan, eller att det inte finns något starkare samband.



Figur 4. Samband mellan antal daggmaskar och P-AL. Spearmans rangkorrelation visas till vänster och linjärt samband baserat på en Pearson-analys höger.

#### Kalium

Båda analyserna visade ett signifikant positivt samband mellan det totala antalet maskar och K-AL i respektive provpunkt (Figur 5). Det linjära sambandet i Pearson-analysen förklarade 11,8% av variationen av K-AL ( $R^2=0,12$ ;  $p=0,0067$ ). Spearman-analysen var också signifikant ( $\rho=0,314$ ;  $p=0,013$ ) och indikerar ett måttligt monotont samband. Resultatet indikerar att det finns både ett monotont och linjärt samband och att hög daggmaskförekomst är associerat med höga K-AL halter.

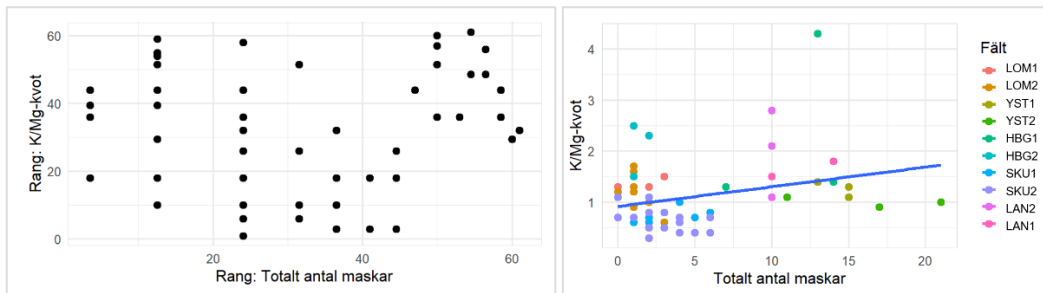


Figur 5. Samband mellan antal daggmaskar och K-AL. Spearmans rangkorrelation visas till vänster och linjärt samband baserat på en Pearson-analys visas till höger.

#### K/Mg-kvot

Det fanns ett svagt men signifikant linjärt samband mellan antal daggmaskar och K/Mg-kvot (Figur 6;  $R^2=0,085$ ;  $p=0,023$ ). Spearman-analysen visade dock ingen

signifikant rangkorrelation (Figur 6;  $\rho=0,12$ ;  $p=0,35$ ) vilket innebär att det inte går att påvisa något tydligt monotont samband.

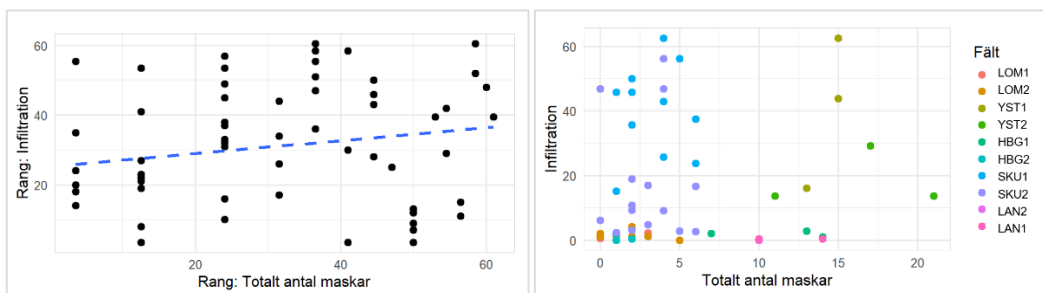


Figur 6. Samband mellan antal daggmaskar och K-AL. Spearmans rangkorrelation visas till vänster och linjärt samband baserat på en Pearson-analys visas till höger.

### Infiltration

Det fanns inget statistiskt samband mellan antalet daggmaskar och infiltration. Pearson-analysen var inte signifikant och visade en mycket låg förklaringsgrad (Figur 7;  $R^2=0,012$ ;  $p=0,40$ ). Spearman-analysen var inte heller signifikant ( $\rho=0,18$ ;  $p=0,16$ ).

På grund av stora skillnader mellan olika fält undersöktes även relativ infiltration där varje provpunkt beskrevs i procentuell ökning eller minskning jämfört med fältets medelvärde. Den här analysen visade inte heller något signifikant samband i Pearson-analysen eller Spearman-analysen ( $R^2<0,01$ ;  $p=0,99$  respektive  $\rho=0,078$ ;  $p=0,55$ ).



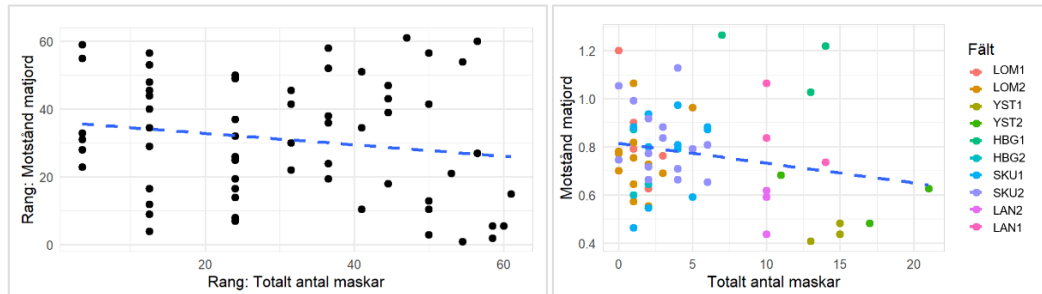
Figur 7. Samband mellan antal daggmaskar och infiltration (mm/min). Spearmans rangkorrelation visas till vänster och resultat från Pearson-analysen visas till höger. Streckade trendlinjer visar en ickesignifikant trend ( $0,05 < p < 0,20$ ).

### Penetrometer

Precis som för infiltrationen fanns inga signifikanta samband mellan antal daggmaskar och penetrationsmotstånd i matjorden (5-15 cm) eller i alven (25-35 cm).

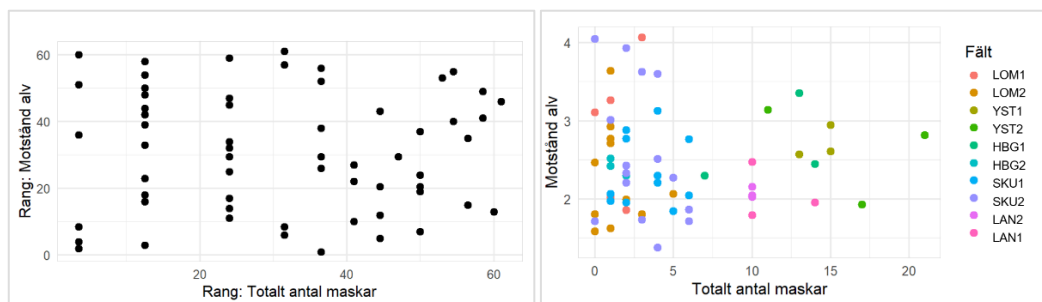
Däremot indikerade den linjära Pearson-analysen ett svagt negativt samband som inte var signifikant i matjorden (Figur 8;  $R^2=0,044$ ;  $p=0,10$ ). Spearman-analysen

visade inte heller något statistiskt samband ( $\rho=-0,26$ ;  $p=0,20$ ). Den svaga tendensen kan indikera att hög daggmaskförekomst är förenad med lägre markmotstånd, men sambandet är ej statistiskt säkerställt.



Figur 8. Samband mellan antal daggmaskar och penetrationsmotstånd i matjorden (5-15cm). Spearmans rangkorrelation visas till vänster och linjärt samband baserat på en Pearson-analys visas till höger. Streckade trendlinjer visar en ickesignifikant trend ( $0,05 < p < 0,20$ ).

I alven fanns inget samband mellan antal daggmaskar och penetrationsmotstånd (Figur 9). Varken Pearson-analysen eller Spearman-analysen var signifikanta ( $R^2=-0,001$ ;  $p=0,81$  respektive  $\rho=-0,26$ ;  $p=0,84$ ).

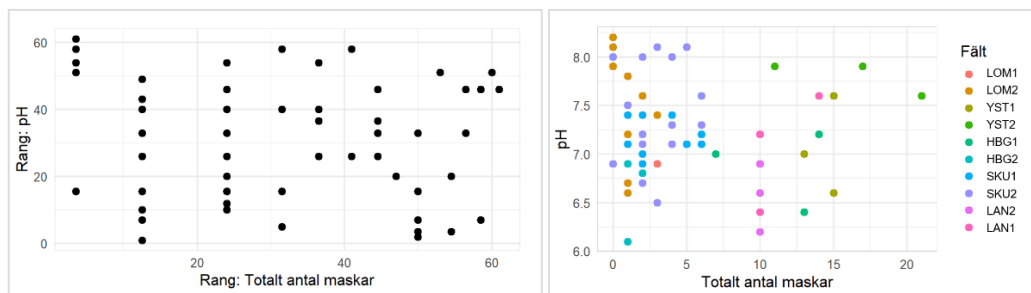


Figur 9. Samband mellan antal daggmaskar och penetrationsmotstånd i alven (25-35cm). Spearmans rangkorrelation visas till vänster och resultat från Pearson-analysen visas till höger.

Precis som för infiltrationen relativiserades penetrationsmotståndet för att undersöka eventuella samband. Inga sådana hittades.

## pH

Slutligen kunde inget statistiskt samband visas mellan antal maskar och pH (Figur 10). Pearson-analysen visade mycket låg förklaringsgrad ( $R^2 < 0,001$ ;  $p = 0,55$ ) och Spearman-analysen visade inget monotont samband ( $\rho = -0,089$ ;  $p = 0,50$ ).



Figur 10. Samband mellan antal daggmaskar och pH. Spearmans rangkorrelation visas till vänster och resultat från Pearson-analysen visas till höger.

## Analys av medelvärden

Alla mätpunkter från fälten användes i jämförelsen mellan daggmaskar och enskilda parametrar. Vissa fält (LOM1, LOM2, SKU1 och SKU2) hade fler mätpunkter än andra och kan således påverka resultatet mer. För att säkerställa att de fält som hade fler mätpunkter inte snedvridit resultatet gjordes även Pearson-analyser baserade på medelvärdet för respektive fält (Bilaga 3). I analyserna fanns då 10 datapunkter, en för varje fält. När medelvärden användes visades samma trend som när alla datapunkter inkluderades. Dock var inga samband signifikanta när medelvärdet användes på grund av det begränsade antalet datapunkter ( $n=10$ ).

## Sammanfattning av korrelation mellan fält

Sammanfattningsvis hittades få tydliga samband när enskilda parametrar jämfördes. Det mest robusta resultatet var för K-AL där sambandet var signifikant positivt i båda analyserna. Även P-AL och K/Mg-kvoten visade signifikanta, men svaga linjära samband. Dessa markparametrar hade dock ingen signifikant rangkorrelation i Spearman-analysen vilket tyder på att relationen var mer osäker. Inga signifikanta samband fanns mellan antal daggmaskar och infiltration, penetrationsmotstånd eller pH. Sammantaget visar resultaten att daggmaskförekomsten främst korrelerar med näringsparametrar snarare än markens fysikaliska egenskaper och pH.

## 4. Diskussion

### 4.1 Dagmaskar och växtnäringstillgänglighet

Studiens främsta resultat var det signifikant positiva sambandet mellan lättillgängligt kalium (K-AL) och antal dagmaskar i marken. Både den linjära Pearson-analysen, som förklarade 11,8%, och Spearman-analysen visade att antalet dagmaskar samvarierar med hög tillgänglighet av kalium. P-AL och K/Mg-kvoten visade också signifikanta linjära samband, men en något lägre förklaringsgrad (10,2% respektive 8,5%). Generellt hade P-AL en högre klass enl. Jordbruksverkets (2026) klassindelning än K-AL (Tabell 4). Spridningen inom fält var också större för P-AL medan K-AL och antalet dagmaskar snarare visade en variation mellan fält (Tabell 3 & 4). Det är troligt att denna skillnad gjort att K-AL fått en signifikant rangkorrelation och inte P-AL. Det signifikanta sambandet som hittades mellan dagmaskar och P-AL i Pearson-analysen kan indikera på ett svagt samband, men det ska tolkas med försiktighet då Spearman-analysen inte visar detsamma.

Det konstaterade linjära sambandet mellan antal maskar och K/Mg-kvoten (Figur 6;  $R^2=0,85$ ) är rimligt med tanke på att antalet dagmaskar korrelerade med K-AL. Ingen signifikant rangkorrelation hittades vilket troligt beror på att Mg-AL inte korrelerar med antal dagmaskar och därmed inte ändrar rangordningen i Spearman-analysen.

En aspekt som är viktig för tolkningen är att mätpunkterna är ojämnt fördelade mellan fälten, där Lomma och Skurup har fler mätpunkter än resterande fält. Det innebär att det finns en risk att resultaten blir snedvridna och överrepresenterar förhållandena för de fält där fler mätningar gjorts. Detta undersöktes med analyser som baserades på medelvärdena för varje fält. Resultaten från analyserna visade samma trend som de analyser där samtliga mätpunkter användes, vilket stärker resultatets robusthet. Däremot gav analyserna för medelvärdena i varje fält inte signifikanta resultat. Det beror troligt på att det endast fanns 10 datapunkter (en per fält) i dessa analyser.

Sambandet mellan växtnäringstillgänglighet och antal maskar överensstämmer med hypotesen och förklaras av det faktum att dagmaskar utgör en central roll i näringscirkulationen i jordbrukssystem genom att blanda, fragmentera och bryta ner organiskt material (Edwards & Arancon 2022a) samt stimulera nedbrytande mikroorganismer (Gudeta et al. 2021). Tidigare studier visar att dagmaskgångarna innehåller åtminstone 84% mer lättillgänglig fosfor och upp till 6 gånger så mycket lättillgängligt kalium (Stroud et al. 2016; Groenigen et al. 2019).

Förklaringsgraden för K-AL ( $R^2=0,118$ ), P-AL ( $R^2=0,102$ ) och K/Mg-kvoten ( $R^2=0,085$ ) framstår som lågt om det tas ur sin kontext. Det är viktigt att ha i beaktning att det är en fältstudie som till skillnad från laboratorieförsök har ett stort ”bakgrundsbrus” (Binning et al. 2025). Det orsakas av flera faktorer som inte undersökts inom ramen för den här studien, exempelvis jordart, temperatur, markfukt, jordbearbetningssystem, etc. Att dagmasken ensamt förklarar omkring 10% av variationen stärker dagmaskars relevans som biologisk indikator.

Resultaten tyder på att det finns en korrelation mellan antal dagmaskar och näringstillgänglighet. Det beskriver dock inte om det finns någon kausalitet. Det finns två hypoteser om varför dessa markparametrar visar ett samband. Den första är att dagmaskar tillgängliggör näringsämnen i marken genom sin nedbrytning (Stroud et al. 2016; Groenigen et al. 2019; Abbas et al. 2025) och att områden med hög dagmaskförekomst således får en större mängd tillgänglig näring. Den andra hypotesen är att dagmaskar trivs bättre i näringsrika jordar och därmed förekommer mest i dessa områden. Det är välkänt att dagmaskars tillväxt och reproduktion påverkas positivt av kvantitet och kvalitet på det organiska materialet (Cesarz et al. 2016; Betancur-Corredor et al. 2024). Det är därför möjligt att dagmaskarna blir samlade där födotillgången är mest gynnsam.

## 4.2 Uteblivna fysikaliska samband

Trots att dagmaskars positiva inverkan på markstruktur är välstuderad (Fischer et al. 2014; Sharma et al. 2017; Delgado & Gómez 2024; Kuzyakov & Kooch 2024; Calogiuri et al. 2025) hittade den här studien inga signifikanta samband mellan dagmaskantalet och de undersökta fysikaliska parametrarna infiltration och penetrationsmotstånd. Pearson-analysen visade dessutom en låg förklaringsgrad för både infiltration ( $R^2=0,012$ ) och för penetrationsmotstånd i matjorden och alven ( $R^2= 0,044$  &  $R^2=-0,001$ ). Resultatet talar således emot den etablerade litteraturen som säger att dagmaskarnas bioporer påverkar strukturegenskaper som porositet, infiltration och mekaniskt motstånd.

De förväntade sambanden mellan dagmaskantal och markstruktur uteblev och det kan sannolikt bero på att andra faktorer, exempelvis markpackning, textur och jordbearbetning, påverkar infiltrationen och penetrationsmotståndet mer än vad den biologiska aktiviteten hinner kompensera för. Vidare gjordes tätare mätningar, med ett prov per hektar, endast i fält som plöjs årligen. Det är möjligt att ett starkare samband skulle kunna identifieras ifall även plöjningsfria fält inventerades med lika många mätpunkter. I de fälten finns ingen regelbunden störning som döljer eventuella samband.

Begränsningarna i mätmetoder och mätningarnas utförande borde även tas hänsyn till, framför allt för infiltrationen. Infiltrationsmätningarna gjordes med en ”falling head”-metod som är känslig för strukturella variationer vid markytan, exempelvis sluttande mark (Bagarello et al. 2019) eller större håligheter mellan tiltor efter plöjning. De olika fälten var brukade på olika vis vid mätpunkten. SKU1 var nyplöjt, LOM1 och SKU2 var nysådda efter plöjning och resterande fält var grunt bearbetade eller obearbetade. Den här skillnaden har sannolikt större påverkan på markstrukturen än dagmaskarna.

Vidare var infiltrationen signifikant högre i Skurup och Ystad jämfört med resterande mätningar. Mätningarna genomfördes av två olika personer och troligtvis har den mänskliga faktorn gjort att mätningarna inte är identiskt genomförda. Eftersom infiltrationsmätningen genomfördes med en ”single ring”-metod behöver marken runtomkring ringen vara packad att undvika horisontellt vattenflöde. Det är möjligt att så inte var fallet i Skurup och Ystad.

Sammantaget visar resultatet att dagmaskantalet som enskild indikator inte är tillräcklig för att beskriva den rumsliga variationen av infiltration och penetrationsmotstånd.

### 4.3 pH

Likt de fysikaliska parametrarna visades inte heller något statistiskt samband mellan antal dagmaskar och pH ( $R^2 < 0,01$ ;  $p = 0,554$ ). Många av de arter som är vanliga i svenska lantbruksjordar (Lagerlöf et al. 2012) är basidofila och överlever ej under pH < 4,4 (Satchell 1955). pH-värdet var högre än det i samtliga provpunkter, pH 6,1–8,2, vilket är inom ett gynnsamt intervall. Troligtvis har pH ett tröskelvärde snarare än ett linjärt, eller ett monotont samband med dagmaskar.

PCA- analysen bekräftar att dagmaskantalet inte samvarierar med pH. Däremot samvarierar pH med Mg-AL och Ca-AL vilket är rimligt eftersom att de är kationer som bidrar till markens basmättnadsgrad (Eriksson et al. 2011).

### 4.4 Förhållandet mellan vuxna och juvenila dagmaskar

En intressant observation var att förhållandet mellan juvenila och vuxna individer varierade mycket mellan fälten. I Skurup (SKU1 och SKU2), Ystad (YST1 och YST2) samt LAN1 fanns signifikant fler juvenila än vuxna. Det kan indikera att det varit en reproduktionsvåg några månader tidigare.

Generellt sett förökar sig maskar kontinuerligt under de perioder då rätt förutsättningar finns (vår, tidig sommar och höst (Richter 2010)) De förutsättningar som krävs för dagmaskars reproduktion är rätt marktemperatur och fuktighet. (Edwards & Arancon 2022a) Därmed kan variationen mellan fält påverkas av regionala metrologiska skillnader. Kläckningstiden för vanligt förekommande arter (Lagerlöf et al. 2012) i svenska jordbrukssystem varierar mellan 10–21 veckor och sedan är dagmaskar juvenila i några månader (Edwards & Arancon 2022a). Det höga antalet av juvenila dagmaskar i vissa områden skulle alltså kunna bero på att det har varit gynnsamma förhållanden för reproduktion och överlevnad av kokonger på dessa platser under sensommaren och tidig höst.

Utöver väderfaktorer kan även markstruktur och textur ha spelat roll för de rumsliga skillnaderna. De här faktorerna har en sekundär inverkan på hur väl dagmaskar trivs i sitt habitat då de bland annat påverkar markens hydrauliska egenskaper.

Slutligen noterades även att det totala antalet maskar var lägre i Lomma (LOM1 och LOM2), Skurup (SKU1 och SKU2) och HBG1. Fyra av dessa fem fält bearbetas med plog, något som troligt kan vara en påverkande faktor (Angmo et al. 2024; Larsson 2024).

## 4.5 Dagmaskar som biologisk indikator

Resultatet visar både styrkor och svagheter med att använda antal dagmaskar som biologisk indikator. Deras funktion som indikator analyseras utifrån de fyra kriterierna: konceptuell relevans, praktisk genomförbarhet, känslighet och tolkbarhet (Bünemann et al. 2018).

Dagmaskantalet har en hög konceptuell relevans då den påverkar, och påverkas, av flera markkemiska och markfysikaliska faktorer. Relevansen bekräftas delvis av den här studien som visar ett signifikant samband med framför allt K-AL, och till viss del P-AL och K/Mg-kvoten. Samvariationen med dessa näringsparametrar gör dagmaskantalet teoretiskt lämplig för att indikera markens bördighet.

När det kommer till praktisk genomförbarhet är handsorteringsmetoden enkel och oberoende av avancerad utrustning, vilket gör den tillgänglig för lantbrukare. Framför allt om de vill jämföra olika fält. Däremot är det tidskrävande om syftet är att undersöka skillnader inom ett fält. Det hittades inget signifikant samband för inomfältsvariation med Spearman-analysen när ett prov per hektar togs vilket innebär att ännu tätare mätningar skulle krävas för att eventuellt se någon skillnad.

Daggmaskantalet uppvisade känslighet och varierade både inom och mellan fält. Utöver att de visar ett samband med K-AL, P-AL och K/Mg-kvoten, verkar de även samvariera med bearbetningsmetod (plöjning respektive plöjningsfritt). Det är något som inte har undersökts vidare i den här studien, men flera tidigare studier har visat det sambandet (Angmo et al. 2024; Larsson 2024). Dock tyder förhållandet mellan juvenila och vuxna daggmaskar i fälten på att daggmaskantalet också påverkas av vädermönster så som temperatur och markfukt. Det kan innebära att daggmaskantalet ger en ögonblicksbild snarare en långsiktig indikation för markens tillstånd.

Slutligen beror tolkbarheten på huruvida det går att sätta daggmaskdata i en kontext. Resultatet visar att daggmaskantalet speglar vissa näringsparametrar, men inte markfysikaliska parametrar vilket krävs för att det ska fungera som indikator för markbördighet i stort. När daggmaskantalet enbart indikerar näringsstatus, är det enklare att istället mäta näringshalten direkt i marken direkt. Eventuellt skulle den fungera som fullgod indikator om ler- och mullhalt fanns tillgängligt. De påverkar de markfysikaliska egenskaperna och skulle kunna användas för att identifiera eventuella samband genom att exempelvis normalisera de markfysikaliska egenskaperna mot textur.

Sammanfattningsvis kan daggmaskar fungera som indikator för markens näringsstatus på fältnivå, men inte för att undersöka inomfältvariation och markstruktur. Då skulle ytterligare studier krävas för att kartlägga den stora osäkerheten.

## 4.6 Avgränsningar och felkällor

Studien har flera avgränsningar som påverkar i vilken utsträckning det går att generalisera resultatet. För det första finns det en geografisk och rumslig avgränsning. Studien undersöker endast tio fält i Skåne varav fyra fält (LOM1, LOM2, SKU1 och SKU2) är mätta med en provplats per hektar, resten med tre prover per fält. Detta begränsar möjligheten att hitta signifikanta samband för inomfältvariationen. Ursprungligen avsåg studien även att undersöka sambandet mellan daggmaskförekomst och inomfältvariation av höstveteskörd. Skördedata som skulle användas i analysen blev inte tillgänglig i tid, varpå denna del av studien fick uteslutas.

Vidare är provtagningen tidsmässigt avgränsad och genomfördes vid ett tillfälle under en säsong. Därmed ger resultatet en ögonblicksbild och kräver vidare undersökningar för att bekräfta att resultatet säger något om fältets tillstånd på lång sikt. Dessutom försenades delar av provtagningen av skäl som ligger utanför

studiens kontroll. Det kan ha lett till att datan inte samlades in vid den mest optimala tidpunkten.

Det finns även biologiska avgränsningar. Studien har enbart fokuserat på antalet maskar och inte på artuppdelning eller biomassa. Olika typer av maskar (epigeiska, endogeiska och aneciska) påverkar markern på olika sätt varpå avsaknaden av artdata kan ha dolt specifika samband.

Den sista begränsningen är att det inte finns data för lerhalt och organiskt material (SOM). Data för de här egenskaperna var planerade att ingå i studien, men provtagningen blev ej genomförd av den externa aktören, varpå det ej kunde inkluderas i resultaten. Lerhalt och mullhalt påverkar både markens kemiska och fysikaliska egenskaper, samt daggmaskars livsmiljö och skulle potentiellt kunna bidra med ett mer heltäckande resultat. Slutligen borde det understrykas att de visade korrelationerna inte innebär att det finns en kausalitet.

Studiens två tydligaste felkällor är jordbearbetning och den mänskliga faktorn. Vissa fält var plöjda vid provtagningstillfället medan andra inte var det. Det kan ha påverkat maskantal, infiltration och penetrationsmotstånd. Infiltrationsmätningarna gjordes av två olika personer. Även om en standardiserad metod har använts kan det ha introducerat en mänsklig felkälla.

## 4.7 Tillämpning

Daggmaskinventering är ett konkret och enkelt sätt att fördjupa förståelsen om sina jordar. Daggmaskantalet kan fungera som en indikator för markens kemiska tillstånd och kan undersökas direkt i fält. Vad som är ett optimalt värde är dock tid och platsberoende och avgörs bland annat av klimatfaktorer och jordbearbetningssystem.

Ur ett vetenskapligt perspektiv bidrar det här arbetet med kunskap om daggmaskars funktion i jordbruksmarker på fältnivå. De samband som hittats tidigare är gjorda i labbstudier och fältstudier i mindre skala. Därmed stärker studien daggmaskars konceptuella relevans som indikator genom att visa på korrelation med vissa kemiska bördighetsparametrar i större skala.

## 4.8 Framtida studier

Det finns flera sätt att vidareutveckla ämnet i framtida studier. Lerhalt skulle kunna inkluderas som en samvariabel. Då skulle det eventuellt gå att hitta ett tydligare samband mellan daggmaskar och markfysikaliska egenskaper genom att normalisera variationen mot textur.

Det finns även ett behov av att utreda orsak och verkan för sambandet mellan dagmaskar och tillgänglig näring på fältnivå. Det skulle gå att undersöka om dagmaskar ökar näringstillgängligheten i marken eller om de samlas på platser som redan är näringsrika genom att jämföra mängden lättillgänglig näring (AL-metoden) med det totala förrådet (HCL-metoden). Ifall andelen lättillgänglig näring är högre i förhållande till den totala mängden näring där det är många dagmaskar skulle det tyda på att maskar ökar tillgängligheten av näring. Ifall andelen lättillgänglig näring är konstant och dagmaskar varierar med den totala mängden näring skulle det tyda på att dagmaskar samlas på platser med mycket näring.

## 4.9 Slutsats

Studien visar att daggmaskantalet främst korrelerar med markkemiska egenskaper och det mest robusta resultatet är ett signifikant positivt samband med lättillgängligt kalium (K-AL). Daggmaskantalet visade även ett signifikant, men svagare, linjärt samband med P-AL och K/Mg-kvoten. Resultaten gör att daggmaskens roll som indikator för bördighet och näringsstatus får en stärkt konceptuell relevans. Sambandet kan tolkas på två sätt, antingen ökar daggmaskar tillgängligheten av näringsämnen, eller så lever de och förökar sig bättre på platser med mer näring.

Trots att daggmaskar har en väldokumenterad förmåga att förbättra markstrukturen hittades inget signifikant samband mellan antal daggmaskar och de fysikaliska parametrarna infiltration och penetrationsmotstånd. Resultatet som går emot etablerad forskning beror troligtvis på att andra faktorer, så som textur, markpackning och jordbearbetning har en betydligt större påverkan på dessa parametrar än daggmaskar. Resultatet visar också att jordbearbetningssystemet spelar stor roll och att fält som brukas plöjningsfritt generellt har ett större antal maskar.

Daggmaskar anses vara en måttligt god indikator på fältnivå. Indikatorn har en konceptuell relevans och är praktiskt enkel att genomföra. Däremot är daggmaskantalet inte tillräcklig för att ensamt förklara den rumsliga inomfältsvariationen. Det kan även vara svårt att tolka resultaten eftersom det är kontextberoende vad som är ett bra och dåligt resultat. Ytterligare studier som inkluderar variabler som mullhalt och lerhalt samt undersöker kausaliteten mellan daggmaskförekomsten och näringstillgänglighet krävs även för att förbättra daggmaskantalets roll som indikator.

Sammanfattningsvis är daggmaskens roll som indikator för markbördighet begränsad eftersom den inte kan ge någon exakt indikation för vare sig näringstillgänglighet eller struktur. Däremot bidrar studien med ny kunskap om hur daggmaskar påverkar sin miljö på fältnivå och visar att daggmaskar samvarierar med vissa näringsparametrar och jordbearbetningsmetod.

## Referenser

- Abbas, G., Hasnain, M., Umm-E-Haseeba, Sarwar, A., Altaf, J., Ghayyur, D., Jameel, R., Iqbal, M., Wahid, M. & Rahul, F. (2025). Earthworms Enhance the Soil Fertility, Soil Structure and Facilitate Nutrient Cycling. 197–202. <https://doi.org/10.47278/book.HH/2025.413>
- Angmo, P., Sharma, S., Sidhu, H.S. & Saini, K.S. (2024). Conservation agriculture practices impact on biological and microbial diversity in earthworm cast under maize-wheat system. *Current Research in Microbial Sciences*, 7, 100273. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2024.100273>
- Arrazola Vasquez, E. (2023). Effects of soil compaction on burrowing and energy costs of different earthworm species. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, (2023:34). <https://doi.org/10.54612/a.5fhh1r6sg4>
- Bagarello, V., Baiamonte, G. & Caia, C. (2019). Variability of near-surface saturated hydraulic conductivity for the clay soils of a small Sicilian basin. *Geoderma*, 340, 133–145. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.01.008>
- Bartzen, B., Hoelscher, G., Ribeiro, L. & Seidel, E. (2019). How the Soil Resistance to Penetration Affects the Development of Agricultural Crops? *Journal of Experimental Agriculture International*, 30, 1–17. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2019/46589>
- Ben-Noah, I. & Friedman, S.P. (2018). Review and Evaluation of Root Respiration and of Natural and Agricultural Processes of Soil Aeration. *Vadose Zone Journal*, 17 (1), 170119. <https://doi.org/10.2136/vzj2017.06.0119>
- Betancur-Corredor, B., Zaitsev, A. & Russell, D.J. (2024). The impact of multiple agricultural land uses in sustaining earthworm communities in agroecosystems - A global meta-analysis. *Scientific Reports*, 14 (1), 30160. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-81676-5>
- Bhagat, A., Lal, M., Chowdhary, A.B., Kumar, V., Ahmed, S., Kaur, A. & Kaur, A. (2025). Elucidating the impact of soil's physico-chemical properties and seasonal variation on earthworm distribution in flood-prone areas of Harike wetland, India. *Scientific Reports*, 15 (1), 28370. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-12118-z>
- Binning, S.A., Ackerly, K.L., Cooke, S.J., Fusi, M., Gomez Isaza, D.F., Hardison, E.A., Martin, S., Munson, A., Pineda, M., Schwieterman, G.D., Reichard, M., Rummel, A. & Blewett, T.A. (2025). The lab-field continuum in conservation physiology research: leveraging multiple approaches to inform policy and practice. *Conservation Physiology*, 13 (1). <https://doi.org/10.1093/conphys/coaf063>
- Bouché, M. (1972). *Lombriciens de France. Ecologie et Systématique. Ann Zool Ecol Anim*
- Bünemann, E.K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R.E., De Deyn, G., de Goede, R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuyper, T.W., Mäder, P., Pulleman, M., Sukkel, W., van Groenigen, J.W. & Brussaard, L. (2018). Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105–125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>
- Calogiuri, T., Hagens, M., Van Groenigen, J.W., Wichern, F., Poetra, R.P., Rieder, L., Janssens, I.A., Hartmann, J., Neubeck, A., Niron, H., Singh, A., Vlaeminck, S.E., Vicca, S. & Vidal, A. (2025). Alive and dead earthworms capture carbon during mineral weathering through different pathways. *Communications Earth & Environment*, 6 (1), 851. <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02766-4>
- Cesarz, S., Craven, D., Dietrich, C. & Eisenhauer, N. (2016). Effects of soil and leaf litter quality on the biomass of two endogeic earthworm species.

- European Journal of Soil Biology*, 77, 9–16.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2016.09.002>
- Cusset, E., Bennegadi-Laurent, N., Recous, S., Bernard, P.-Y., Perrin, A.-S., Tscheiller, R., Trinsoutrot Gattin, I. & Riah, W. (2024). Which soil microbial indicators should be included in routine laboratory tests to support the transition to sustainable management of arable farming systems? A meta-analysis. *Ecological Indicators*, 167, 112706.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112706>
- Delgado, A. & Gómez, J.A. (2024). The Soil: Physical, Chemical, and Biological Properties. I: Villalobos, F.J. & Fereres, E. (red.) *Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture*. Springer International Publishing. 15–30.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-031-69150-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-69150-8_2)
- Dexter, A.R., Czyż, E.A. & Gałę, O.P. (2007). A method for prediction of soil penetration resistance. *Soil and Tillage Research*, 93 (2), 412–419.  
<https://doi.org/10.1016/j.still.2006.05.011>
- Doran, J.W. & Parkin, T.B. (1994). Defining and Assessing Soil Quality. I: *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. John Wiley & Sons, Ltd. 1–21. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub35.c1>
- Edwards, C.A. & Arancon, N.Q. (2022a). *Biology and Ecology of Earthworms*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-74943-3>
- Edwards, C.A. & Arancon, N.Q. (2022b). The Influence of Environmental Factors on Earthworms. I: Edwards, C.A. & Arancon, N.Q. (red.) *Biology and Ecology of Earthworms*. Springer US. 191–232.  
[https://doi.org/10.1007/978-0-387-74943-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-0-387-74943-3_7)
- Edwards, C.A., Lofty, J.R., Edwards, C.A. & Lofty, J.R. (1974). The invertebrate fauna of the park grass plots. I. Soil fauna. *Report, Rothamsted Experimental Station (Part, (Part 2))*, 133–154
- Eriksson, J., Dahlin, S., Nilsson, I. & Simonsson, M. (2011). *Marklära*. <https://res.slu.se/id/publ/36941> [2026-03-03]
- Fischer, C., Roscher, C., Jensen, B., Eisenhauer, N., Baade, J., Attinger, S., Scheu, S., Weisser, W.W., Schumacher, J. & Hildebrandt, A. (2014). How Do Earthworms, Soil Texture and Plant Composition Affect Infiltration along an Experimental Plant Diversity Gradient in Grassland? *PLoS ONE*, 9 (6), e98987. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098987>
- Fonte, S.J., Hsieh, M. & Mueller, N.D. (2023). Earthworms contribute significantly to global food production. *Nature Communications*, 14 (1), 5713.  
<https://doi.org/10.1038/s41467-023-41286-7>
- Friend, J.N. (1912). Aeration of the Soil by Earthworms. *Science Progress in the Twentieth Century (1906-1916)*, 6 (23), 393–401
- Groenigen, J.W. van, Groenigen, K.J. van, Koopmans, G.F., Stokkermans, L., Vos, M.J. & Lubbers, I.M. (2019). How fertile are earthworm casts? A meta-analysis. *Geoderma*, 338, 525–535.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.11.001>
- Gudeta, K., Julka, J.M., Kumar, A., Bhagat, A. & Kumari, A. (2021). Vermiwash: An agent of disease and pest control in soil, a review. *Heliyon*, 7 (3), e06434.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06434>
- Holmstrup, M. (2001). Sensitivity of life history parameters in the earthworm *Aporrectodea caliginosa* to small changes in soil water potential. *Soil Biology and Biochemistry*, 33 (9), 1217–1223.  
[https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00026-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00026-8)
- Holmstrup, M., Lamandé, M., Torp, S.B., Greve, M.H., Labouriau, R. & Heckrath, G. (2011). Associations between soil texture, soil water characteristics and earthworm populations in grassland. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 61 (7), 583–592.  
<https://doi.org/10.1080/09064710.2010.526629>

- Hotelling, H. (1933). Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *Journal of Educational Psychology*, 24 (6), 417–441. <https://doi.org/10.1037/h0071325>
- Jordbruksverket (2026). *Rekommendationer för gödsling och kalkning 2026*. <https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/jo219.html> [2026-02-25]
- Kavdir, Y. & İlay, R. (2011). Earthworms and Soil Structure. I: Karaca, A. (red.) *Biology of Earthworms*. Springer. 39–50. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-14636-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-14636-7_3)
- Kawakami, T. & Makoto, K. (2017). Does an earthworm species acclimatize and/or adapt to soil calcium conditions? The consequences of soil nitrogen mineralization in forest soil. *Ecological Research*, 32 (4), 603–610. <https://doi.org/10.1007/s11284-017-1473-0>
- Klein, O. & Knaebe, S. (2008). *Earthworm fi eld testing: test relevant comparisons with different sampling methods and soil types over an one year period*. <https://doi.org/10.13140/2.1.4187.4247>
- Kuzyakov, Y. & Kooch, Y. (2024). Earthworm Biopores for Transport and Nutrient Cycling. I: Kooch, Y. & Kuzyakov, Y. (red.) *Earthworms and Ecological Processes*. Springer Nature Switzerland. 417–432. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-64510-5\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-031-64510-5_16)
- Lagerlöf, J., Pålsson, O. & Arvidsson, J. (2012). Earthworms influenced by reduced tillage, conventional tillage and energy forest in Swedish agricultural field experiments. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 62 (3), 235–244. <https://doi.org/10.1080/09064710.2011.602717>
- Larsson, J. (2024). *Val av odlingsssystem*. [Avancerad nivå, A2E]. <https://stud.epsilon.slu.se/19932/> [2026-03-12]
- Neina, D. (2019). The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation. *Applied and Environmental Soil Science*, 2019 (1), 5794869. <https://doi.org/10.1155/2019/5794869>
- Ottabong, E., Börling, K., Kätterer, T. & Mattsson, L. (2009). Compatibility of the ammonium lactate (AL) and sodium bicarbonate (Olsen) methods for determining available phosphorus in Swedish soils. *Acta agriculturae Scandinavica. Section B, Soil and plant science*, 59 (4), 373–378. <https://doi.org/10.1080/09064710902777091>
- Otto, R., Silva, A.P., Franco, H.C.J., Oliveira, E.C.A. & Trivelin, P.C.O. (2011). High soil penetration resistance reduces sugarcane root system development. *Soil and Tillage Research*, 117, 201–210. <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.005>
- Pedersen, S.M. & Lind, K.M. (2017). Precision Agriculture – From Mapping to Site-Specific Application. I: *Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives*. Springer, Cham. 1–20. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-68715-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68715-5_1)
- Pérès, G., Bellido, A., Curmi, P., Marmonier, P. & Cluzeau, D. (2010). Relationships between earthworm communities and burrow numbers under different land use systems. *Pedobiologia*, 54 (1), 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2010.08.006>
- Posit team (2025). RStudio: Integrated Development Environment for R. <http://www.posit.co/>
- Rajapaksha, N.S.S., Butt, K.R., Vanguelova, E.I. & Moffat, A.J. (2013). Earthworm selection of Short Rotation Forestry leaf litter assessed through preference testing and direct observation. *Soil Biology and Biochemistry*, 67, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.08.006>
- Raw, F. (1962). Studies of earthworm populations in orchards. *Annals of Applied Biology*, 50 (3), 389–404. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1962.tb06035.x>

- Ray, S. (red.) (2018). *Earthworms - The Ecological Engineers of Soil*. InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.71290>
- Richter, K. (2010). *Genetic Structure in European Populations of the Earthworm Lumbricus Terrestris*. kassel university press GmbH.
- Ruehlmann, J. & Körschens, M. (2009). Calculating the Effect of Soil Organic Matter Concentration on Soil Bulk Density. *Soil Science Society of America Journal*, 73 (3), 876–885. <https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0149>
- Satchell, J.E. (1955). *Some aspects of earthworm ecology*. Butterworths, London, United Kingdom. <http://archive.org/details/satchell-1955a> [2026-01-22]
- Shapiro-Ilan, D.I. & Brown, I. (2013). Earthworms as phoretic hosts for *Steinernema carpocapsae* and *Beauveria bassiana*: Implications for enhanced biological control. *Biological Control*, 66 (1), 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.03.005>
- Sharma, D.K., Tomar, S. & Chakraborty, D. (2017). Role of earthworm in improving soil structure and functioning. *Current Science*, 113 (6), 1064–1071
- SLU Artdatabanken (u.å.). *daggmaskar-Artfakta från SLU Artdatabanken*. <https://artfakta.se/> [2025-11-13]
- Stenberg, B. (1997). *Integrated evaluation of physical, chemical and biological properties of agricultural soil*. Swedish University of Agricultural Sciences. <https://slu.primo.exlibrisgroup.com> [2026-01-22]
- Stroud, J.L., Irons, D.E., Carter, J.E., Watts, C.W., Murray, P.J., Norris, S.L. & Whitmore, A.P. (2016). *Lumbricus terrestris* middens are biological and chemical hotspots in a minimum tillage arable ecosystem. *Applied Soil Ecology*, 105, 31–35. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.03.019>
- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) (2026). *Normalperioden 1991-2020*. SMHI. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/normaler/normalperioden-1991-2020> [2026-01-09]
- Versteegh, E.A.A., Black, S. & Hodson, M.E. (2014). Environmental controls on the production of calcium carbonate by earthworms. *Soil Biology and Biochemistry*, 70, 159–161. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.12.013>
- Villalobos, F.J. & Fereres, E. (red.) (2024). *Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-69150-8>
- Villalobos, F.J., Mateos, L., García-Tejera, O., Orgaz, F. & Fereres, E. (2024). The Water Budget. I: Villalobos, F.J. & Fereres, E. (red.) *Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture*. Springer International Publishing. 99–112. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-69150-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-69150-8_8)
- Wigfeldt, K. (2023). *Optimalt pH-värde i åkermark för en effektiv växtproduktion: vilka rekommendationer finns i andra nordeuropeiska länder?* Sveriges lantbruksuniversitet.

## Bilagor

	pH		P-AL		K-AL		K/Mg-kvot	
	$\rho$	p	$\rho$	p	$\rho$	p	$\rho$	p
LOM1	-0,68	0,20	0,50	0,39	-0,68	0,20	0,73	0,17
LOM2	-0,25	0,44	-0,35	0,26	-0,36	0,25	-0,32	0,31
LAN2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
LAN1	0,87	0,33	0,00	1,00	0,87	0,33	1,00	0,00
HBG1	0,50	1,00	-0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00
HBG2	0,00	1,00	NA	NA	0,87	0,33	0,00	1,00
SKU1	0,00	1,00	-0,02	0,95	0,56	0,08	0,48	0,14
SKU2	0,23	0,42	-0,39	0,16	-0,35	0,20	-0,45	0,09
YST1	0,00	1,00	-0,87	0,33	0,00	1,00	-0,87	0,33
YST2	-0,87	0,33	-0,87	0,33	-0,87	0,33	-0,50	1,00

*Bilaga 1. Resultat från spearman-analysen ( $\rho$  och p) som jämför daggmaskantalet med enskilda kemiska markegenskaper inom enskilda fält.*

	Infiltration		Motstånd mat		Motstånd alv	
	$\rho$	p-värde	$\rho$	p-värde	$\rho$	p-värde
LOM1	0,87	0,05	-0,87	0,05	0,21	0,74
LOM2	-0,31	0,32	-0,12	0,71	0,05	0,88
LAN2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
LAN1	0,00	1,00	-0,87	0,33	0,00	1,00
HBG1	-0,50	1,00	-0,50	1,00	0,50	1,00
HBG2	0,00	1,00	0,00	1,00	-0,87	0,33
SKU1	0,02	0,95	0,26	0,45	0,03	0,94
SKU2	-0,02	0,93	-0,29	0,29	-0,34	0,22
YST1	0,87	0,33	0,87	0,33	0,87	0,33
YST2	0,00	1,00	-0,50	1,00	-0,50	1,00

*Bilaga 2. Resultat från spearman-analysen ( $\rho$  och p) som jämför daggmaskarantalet med enskilda fysikaliska markegenskaper inom enskilda fält.*

	$R^2$	p-värde
pH	0,006	0,83
P-AL	0,33	0,08
K-AL	0,066	0,48
K/Mg-kvot	0,038	0,59
Infiltration	0,055	0,51
Motstånd matjord	0,063	0,48
Motstånd alv	0,007	0,94

*Bilaga 3. Resultat från Pearson-analysen ( $R^2$  och p) som visar sambandet mellan medelvärdet för antal daggmaskar med medelvärdet för enskilda markegenskaper per fält (n=10).*



# Populärvetenskaplig sammanfattning

Bördig jord är grunden för all livsmedelsproduktion och en nödvändighet för att alla ska kunna få mat på sin tallrik, men att definiera vad som är en bra jord är komplicerat. Det är idag vanligt att bördigheten mäts utifrån kemiska och fysikaliska faktorer, så som näringshalt och struktur. Då förbises faktumet att jorden är ett högst levande ting med massvis av mikroorganismer och djur som gör marken bördigare och underlättar tillväxten av grödor. Ett av dessa djur är daggmaskar, som ofta kallas för naturens ekosystemingenjörer. Flertalet tidigare studier har visat att de gör en stor nytta genom att bland annat syresätta jorden, blanda ner växtrester och göra näring mer lättillgänglig för det som växer. Sambandet mellan mängd daggmaskar och de traditionella kemiska och fysikaliska i en större skala är dock dåligt kartlagt. Därför har den här studien undersökt just detta.

## *Daggmaskjakt i Skåne*

I den här studien gjordes en omfattande undersökning av tio fält i Skåne. Där grävdes gropar med jämna mellanrum och den uppgrävda jorden handsorterades för att kunna räkna hur många maskar som fanns i varje grop. Antalet daggmaskar jämfördes sedan med avancerade mätningar av markens kemiska och fysikaliska tillstånd.

## *Ger daggmaskar en näringsrik jord?*

Studiens främsta resultat visar att det finns fler daggmaskar på de platserna med mycket näring. Framför allt hittades ett samband mellan daggmaskar och kaliumhalter i jorden, men studien antyder även ett samband med fosfor. Både kalium och fosfor är så kallade makronäringsämnen, det vill säga ämnen som växter behöver stora mängder av för att kunna växa frodigt och ge hög skörd. Ytterligare forskning skulle dock behövas för att undersöka huruvida daggmaskar bidrar med mer växttillgänglig näring, eller om de helt enkelt trivs bättre i näringsrika jordar.

## *Maskiner vs maskar*

Trots daggmaskars erkända roll som ekosystemingenjörer hittades inget samband mellan dem och markens fysikaliska egenskaper. De egenskaper som undersöktes var hur stort motståndet i marken var, något som avgör hur lätt maskar och rötter kan röra sig i marken, samt hur snabbt vatten kan infiltrera i marken. Den troliga orsaken är att jordbearbetningen verkar ha en större påverkan på markens struktur än vad daggmaskar har. Det skulle innebära att effekten av dagens moderna jordbruksmaskiner överskuggar daggmaskarnas arbete.

### *Betydelse för framtidens lantbruk*

Daggmaskräkning är en billig och enkel metod för att få en inblick i jordens biologiska liv och studien visar att daggmaskantalet kan ge en uppfattning om hur näringsstatusen skiljer sig mellan olika fält. Daggmaskar kan således vara en viktig pusselbit för den som vill få en uppfattning om hur mycket näring som finns i marken.

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

JA, jag, Oscar Andersson har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.