



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Jordtrøtthet i eple - forskjell mellom økologiske og konvensjonelle hager?

Sluttrapport for projektet «Jordtrøytteleik i eple - skilnad mellom økologiske og konvensjonelle hagar? (VitalEPLEJORD)»

NIBIO RAPPORT | VOL. 6 | NR. 58 | 2020



Christer Magnusson¹, Tore Krogstad², Martin Petterson¹, May Bente Brurberg^{1,3}, Stine Huseby⁴, Irene Rasmussen¹, Birgit Schaller¹, Venche Talgø¹, Marte Persdatter Tangvik¹ & Liv Hatleli Gilpin⁵

¹Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO), Divisjon for bioteknologi og plantehelse; ²Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning; ³NMBU, Institutt for plantevitenskap; ⁴Norsk Landbruksrådgivning og ⁵Njøs frukt- og bærseier

TITTEL/TITLE

Jordtrøtthet i eple - forskjell mellom økologiske og konvensjonelle hager?

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)Christer Magnusson¹, Tore Krogstad², Martin Pettersson¹, May Bente Brurberg^{1, 3}, Stine Huseby⁴, Irene Rasmussen¹, Birgit Schaller¹, Venche Talgø¹, Marte Persdatter Tangvik¹ & Liv Hatleli Gilpin⁵

¹Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO), Divisjon for bioteknologi og plantehelse; ²Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning; ³NMBU, Institutt for plantevitenskap; ⁴Norsk Landbruksrådgivning og ⁵Njøs frukt- og bærcenter

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
03.04.2020	6/58/2020	Åpen	51050-0	18/01487
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02564-1	2464-1162	29		

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Landbruksdirektoratet

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Ragnhild Næverlid

STIKKORD/KEYWORDS:

Jordprøver, jordkjemi, nematoder,
Phytophthora/soil samples, soil chemistry,
nematodes, *Phytophthora*

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Plantesykdommer, jordkjemi/plant diseases, soil
chemistry

SAMMENDRAG:

Formålet med forprosjektet VitalEPLJORD var å studere potensielle årsaker til jordtrøtthet i epleproduksjonen, et fenomen som kan oppstå dersom det ikke praktiseres vekstskifte. Jordprøver fra 10 bruk (fem med økologisk og fem med konvensjonell drift) på Øst- og Vestlandet ble undersøkt med tanke på jordkvalitet, nematoder og *Phytophthora*. Innen hver av de tre kategoriene ble det gjort interessante funn. Både lite fruktbar jord og skadegjørere kan føre til dårlig etablering, svak tilvekst, avlingsreduksjon og at trær i verste fall dør. I de jordkjemiske analysene ble det vist høyere innhold av organisk materiale, totalt nitrogen og plantetilgjengelig fosfor i økologisk enn konvensjonell drift, samt mer stabilt innhold av plantetilgjengelig magnesium, mer stabil pH og mer stabil basemetningsgrad. Det ble identifisert en rekke nematodearter, inkludert flere planteparasittære. Økologisk drift så ut til å kunne øke bakteriekonsumerende nematoder, minske rotkonsumerende nematoder og øke altetere. Innen *Phytophthora* ble det funnet fire arter der alle er rapportert som alvorlige skadegjørere på treaktige vekster både i Norge og andre land. *Phytophthora* forekom ved begge driftsformer. Antallet jordprøver var totalt 50 (5 samleprøver/bruk, hver samleprøve kom fra separate rader). Testomfanget var for lite til å dra konklusjoner om årsak til jordtrøtthet, men det har gitt verdifull kunnskap til å bygge videre på.

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

LAND/COUNTRY: Norge
FYLKE/COUNTY: Viken
KOMMUNE/MUNICIPALITY: Ås
STED/LOKALITET: Høgskoleveien 7

GODKJENT /APPROVED



HANNE SKOMEDAL

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



CHRISTER MAGNUSSON



Innhold

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn for projektet	5
1.2	Jordkjemi	5
1.3	Nematoder	6
1.4	<i>Phytophthora</i>	6
2	Material og metoder	7
2.1	Uttak av jordprøver	7
2.2	Jordkjemiske-analyser	7
2.3	Nematode-analyser	7
2.4	<i>Phytophthora</i> -analyser	8
3	Resultater	9
3.1	Jordkjemi	9
3.2	Nematoder	11
3.3	<i>Phytophthora</i>	19
4	Diskusjon	21
4.1	Jordkjemi	21
4.2	Nematoder	22
4.3	<i>Phytophthora</i>	24
5	Konklusjon/Anbefalinger	26
5.1	Jordkjemi	26
5.2	Nematoder	26
5.3	<i>Phytophthora</i>	26
	Litteratur	27

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for projektet

Jordtrøtthet i eple oppstår ofte i felt uten vekstskifte, altså der epletrær blir plantet etter epletrær (Winkelmann et al. 2018). Dette viser seg som svak tilvekst i felt, sterke avlingsreduksjoner og redusert fruktkvalitet som gir negative utslag for inntjening i næringen (Mazzola & Manici 2012). Dagens tette plantinger med svakt-voksende grunnstammer for å øke produktiviteten har ført til økte problemer. Trær i slike felt har dårlig vekst, dårlig avling og kan i verste fall dø ut. Det har tidligere vært vanskelig å fastslå en enkel årsak til jordtrøtthet, det er blitt vist til næringsmangel, roteksudater, pesticidrester, nematoder og sjukdomsfremkallende mikroorganismer. Internasjonale studier viser at sjukdomskomplekset assosiert med jordtrøtthet i eple kan være forårsaket av arter innen rikene Stramenopila (fins ikke norsk navn), sopp og bakterier i disse slektene; *Phytophthora*, *Pythium*, *Cylindrocarpon*, *Rhizoctonia*, *Bacillus* og *Pseudomonas*. Når nematoder i tillegg er til stede øker alvorlighetsgraden av sjukdom (Mai et al. 1994, Mazzola 1998, Tewoldemehin et al. 2011).

I forprosjektet «Jordtrøytteleik i eple - skilnad mellom økologiske og konvensjonelle hager? (VitalEPLJORD)» var formålet å kartlegge jordfruktbarhet i et begrenset utvalg av eplehager, og undersøke eventuelle forskjeller mellom økologisk og konvensjonell drift med tanke på organisk materiale og andre jordkjemiske parametere, samt forekomst av nematoder og *Phytophthora*. Slike parallelle kartlegginger kan gi viktig informasjon om jordbiologien. Det kan være mulig å finne synergieffekter ved å se jordkjemi, jordfysikk og jordbiologi i en sammenheng.

Både økologisk og konvensjonelt drevne eplehager inngikk i prosjektet. På grunn av få økologiske hager å velge mellom ble de ikke valgt ut etter spesielle kriterier. En del av de konvensjonelle hagene ble valgt ut på grunn av dårlig vekst. Både øst- og vestlandet er representert. Det ble tatt ut jordprøver som ble undersøkte for de nevnte kategoriene for å oppfylle delmålene i VitalEPLJORD:

1. Jordkjemi, med nivå av makronæringsemne, pH, organisk materiale, C/N-forhold og utbyttekapasitet samt jordartsbestemmelse
2. Forekomst av nematoder, med antall og relative frekvenser til næringsøkologiske grupper samt forekomst av rotkonsumerende slekter/arter av nematoder
3. Forekomsten av *Phytophthora*-arter

1.2 Jordkjemi

Vekstmediet spiller en sentral rolle når det gjelder næringstilgang for alle vekster. I eplehager har jorda flere funksjoner. Den virker som en forankring for trærne, men langt viktigere er den fysiske og kjemiske virkningen den har på røttene og deres funksjon. God aggregatstruktur bedrer lufttilgangen, drenerer jorda og øker mulighetene for gode vekstbetingelser for jordorganismer. Indirekte har det også innvirkning på tilgjengeligheten av næringsstoffer gjennom blant annet påvirkningen på reduksjons-oksidasjonsreaksjoner (red-oks) forholdene i jorda.

Jordas innhold av organisk materiale har stor betydning for lagring og frigjøring av næringsstoffer. Kjemiske parametere som pH og jordas kationutvekslingskapasitet er sentrale parametere som styrer både næringsopptak og jordas evne til å lagre næringsstoffer over tid. I økologisk dyrking brukes mer organisk basert gjødsel enn i konvensjonell dyrking. Bruk av både husdyrgjødsel og kompost tilfører jorda organisk materiale i tillegg til næringsstoffer og det kan forventes at disse dyrkingsformene har en mer næringsrik jord enn jord som i hovedsak tilføres mineralgjødsel.

Jordprøverne fra de konvensjonelle og økologiske eplehagene ble undersøkt for å se om det kunne påvises forskjeller i innhold som igjen kan forklare forskjeller i vekst og avling.

1.3 Nematoder

Nematoder (rundormer) er mikroskopiske, trådformede dyr som lever fritt i jord og vann, eller lever som parasitter på planter og dyr. De forekommer i alle biotoper på jordkloden og det fins utrolig mange arter. Nematoder er direkte relatert til jordhelse, dels som alvorlige parasitter på røtter, men også gjennom de positive effektene de har på nedbryting av organisk materiale og næringsstoffsirkulasjon i jord (Pommersche & Magnusson 2011). Nematodenes populasjonsnivåer og faunaens sammensetning av næringsøkologiske grupper er relatert til aktiviteten til nematodenes næringsbaser, og vil speile den jordbiologiske aktiviteten over tid (Neher 2001, Stirling 2018).

1.4 *Phytophthora*

Slektsnavnet *Phytophthora* kommer fra gresk og betyr planteødelegger (*Phyto* = plante, *pthora* = ødelegger). *Phytophthora*-arter tilhører som nevnt over et eget rike på linje med for eksempel sopp-, dyre- og planteriket. På verdensbasis er det til nå identifisert over 150 arter av *Phytophthora*, herav noen av de verste skadegjørerne som fins på treaktige vekster. For eksempel har *P. ramorum* ført til en alvorlig epidemi på lerk (*Larix kaempferi*) i England og også skadet blåbær (*Vaccinium myrtillus*) og mange andre lignoser (Talgø 2011). Flere *Phytophthora*-arter gjør skade i frukt dyrkingen verden over (f. eks. Harris 1991).

Phytophthora danner både sporer som kan forflytte seg i vann [svermesporer (zoosporer)] og sporer som kan overleve lenge (mange år, kanskje tiår) i infisert plantemateriale og/eller jord [hvilesporer (oosporer og/eller klamydosporer)]. Alle disse sporetypene kan spire og infisere plantemateriale. Grunnen til at *P. ramorum* kan gi opphav til epidemier, er at zoosporene sprer seg i fuktig luft (luftbårne). De fleste *Phytophthora*-arter er derimot jordboende og sprer seg mer sakte, bortsett fra når sporene når vassdrag eller blir spredde med flom. Dersom det fins smitte i et område, eller plantene har med seg en latent infeksjon av *Phytophthora*, er de mest utsatte dersom de blir plantet i dårlig drenert jord eller i områder med mye nedbør. Fuktighet øker nemlig produksjonen av svermesporer med påfølgende fare for smittespredning og infeksjon. Smittespredning med hvilesporer skjer gjennom forflytting av infisert jord på plantemateriale (rotklump med jord), fottøy, maskiner og redskaper.

Jordboende *Phytophthora*-arter angriper røtter og stambasis og fører til redusert tilvekst på grunn av at næring- og vannopptaket reduseres. Det oppstår ofte blødende stamsår på smittede trær fordi ledningsvevet ødelegges og plantesafta da blir presset ut gjennom barken. Trærne kan bli stående å sture, gulne i krona og i verste fall dø.

2 Material og metoder

2.1 Uttak av jordprøver

I forprosjektet VitalEPLEJORD inngikk fem konvensjonelle og fem økologiske frukthager på Øst- og Vestlandet. I hver hage ble jordprøver på 2 liter tatt ut langs hver av 5 rader epletrær ved hjelp av standard jordprøvebor (0-25 cm). Det totale antallet jordprøver i undersøkelsen var altså 50. Informasjon ble samlet inn om eple-sort (Aroma, Discovery, Åkerø, Tohoku, Eir, Idunn, Rubinstep m. fl.), planteår (1985-2017), forkultur, dyrkingshistorikk, dyrkingsstrategi, særlig knyttet til mengde og type organisk materiale (kompost, grøngjødsling, husdyrgjødsel, organisk flytende- eller fast gjødsel). Det ble også samlet informasjon om plantehelse, produksjonsnivå og ugrasbekjempelse.

Jordprøvene, som ble tatt i 2018 fra øvre sjikt av jorda, ble sendt til NIBIO hvor de ble oppbevart i kjølerom ved 4°C. Hver prøve ble før videre behandling godt blandet og delt opp for analyse. For hver prøve ble det 0,5 L jord til kjemisk analyse (NMBU), 1 L til ekstraksjon for nematoder (NIBIO) og 1 L for undersøkelse for *Phytophthora* (NIBIO).

2.2 Jordkjemiske-analyser

Jordprøvene ble tørket og siktet slik at alle partiklene var under 2 mm. Alle analysene ble foretatt på denne fraksjonen:

- Kornfordelingsanalyser ble gjennomført etter pipette-metoden.
- Organisk innhold ble bestemt på 4-5 gram jord som først var tørket ved 105°C og deretter glødet ved 550°C over natten.
- pH ble målt i en suspensjon av jord og deionisert vann i forholdet 1:2,5 (v/v) etter henstand natten over.
- Total C og total N ble analysert på LECO CHN Truespec ved forbrenning ved 1050°C og måling av CO₂ og NO_x gassene som ble dannet under forbrenningen.
- Karbon ble målt med IR celle og nitrogen med termisk ledningsevne. Plantetilgjengelige næringsstoffer (P, K, Mg, Ca) ble bestemt med AL-metoden og elementene i ekstraktene målt med ICP.
- Kationbyttekapasitet (CEC) ble bestemt som potensiell CEC med ammoniumacetat ved pH 7.00. Utbyttbart H⁺ ble bestemt med titrering, utbyttbart Na⁺, K⁺, Mg²⁺ og Ca²⁺ ble målt med ICP.

2.3 Nematode-analyser

Nematoder ble ekstrahert fra 250 mL jord i Seinhorst-elutriator (Seinhorst 1988). Nematodene ble telt i Leica M10 stereomikroskop. Nematoder for morfologisk analyse ble montert på objektglass og undersøkt i forskningsmikroskop Leica 6000 B med operativsystem LAS 4.6.1. Nematodene ble identifisert ved hjelp av lysfelt-, differential- og faskontrast optikk og oljeimmersjon med en maksimal forstørrelse på 4 500 X.

2.4 *Phytophthora*-analyser

Vi analyserte jordprøvene ved hjelp av ein metode som går ut på å fange opp *Phytophthora*-sporer (svermesporer) fra vann ved bruk av blader fra forskjellige vertplanter som agn (bait). Metoden er vanlig brukt verden over. Fremgangsmåten er å røra ut jordprøvene i deionisert vann og la de stå natta over. Dagen etter, når jordpartiklene har fått synke til bunnen, legger vi forsiktig på blader slik at de flyter i overflatehinna til vannet. Testen foregår i romtemperatur (rundt 20 °C). Vi observerer bladene for utvikling av vantrukne eller nekrotiske flekker i om lag en uke. Fra overgangen mellom det friskt grønne og flekkene (infeksjonsfronten/«the leading edge») skjærer vi ut små biter (ca. 1/2 cm²) og legger de på et kunstig vekstmedium (agar) som er relativt selektiv for *Phytophthora* (PARPH), men en del arter i nærstående slekter som *Pythium* og *Phytopythium* vil også kunne vokse der.

Vi grupperte isolatene etter utseende (morfologi). Der det var flere isolater per prøve gjorde vi et representativt utvalg på totalt 46 stykker. Disse ble DNA-analysert (ITS sekvensering av ribosomalt DNA). Dette fordi de fleste *Phytophthora*-arter ikke sikkert kan identifiseres til art uten DNA-analyse. Det er også noen ganger vanskelig å skille *Phytophthora*-arter fra nærstående slekter som *Pythium* og *Phytopythium*.

3 Resultater

3.1 Jordkjemi

Jordarten i frukthagene var i hovedsak siltig sand med noe siltig leire, likt fordelt mellom driftsformene.

De jordkjemiske resultatene er samlet i Tabell 1 og 2 med gjennomsnitt, standardavvik og variasjonsbredde innen hver analyse fordelt på konvensjonelt og økologisk drevne frukthager.

Tabell 1. Gjennomsnittlig innhold, standardavvik og min-maks verdier for glødetap, total N, C/N-forholdet og pH gruppert på konvensjonell og økologisk drift.

		Glødetap (%)	Total N (%)	C/N	pH
Konvensjonell	Gjennomsnitt	5,74	0,18	15,1	5,86
	Std.	1,06	0,05	1,9	0,71
	Min-maks	4,2-7,7	0,13-0,28	12,3-19,5	4,72-6,72
Økologisk	Gjennomsnitt	8,76	0,30	14,1	5,84
	Std.	4,27	0,17	1,52	0,25
	Min-maks	3,8-17,1	0,10-0,63	12,2-19,3	5,34-6,40

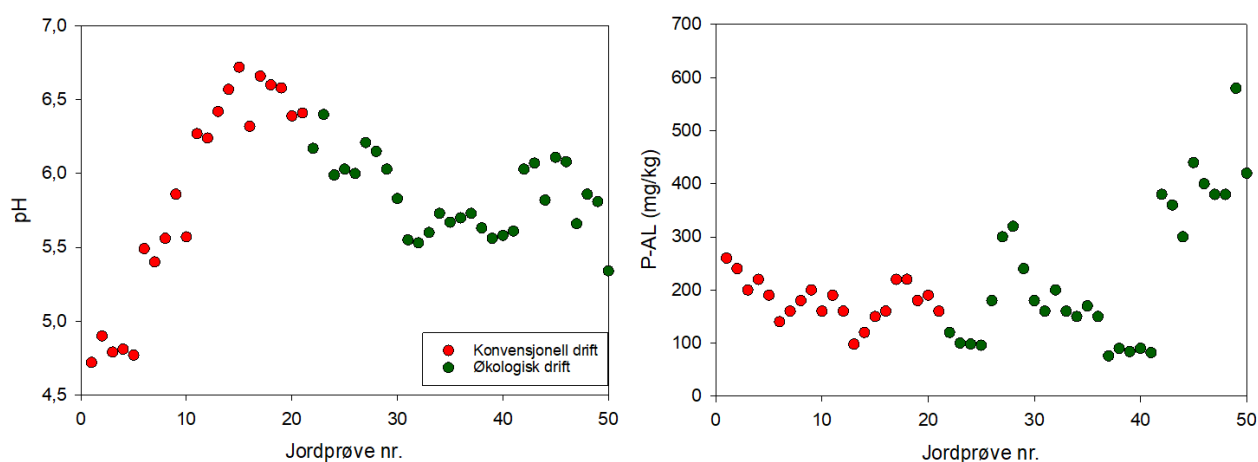
Både glødetap og total N var høyere i jordprøvene fra økologisk drevne eplehager enn konvensjonelle. pH var i gjennomsnitt likt mellom driftsformene, men spredningen var mye større i de konvensjonelle enn i de økologiske. Dette vises klart i Figur 1 hvor pH i de konvensjonelle varierer fra pH 4,7 til 6,7, mens pH i de økologiske er vesentlig mer stabilt.

Tabell 2. Gjennomsnittlig innhold, standardavvik og min-maks verdier for plantetilgjengelige næringsstoffer (P, K, Mg og Ca) samt kationbyttekapasitet (CEC) og basemetningsgrad (BM).

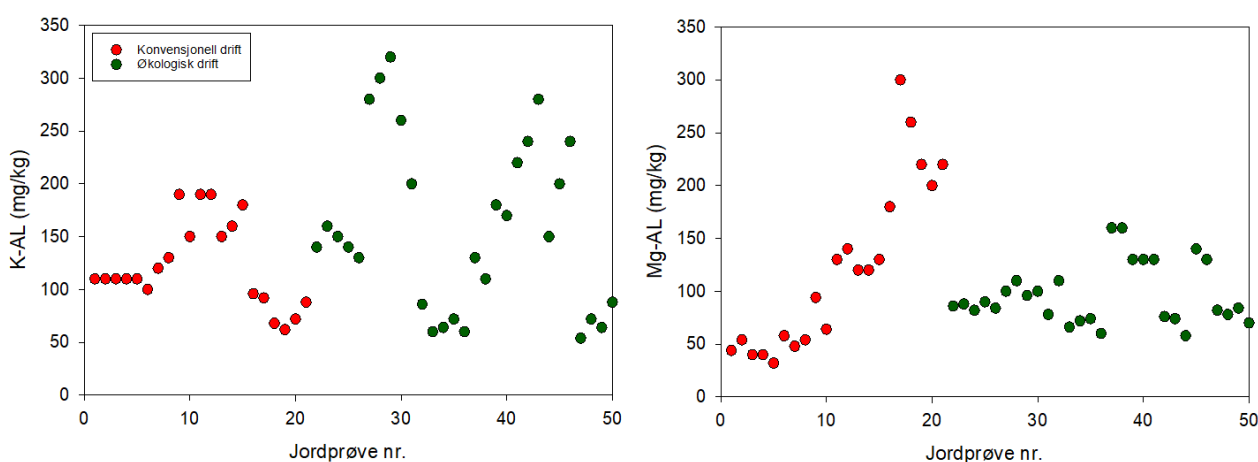
		P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	CEC	BM
		(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(cmol_{c+}/kg)	(%)
Konvensjonell	Gjennomsnitt	181	123	121	993	15,0	49,3
	Std.	38	40	79	548	3,76	22,1
	Min-maks	98-260	62-190	32-300	240-1900	9,5-22,7	12,0-85,7
Økologisk	Gjennomsnitt	231	159	96	1299	18,5	50,0
	Std.	136	80	28	403	4,87	13,3
	Min-maks	76-580	54-320	58-160	700-2400	9,1-25,0	27,0-74,7

Innholdet av næringsstoffene fosfor, kalium og kalsium hadde i gjennomsnitt høyere innhold i jorda i økologisk enn i konvensjonell drift, men spredningen i tallene var store (Tabell 2, Figur 1 og 2). Innholdet av fosfor (P-AL) var mer stabilt i de konvensjonelle, men stabilt på et høyt nivå. Spredningen i de økologiske var betydelig og varierte fra middels/høyt innhold til svært høyt innhold (Figur 1). Innholdet av plantetilgjengelig magnesium (Mg-AL) fulgte samme spredningsmønster som pH og basemetningsgrad med større spredning i jorda på konvensjonelt drevne bruk enn på økologiske (Figur 2).

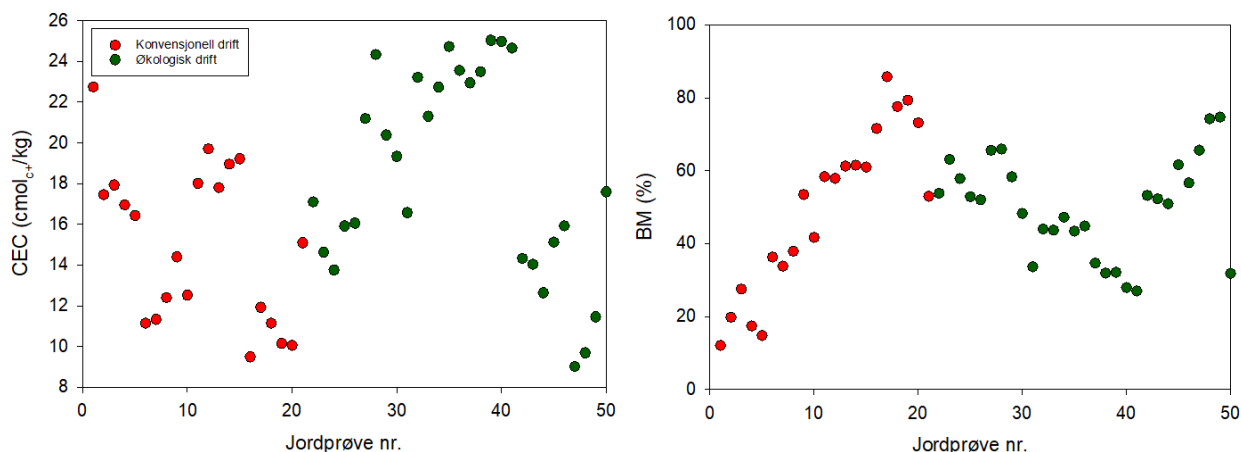
Det var relativt liten forskjell i kationbyttekapasitet mellom driftsformene, men variasjonen innen hver driftsform var stor (Tabell 2, Figur 3). Også basemetningsgraden var i gjennomsnitt lik mellom driftsformene, men som vist i Figur 3 varierte den fra lav (12) til meget høy (85) i de konvensjonelle mens de økologisk hadde en noe mer stabil basemetningsgrad.



Figur 1. Fordelingen i pH og P-AL innen konvensjonell og økologisk drift.



Figur 2. Fordelingen i K-AL og Mg-AL innen konvensjonell og økologisk drift.



Figur 3. Fordelingen i kationbyttekapasitet (CEC) og basemetningsgrad (BM) innen konvensjonell og økologisk drift.

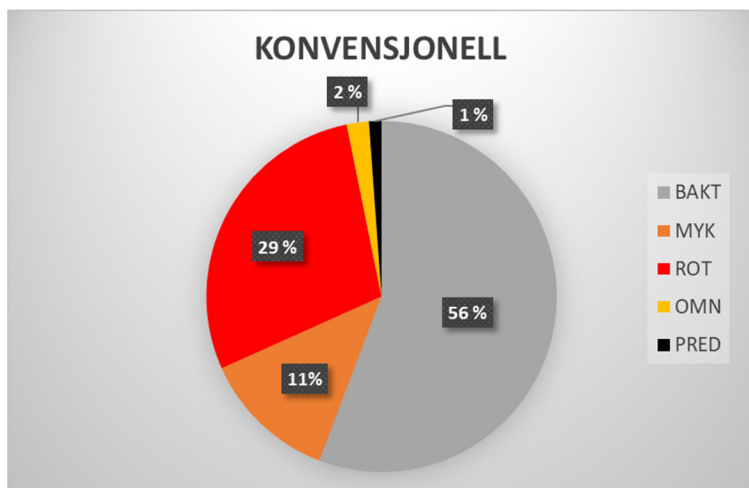
3.2 Nematoder

Næringsøkologiske grupper

Uansett driftsform, og sett i gjennomsnitt over alle eplehager, er bakteriekonsumerende nematoder den dominerende næringsøkologiske gruppen, fulgt av rotkonsumenter, soppkonsumenter, altetere og predatorer. Fordelingen av de næringsøkologiske gruppene i prosent i økologiske og konvensjonelle eplehager vises i Figur 4 og 5. Økologisk drift ser ut til å øke andelen bakteriekonsumenter, minke andelen rotkonsumenter, øke andelen altetere, mens strikt predatoriske nematoder omtrent har lik andel i begge driftsformene. Ingen av disse forskjellene er statistisk signifikante pga. stor variasjon innen og mellom feltene.



Figur 4. Relativ frekvens av næringsøkologiske grupper av nematoder i hager med økologisk drift. BAKT = Bakteriekonsumenter; MYK = Soppkonsumenter; ROT = Rotkonsumenter; OMN = Altetere; PRED = Predatorer.



Figur 5. Relativ frekvens av næringsøkologiske grupper av nematoder i hager med konvensjonell drift. BAKT = Bakteriekonsumenter; MYK = Soppkonsumenter; ROT = Rotkonsumenter; OMN = Altetere; PRED = Predatorer.

Vedrørende relative frekvenser av næringsøkologiske grupper i ulike hager (Tabell 3) finnes noen forskjeller. I de økologiske hagene 4 og 8 (se nummerering i Tabell 3) utgjør bakteriekonsumentene 54 respektive 52 % sammenliknet med 73-77 % i de andre økologiske hagene. I de konvensjonelle hagene avviker hage nr. 7 markant ved at rotkonsumenter her er den største gruppen (44 %) og sammen med soppkonsumentene (26 %) utgjør hele 70 % av nematodefaunaen. Ingen av disse avvikene mellom hager er statistisk signifikant.

Relative frekvenser til noen næringsøkologiske grupper av nematoder i relasjon til dyrkingshistorien (Tabell 4), antyder at andelen bakteriekonsumerende nematoder i økologiske hager er høyere enn 70 % i hager hvor tidligere frukt dyrking har pågått i 40-100 år (hage 1, 2 og 9). I disse hagene har rotkonsumerende nematoder en andel på 21 % eller lavere. I konvensjonelle hager er prosentandelen bakteriekonsumerende nematoder 70 % eller høyere i hagene 5 og 6, hvor tidligere frukt dyrking hadde pågått i 40-60 år. Andelen rotkonsumenter i disse hagene er under 20 %. I økologiske hager hvor tidligere frukt dyrking pågått i en periode kortere enn 35 år (hage 4 og 8) utgjør prosentandelen bakteriekonsumenter 52-54 % og rotkonsumenter 26-27 %. For konvensjonelle hager med frukt som forkultur i 50 år eller kortere tid (hage 3 og 7) utgjør bakteriekonsumentene 28-63 % og rotkonsumentene 21-44 %.

Gjennomsnittlig tilstedeværelse av nematoder totalt («abundance») og de næringsøkologiske gruppene i henholdsvis økologiske og konvensjonelle eplehager (Tabell 5 og 6), viser at totalantallet nematoder er høyere i økologiske hager enn i konvensjonelle, men grunnet stor variasjon kan dette ikke ses på som en statistisk signifikant forskjell. Dette gjelder også for de næringsøkologiske gruppene hvor variasjonen innenfor hver gruppe er alt for stor til å kunne finne statistisk sikre forskjell mellom økologiske og konvensjonelle hager. Blant de økologiske hagene ble den høyeste tettheten av nematoder registrert i hage 8 som også hadde det høyeste nivået av soppkonsumenter, rotkonsumenter og predatorer. I de konvensjonelle hagene ble de høyeste nematodetallene notert i hage 6 med en høy tetthet av bakteriekonsumenter. Hage 7 utmerket seg med høye tettheter av sopp- og rotkonsumenter.

Tabell 3. Relativ frekvens av næringsøkologiske grupper av nematoder i eplehager med økologisk (nummerert 1,2,4,8,9) og konvensjonell (nummerert 3, 5, 7, 6, 10) drift., Gs = gjennomsnitt (n=5).

NÆRINGSØKOLOGISK GRUPPE	ØKOLOGISK					Gs	KONVENSJONELL					Gs
	1	2	4	8	9		3	5	7	6	10	
Bakteriekonsumenter	75	73	54	52	77	66	63	74	28	70	54	58
Soppkonsumenter	2	5	18	13	11	10	6	4	26	10	18	13
Rotkonsumenter	21	15	26	27	11	20	21	19	44	18	26	26
Planteparasitter tot	23	20	44	40	22	26	27	23	70	28	44	38
Omnivorer (fakultative predatorer)	2	6	1,4	7	1	4	8	3	1	1	2	3
Predatorer	0,9	1	0,6	0,6	0,4	1	2	0,3	1	1	1,8	1,2
Predatorer totalt	2,9	7	2	7,6	1,4	4	10	3,3	2	2	2,8	4

Tabell 4. Dyrkingshistorie (Nyplantet = antall år siden nyplanting, Tidligere frukt = antall år med fruktdyrking) for de hagene som inngikk i prosjektet, samt den relative frekvensen til bakterie- og rotkonsumerende nematoder (henholdsvis Bakt % og Rot %).

	ØKOLOGISK					KONVENSJONELL				
	1	2	4	9	8	3	5	6	10	7
Hage nr.	1	2	4	9	8	3	5	6	10	7
Nyplantet	3	7	6	7	35	2	11/21	7		17
Tidligere frukt	40	70	12	100	35	45 +grass	60	40	-	50
Bakt %	75	73	54	77	52	63	74	70	54	28
Rot %	21	15	26	11	27	21	19	18	26	44

Tabell 5. Gjennomsnittlig (GS, n=5) tetthet (individ /250 mL jord) av nematoder totalt og av næringsøkologiske grupper i økologiske eplehager (hage nummer 1, 2, 4, 8 og 9).

NÆRINGSØKOLOGISK GRUPPE	1	2	4	8	9	GS
Nematoder totalt	3469	1794	2470	4560	1918	2842
Bakteriekonsumenter	2599	1311	1396	2365	1476	1829
Soppkonsumenter	76	92	481	592	207	290
Rotkonsumenter	710	274	686	1250	210	626
Planteparasitter tot	786	366	1167	1842	417	916
Omnivorer (fakultative predatorer)	71	103	35	326	17	110
Predatorer	13	14	16	27	8	16
Predatorer totalt	84	117	51	353	25	126

Tabell 6. Gjennomsnittlig (GS, n=5) tetthet (individ/250 mL jord) av nematoder totalt og av næringsøkologiske grupper i konvensjonelle eplehager (hage nummer 3, 5, 6, 7 og 10).

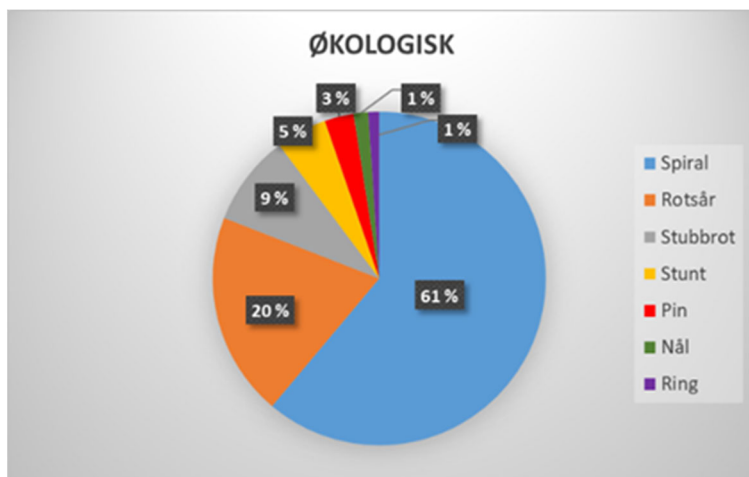
NÆRINGSØKOLOGISK GRUPPE	3	5	6	7	10	GS
Nematoder totalt	1188	1074	4569	3109	2614	2525
Bakteriekonsumenter	753	797	3210	909	1396	1411
Soppkonsumenter	72	43	453	810	481	372
Rotkonsumenter	248	200	826	1310	686	670
Planteparasitter tot	320	243	1157	2200	1167	1042
Omnivorer (fakultative predatorer)	93	31	42	42	35	49
Predatorer	22	3	38	38	16	23
Predatorer totalt	115	34	80	80	51	72

Planteparasittære nematoder

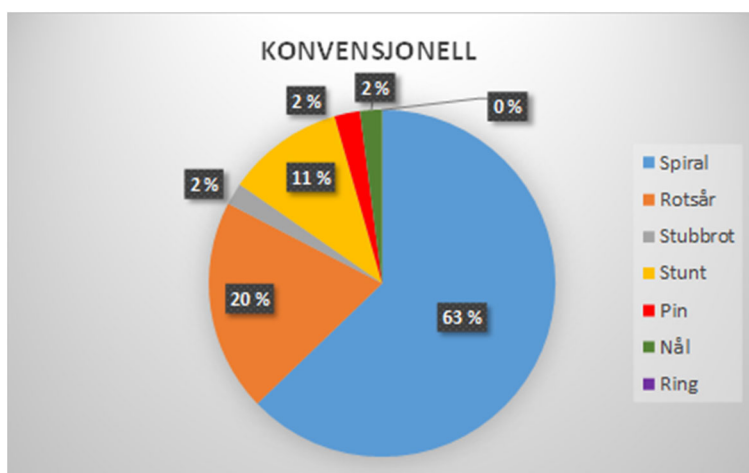
Planteparasittære nematoder er et samlebegrep for sopp- og rotkonsumenter. I dette prosjektet ser vi at flest typer av planteparasittære nematoder forekommer i de økologiske hagene. Her er spisshaler, spiralnematoder og rotsårnematoder tilstede i alle 5 hagene, mens pin-nematoder og stubbrotnematoder forekommer i 4 hager, ringnematoder og cystnematoder i 3, og nålnematoder i 2 hager. I alle de konvensjonelle hagene fins spisshaler, spiralnematoder og stubbrotnematoder. Videre er stuntnematoder, rotsårnematoder og pin-nematoder tilstede i 4, nålnematoder i 3 og cystenematoder i 1 konvensjonell hage.

Rotkonsumerende nematoder domineres av spiralnematoder uansett driftsform (Figur 6 og 7). Rotsårnematodene viser ingen forskjell i frekvens mellom økologisk og konvensjonell drift. Stubbrottnematodene har høyere tettheter og relativ frekvens i økologiske hager, mens stuntnematodene er mer vanlige i konvensjonelle hager. Pin- og nålnematodene forekommer omtrent likt mellom hagene, mens ringnematoder bare ble funnet i økologiske hager.

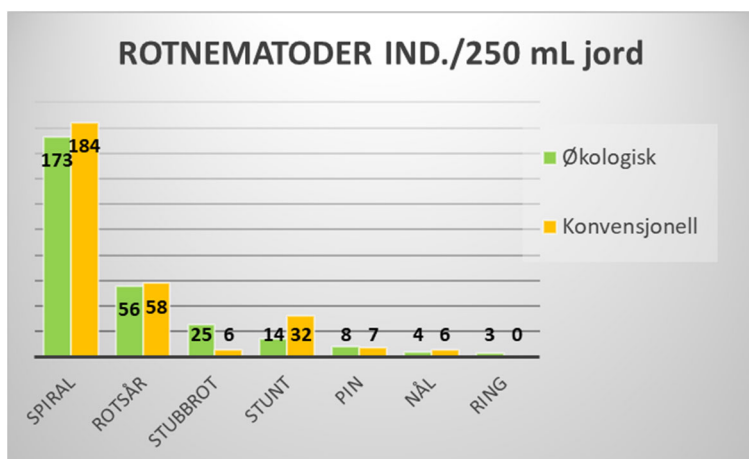
Tettheten til ulike typer av rotnematoder i økologiske og konvensjonelle hager (Figur 8) viser ingen direkte forskjell for flertallet av nematodetyperne. Stubbrottnematoder har dog signifikant ($p=0,027$) høyere tettheter i de økologiske hagene sammenliknet med de konvensjonelle. Stuntnematoder forekommer i høyere tetthet i konvensjonelle hager, men variasjonen var alt for stor for å kunne vise til en reell forskjell sammenliknet med økologiske hager.



Figur 6. Relativ frekvens av typer av rotkonsumerende nematoder i økologiske eplehager.



Figur 7. Relativ frekvens av typer av rotkonsumerende nematoder i konvensjonelle eplehager.



Figur 8. Tetthet (individ/250 mL jord) til rotkonsumerende nematoder i økologiske og konvensjonelle eplehager.

Variasjonsbredden i tetthet til rotnematoder innen de to driftsformene (Tabell 7 og 8) er stor for flesteparten av nematodene. I økologiske hager gjelder denne variasjonsbredden særlig for rotsårnematoder, spiralnematoder og stubbrotnematoder. I konvensjonelle hager er den største variasjonsbredden notert for spiralnematoder, stuntnematoder og rotsårnematoder. De maksimale tettheter som sannsynligvis overskrider et antatt skadeterskelnivå (individer/250 mL jord) er i økologiske hager 535 rotsårnematoder, 180 stubbrotnematoder, 404-415 spiralnematoder og 34 nålnematoder, og i konvensjonelle hager 482-490 spiralnematoder og 20-22 nålnematoder.

Rotnematoders grupper og arter vises i Tabell 9. I gruppen "spisshaler" fins mange forskjellige rot- og soppspisende nematoder tilhørende ulike familier og grupper. Her finner man torvnematoder, slekten *Cephalenchus*, som er kjent som rotkonsumenter og her funnet i hage 6, 7, 10 og 8. Arten *C. leptus* ble funnet i prøver fra hage 10. Stuntnematodene var representert med arten *Tylenchorhynchus dubius* som ble funnet i hage 4, 3 og 7. Arten *T. maximus* ble også påvist i hage 3, hvor i tillegg slekten *Merlinius* forekom. I gruppen spiralnematoder er arten *Rotylenchus montanus* helt dominerende og er tilstede i de økologiske hagene 1, 2, 4 og 9, samt i de konvensjonelle hagene 6, 7 og 10. *Helicotylenchus varicaudatus* fantes i hage 3. Den vanligste arten av rotsårnematoder var *Pratylenchus crenatus* som forekom i de økologiske hagene 1, 4, 9 og 8, samt i de konvensjonelle hagene 3, 6 og 7. Arten *P. penetrans* ble funnet i de økologiske hagene 2, 4, 9 og 8 og i den konvensjonelle hagen 5. *Pratylenchus fallax* var tilstede i hage 3. Ringnematoder, u. fam. Criconematinae, var bare tilstede i de økologiske hagene 1, 2 og 8. Pin-nematoder innen slekta *Paratylenchus* forekom i de økologiske hagene 1, 2, 4 og 8, samt i de konvensjonelle hagene 3, 5, 6 og 7. Cystnematoder var tilstede i de økologiske hagene 1, 2 og 9, samt i den konvensjonelle hagen 7. I den økologiske hagen 9, ble kløvercystenematode *Heterodera trifolii* identifisert. Stubbrottnematoder i fam. Trichodoridae var allment forekommende. De var ikke tilstede i den økologiske hagen 8. Artbestemmelser utført fra hage 9 og 10 viste arten *Paratrichodorus pachydermus*, og som sannsynligvis er den arten som dominerer i de undersøkte hagene. *Trichodorus primitivus* ble påvist i hage 4. Nålnematoden *Longidorus elongatus* var tilstede i de økologiske hagene 2 og 4, samt i de konvensjonelle hagene 3, 5 og 6.

Hage 4 hadde ulike typer av jorddekke/behandling, dvs. 2 rader med flis, 2 rader med undervegetasjon og 1 rad med mekanisk fresning. Raden med underkultur hadde større tetthet av *Rotylenchus montanus*, *Pratylenchus crenatus*, *P. penetrans* og *P. fallax*, *Trichodorus primitivus*, *Longidorus elongatus* og *Tylenchorhynchus dubius* sammenliknet med de rader som var dekket med flis eller den raden som var frest. Dette kan ikke testes statistisk pga. mangel på variasjon i samleprøver.

Jordkjemi og nematoder

Det ble utført lineære regresjonsanalyser av relasjonen mellom antall bakteriespisende nematoder og hver av variablene glødetap, Ca²⁺ og Ca. I hver av modellene var også gård tatt med som uavhengig variabel. Verken glødetap, Ca eller Ca²⁺ viste seg å være signifikante med et signifikansnivå på 5%. Tilsvarende analyser ble gjort for antall planteparasittære nematoder og hver av variablene Ca og Ca²⁺, samt for rotkonsumerende nematoder og de samme variablene. Verken Ca eller Ca²⁺ var signifikante variabler i disse analysene.

Tabell 7. Rotkonsumerende nematoders variasjonsbredde i tetthet (individ / 250 mL jord) i økologiske eplehager (1, 2, 4, 8, og 9).

NEMATODETYPE	1	2	4	8	9
Stuntnematoder	1-42	10-23	0-105	2-48	0-30
Spiralnematoder	132-404	64-81	5-253	53-220	275-415
Rotsårnematoder	17-31	64-81	20-205	9-37	11-535
Stubbrotnematoder	0-8	10-23	19-50	0	15-180
Nålnematoder	0	7-34	0-7	0	0

Tabell 8. Rotkonsumerende nematoders variasjonsbredde i tetthet (individ/250 mL jord) i konvensjonelle eplehager (3, 5, 6, 10 og 7).

NEMATODETYPE	3	5	6	10	7
Stuntnematoder	31-105	3-39	0	4-16	2-295
Spiralnematoder	12-45	1-35	140-260	180-490	157-482
Rotsårnematoder	39-63	52-257	36-72	13-39	0-88
Stubbrotnematoder	0	0-26	4-16	1-47	0-4
Nålnematoder	10-20	0-2	7-22	0	0-2

Tabell 9. Forekomst av nematodegrupper og -arter i de studerte eplehagene.

NEMATODETYPE	ØKOLOGISKE					KONVENSJONELLE				
	1	2	4	9	8	3	5	6	10	7
Spisshaler "Tylenchus"	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cephalenchus</i>					x			x		x
<i>C. leptus</i>					x					
Stuntnematoder	X	X	X		X	X	X		X	X
<i>Tylenchorhynchus dubius</i>			x			x				x
<i>T. maximus</i>						x				
<i>Merlinius sp</i>						x				
Spiralnematoder	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rotylenchus montanus</i>	x	x	x	x				x	x	x
<i>Helicotylenchus varicaudatus</i>						x				
Rotsårnematoder	X	X	X	X	X	X	X	X		X
<i>Pratylenchus crenatus</i>	x		x	x	x	x		x		x
<i>P. penetrans</i>		x	x	x	x		x			
<i>P. fallax</i>			x							
Ringnematoder	X	X			X					
Pin-nematoder	X	X	X		X	X	X	X		X
Cystnematoder	X	X		X						X
<i>Heterodera trifolii</i>				x						
Stubbrotnematoder	X	X	X	X		X	X	X	X	X
<i>Trichodorus primitivus</i>			x							
<i>Paratrichodorus pachydermus</i>				x					x	
Nålnematoder		X	X			X	X	X		
<i>Longidorus elongatus</i>		x				x		x		

3.3 *Phytophthora*

Fra de 50 jordprøvene ble det påvist *Phytophthora* i hele 30 av dem (60%). Totalt fikk vi en samling på 100 isolater fra 8 av 10 eplehager (4 konvensjonelle og 4 økologiske), og fra disse ble 46 isolater valgt ut til identifisering ved hjelp av DNA analyse (sekvensering). Totalt 35 av de sekvenserte isolatene var *Phytophthora* fordelt på 4 arter (Tabell 10). Fire jordprøver hadde to ulike *Phytophthora*-arter.

I økologiske frukthager ble det påvist *Phytophthora* i 18 av 25 jordprøver (72%) og tre *Phytophthora*-arter ble funnet; *P. cactorum*, *P. cambivora* og *P. plurivora*. Fra de 25 jordprøvene i konvensjonelle frukthager ble det påvist *Phytophthora* i 12 prøver (48%) og der var det fire *Phytophthora*-artene, *P. megasperma* i tillegg til de som er nevnt fra de økologiske feltene. Av de 4 *Phytophthora*-arterne, var *P. plurivora* dominerende. Den ble funnet i 6 av 10 frukthager og i 24 av 50 jordprøver.

Tabell 10. Funn av *Phytophthora*-arter i jord fra konvensjonelle og økologiske frukthager i prosjektet VitalEPLJORD.

Eplehage (nr. og driftsform)	Rad	<i>Phytophthora</i> -art	Isolat nr.	Reg. nr. NIBIO
1 - økologisk	1	<i>P. plurivora</i>	251863	B018-01115-1
	2	<i>P. plurivora</i>	251869	B018-01115-2
	3	<i>P. plurivora</i>	251872	B018-01115-3
	4	<i>P. plurivora</i>	251875	B018-01115-4
	5	<i>P. plurivora</i>	251878	B018-01115-5
2 - økologisk	1	-	-	-
	2	<i>P. plurivora</i>	251881	B018-01115-7
	3	<i>P. plurivora</i>	251984	B018-01115-8
	4	<i>P. plurivora</i>	251887	B018-01115-9
	5	<i>P. plurivora</i>	251891	B018-01115-10
4 - økologisk	1-5	-	-	-
8 - økologisk	1	<i>P. plurivora</i>	251952	B019-00001-1
	2	<i>P. plurivora</i>	251955	B019-00002-1
	3	<i>P. cambivora</i>	251958	B019-00003-1
	4	<i>P. cambivora</i> , <i>P. plurivora</i>	251961, 251964	B019-00004-1
	5	<i>P. plurivora</i>	251966	B019-00005-1
9 - økologisk	1	<i>P. cactorum</i> , <i>P. plurivora</i>	252231, 252233	B019-00345-1
	2	<i>P. cactorum</i>	252235	B019-00345-2
	3	<i>P. cactorum</i>	252237	B019-00345-3
	4	<i>P. plurivora</i>	252238	B019-00345-4
	5	-	-	-

3 - konvensjonell	1	<i>P. cactorum</i>	251894	B018-01115-11
	2-5	-	-	-
5 - konvensjonell	1-5	-	-	-
6 - konvensjonell	1	-	-	-
	2	<i>P. plurivora</i>	251899	B018-01115-27
	3	<i>P. plurivora</i>	251902	B018-01115-28
	4	<i>P. plurivora</i>	251905	B018-01115-29
	5	<i>P. plurivora</i>	251908	B018-01115-30
7 - konvensjonell	1	<i>P. megasperma, P. plurivora</i>	251969, 251970	B018-01121-1
	2	<i>P. plurivora</i>	251972	B018-01121-2
	3	<i>P. plurivora</i>	251975	B018-01121-3
	4	<i>P. megasperma, P. plurivora</i>	251978, 251980	B018-01121-4
	5	<i>P. plurivora</i>	251982	B018-01121-5
10 - konvensjonell	1	-	-	-
	2	<i>P. cambivora</i>	252243	B019-00347-2
	3	-	-	-
	4	-	-	-
	5	<i>P. cactorum</i>	252245	B019-00347-5

4 Diskusjon

4.1 Jordkjemi

Selv om det ikke var vesentlige forskjeller i jordarten målt som kornfordeling av leire, silt og sand kan det være andre forskjeller knyttet til opphavsmaterialet som ikke kom fram i de jordanalysetestene som ble utført. Siden de prøvetatte frukthagene var lokalisert både på Øst- og Vestlandet kan en forskjell i mineralogi til opphavsmaterialet i jorda forventes. Forskjellene både i kalium (K-AL) og ikke minst magnesium (Mg-AL) kan tyde på at mineralogien var forskjellig innen det undersøkte materialet. Den gode samvariasjonen mellom Mg-AL og pH, spesielt i konvensjonell dyrking (Figur 1 og 2, $R^2=0.86$) kan også ha sin årsak i bruk av dolomittkalk som raskt øker magnesiuminnholdet i jorda. Noen brukere oppga at feltene var kalket.

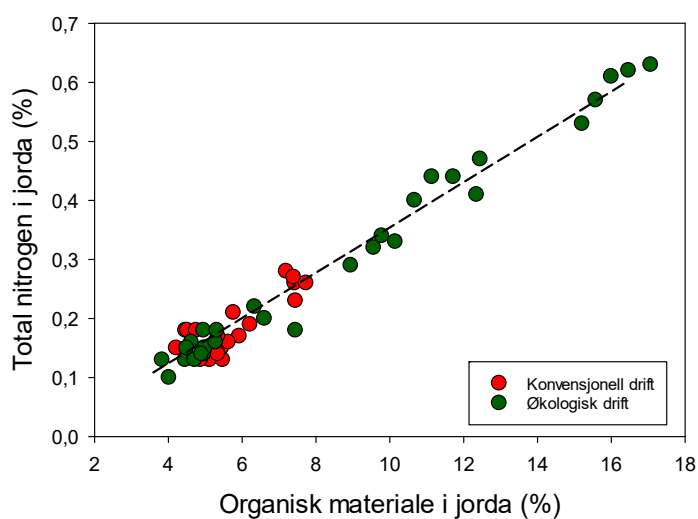
Det var overraskende store variasjoner i pH spesielt innen feltene dyrket konvensjonelt. Høy pH har sannsynligvis sin årsak i kalking. Mens lav pH mest sannsynlig skyldes bruk av mineralgjødsel over lang tid uten vedlikeholdskalking. Mer enn 20% av alle prøvene hadde pH 5,5 eller lavere. På mineraljord vil så lav pH øke mengden løste, positivt ladde aluminiumsforbindelser i jordvæska som kan virke sterkt skadelige på røttene. Dette går ut over næringsopptaket og dermed avlingen. Bruk av organiske gjødselmiddel som husdyrgjødsel og kompost har en pH-stabiliserende effekt i jorda. Disse ble i stor grad brukt som gjødsel i de økologiske feltene. Det er sannsynligvis årsaken til at pH både var noe høyere og noe mer stabil i de økologiske frukthagene enn i de konvensjonelle.

Høyere innhold av organisk materiale, målt som glødetap, i de økologiske feltene sammenlignes med de konvensjonelle skyldes i hovedsak bruk av organiske gjødselmidler over tid. Organisk materiale er svært viktig for å holde på næringsstoffene i jorda, gi god struktur og holde på fuktighet. Sandinnholdet i frukthagene lå i området 50-60% og med et relativt lavt leirinnhold er jorda utsatt for tørke. Økt innhold av organisk materiale fører også til at jordprøvene med høyest CEC var i de økologisk drevne hagene, men spredningen i CEC var stor (Figur 3).

Det er kjent i jordbruket at bruk av husdyrgjødsel ofte øker innholdet av plantetilgjengelig fosfor i jorda. Husdyrgjødsel og kompost er fosforrike gjødseltyper og det gjennomsnittlige innholdet av P-AL var høyere i de økologiske hagene enn i de konvensjonelle på grunn av type gjødsel som er brukt. Ved dyrking av gras og korn anbefales det å sløyfe fosforgjødsel når nivået av P-AL i jorda er 140 mg/kg og høyere. I dette materialet er kun 20% av prøvene under denne verdien og høyeste verdi er målt til 580 mg/kg. Selv om frukttrær og gras/korn er forskjellige vekster vil ikke vurderingen av næringsinnholdet i jorda være mye forskjellig. Det er en positiv sammenheng mellom P-AL nivået i jorda og potensialet for P-avrenning. Ut fra en miljøvurdering er fosfornivået i jorda jevnt over for høyt og spesielt høyt i økologisk drift.

Noen av de konvensjonelle gårdene brukte også organisk gjødsel, men det var bare de økologiske gårdene som i tillegg hadde grønt dekke i epleradene. Dersom man ser på forskjellen mellom de som brukte organisk gjødsel og grønt dekke sammenligna med de som ikke hadde dette viste at organisk tilførsel ga en positiv effekt (høyere verdier) både på pH, innholdet av plantetilgjengelig kalium, magnesium, kalsium og fosfor.

Nitrogen er det viktigste makronæringsstoffet i all dyrking hvor det skal tas store avlinger. Totalt innhold av nitrogen var nøye knytt til innholdet av organisk materiale (Figur 9).



Figur 9. Sammenhengen mellom total N og organisk innhold i jorda fordelt på konvensjonell og økologisk drift.

Som det framgår av tabell 1 og figur 4 var det et betydelig høyere innhold av total N i gjennomsnitt i jorda på de økologiske gårdene enn på de konvensjonelle, men også noen av de økologisk drevne gårdene har lavt innhold på grunn av lavt innhold av organisk materiale i jorda. Total N sier lite om hvor mye plantetilgjengelig nitrogen i form av nitrat og ammonium som er i jorda. Men et høyt innhold betyr større potensiale for mineralisering fra organisk form til plantetilgjengelig form. C/N-forholdet i jorda var på et nivå som tilsier gode muligheter for mineralisering i begge driftsformer. Den relativt store variasjonen i pH og også basemetningsgraden på de konvensjonelle gårdene sammenlignet med de økologiske gjør at det sannsynligvis er større variasjon i mineraliseringen på de konvensjonelle. Kvaliteten på det organiske materialet i jorda er viktig for næringstilgangen, men dette er vanskelig å måle med standard jordanalyser.

4.2 Nematoder

Dette er den første studien av frekvensen til næringsøkologiske grupper av nematoder i frukthager. Tendensen til forskjell mellom økologiske og konvensjonelle hager er interessant og et større prøveantall hadde kanskje ført til at disse mønster kunnet bli statistisk signifikante.

Bakteriekonsumerende nematoder kan øke tilgjengelig nitrogen for planterøttene, mens rotkonsumerende nematoder i høye tall kan minke tilveksten av røtter og skudd. At altetere utgjør en dobbelt så stor prosentdel i økologiske hager er også interessant fordi denne gruppen kan sees på som delvis predatoriske.

Den tidligere dyrkingshistorien ser ut til å påvirke frekvensene til de næringsøkologiske gruppene. Flere av de hagene som har hatt fruktdyrking i 40 år eller mer har relativt stor andel bakteriekonsumenter, mens hager med kortere forkultur av frukt har lavere andel. Det kan spekuleres i om dette kan relateres til større mengde organisk materiale i jorda til hager med lang dyrkingshistorie av frukt, men ingen statistisk klar relasjon forelå mellom parameterne avlingstap, total C og tetthet av bakteriekonsumerende nematoder.

Resultatene viser at bakteriekonsumerende nematoder uansett driftsform var den dominerende næringsøkologiske gruppen, fulgt av rotkonsumenter, soppkonsumenter, altetere og predatorer. Den store variasjonen innen og på tvers av hager gjorde at det ikke var mulig å finne statistisk signifikante forskjeller i frekvensen av næringsøkologiske grupper mellom økologisk og konvensjonell driftsform.

Generelt indikerer den store andelen bakteriekonsumenter at bakteriell nedbryting dominerer i de undersøkte hagene uansett driftsform.

Flere arter av planteparasittære nematoder ble oppdaget i jordprøvene. Torvnematoden *Cephalenchus leptus*, stuntnematodene *Tylenchorhynchus dubius*, *T. maximus* og *Merlinius* sp., spiralnematodene *Rotylenchus montanus* og *Helicotylenchus varicaudatus*, rotsårnematodene *Pratylenchus crenatus*, *P. penetrans* og *P. fallax*, pin-nematoden *Paratylenchus* sp. kløvercystenematoden *Heterodera trifolii*, stubbrotnematodene *Trichodorus primitivus* og *Paratrichodorus pachydermus*, samt nålnematoden *Longidorus elongatus*. Flere av disse nematodene er tidligere observert i hager med moreller (Meland et al. 2001, Magnusson & Hammeraas 2003).

Totalt domineres de rotkonsumerende nematodene av spiralnematoder, rotsårnematoder og stubbrotnematoder. Uansett type dyrkingssystem er spiralnematoder den mest frekvente gruppen i de undersøkte hagene. Det er interessant at alle nematodene i slekten *Rotylenchus* tilhører arten *Rotylenchus montanus* som er beskrevet fra eplehager og beitemark i Norditalia (Vovlas et al. 2008). Denne arten som er påvist i norske eple- og morellhager ser ut til å være godt etablert i norsk frukt dyrking. Nematodens forekomst i norsk natur er ikke kjent. Mens rotsårnematoder (*Pratylenchus* spp.), som lever inni røtter, lett kan innføres med importplanter er det mer usikkert om dette også kan være tilfellet for den jordboende arten *R. montanus*.

En årsak til variasjon i nematodetettheter mellom hager kan være relatert til type markdekke. Dette er lite undersøkt i norske eplehager. Studier i U.S.A. har vist at rug (*Secale cereale*), hvete (*Triticum aestivum*), Japansk hirse (*Echinochloa crusgalli* var. *frumentacea*), samt i noen grad bokhvete (*Fagopyrum esculentum*) var gode vertsplanter for rotsårnematoden *Pratylenchus penetrans*, mens havre (*Avena sativa*) var en dårlig vertsplante (Dunn & Mai 1973). Effekter av ulike typer av undervegetasjon og jordtype på den relative frekvensen av næringsøkologiske grupper og til populasjonstettheter av nematodeslekter er kjent fra skogøkosystemer (Magnusson 1983 a,b). Det er mulig at forskjell i undervegetasjon mellom hager kan være faktorer som kan bidra til slik variasjon. De forskjellige skjøtselformer som ble brukt i den økologiske hagen 4 hadde ulik effekt på tettheter av rotnematoder og bidro til økt variasjon innen denne hagen. Frekvensen av næringsøkologiske grupper av nematoder vil også variere med sesong og typ av vegetasjon (Sohlenius et al. 1977; Magnusson 1983a).

Variasjonsbredden til de forskjellige rotkonsumerende nematodene var stor, og maksimale verdier for rotsårnematoder, spiralnematoder, stubbrotnematoder og nålnematoder er på eller over skadeterskelen. Prøvetakingsmetodikken er litt for upresis for å kunne relatere nematodetall til avlingsnivå og andre tilvekstparameter. Omfanget av eventuelle skader forårsaket av nematodeangrep er lettere å påvise hvis nematodeprøver blir tatt ut ved enkelte trær og relatert til tilvekstparameter. I tidligere studier på moreller, hvor enkelt trær ble prøvetatt, indikerte at en negativ korrelasjon forelå mellom antall *Pratylenchus* spp. og tilveksten til trær (Meland et al. 2001). Det var også mulig å anslå en skadeterskel for *Pratylenchus* spp. på 500 ind./250 ml jord på 11-årige morelltrær i felt (Magnusson & Hammeraas 2003). De høye antallene stubbrotnematoder (*Trichodorus/Paratrichodorus*) som ble påvist i de økologiske epelhagene gir grunn til bekymring, da disse nematodene er sterkt patogene på eple. De angriper røttene i samlet flokk og skader røttens vekstsone (Pitcher 1967), inkludert de apikale meristemene slik at røttene blir korte og stubbete. Denne nematodetypen fremmes av høy nedbør og er blitt vanligere i de siste år.

Det kan spekuleres i om driftsformer som fører til at nematodefaunaen domineres av bakteriekonsumenter, eller der hvor de predatoriske alteterne (omnivorere) har høye populasjoner, potensielt kan minske skadene fra rotkonsumerende nematoder. Dette kunne være av spesiell interesse å få klarlagt i forbindelse med nyplanting av eplehager.

4.3 *Phytophthora*

Det er alarmerende at det ble gjort så mange funn av *Phytophthora* i jorda fra de involverte frukthagene (60%). Det var ingen større forskjeller på konvensjonelle og økologiske frukthager, begge hadde mye *Phytophthora*-smitte i jorda. Bare en økologisk og en konvensjonell frukthage var frie for *Phytophthora*. Vi tror at disse resultatene i stor grad henger sammen med bruk av infisert plantemateriale ved etablering. Vi har under lengre tid sett at de karakteristiske symptomene på *Phytophthora*-infeksjon (rotråte, blødende stammesår, gulning og visning av bladverk og døde trær) øker i omfang på flere trearter i Norge.

Mange studier (f. eks. Jung et al. 2015) har vist at mange arter av *Phytophthora* følger med plantemateriale over landegrensene. I en nylig avsluttet undersøkelse for Mattilsynet (2018-2019) ble det påvist hele 19 *Phytophthora*-arter i jord fra rotklumpen til importerte trær og busker fra en rekke europeiske land (Talgø et al. 2019b, Pettersson et al. 2020). Alle disse *Phytophthora*-artene er fremmede, invaderende sjukdomsorganismer. Flere gjør allerede skade i grøntanlegg, frukthager og norsk natur, mens for andre arter mangler vi kunnskap om hvor alvorlig risiko de utgjør. Under beskriver vi kort de fire artene som ble funnet i denne undersøkelsen (alfabetisk rekkefølge) og diskuterer skadepotensialet.

Phytophthora cactorum kan forårsake store skader i frukthager, f. eks. i Tsjekkia førte denne skadegjørereren sammen med 16 andre *Phytophthora*-arter til 10-15% (opptil 55%) døde trær (Grigel 2019). I undersøkelsen fra Tsjekkia dominerte *P. cactorum* helt klart blant de identifiserte artene. I Norge skader også *P. cactorum* frukttrær, og føre i tillegg til lærråte (Stensvand 2013a) og rotstokkråte (Stensvand 2013b) på jordbær. *Phytophthora cactorum* skader også bøk i Norge. Vi har isolert *P. cactorum* fra bøk både i Vålandsskogen i Stavanger (Talgø & Brurberg 2015) og fra jord i en liten bøkeskog (Bergskogen) i Oslo (Talgø et al. 2019a).

Phytophthora cambivora er funnet i frukthager i Europa og USA (Jung et al. 2015, Erwin & Ribeiro 1996). Det er en art som går på mange lignoser og som har gjort og stadig gjør stor skade på bøk, gråor, nobeledelgran og andre vertplanter i Norge (Talgø et al. 2006, 2012, 2018b; Telfer et al. 2015a, b; Strømeng et al. 2015).

Phytophthora megasperma har et vidt vertplantespekter og er i Norge funnet i et hagesenter på barlind (*Taxus* sp.) (Talgø et al. 2010), fjelledelgran (*Abies lasiocarpa*) og lind (*Tilia* sp.) (Talgø et al. 2018b). Også grønsaker kan få angrep, spesielt kålvekster. Funnene vi har gjort viser at arten er en potensiell skogsskadegjører på både bar- og løvtrær. I Europa er det gjort flere funn av *P. megasperma* i frukthager (Jung et al. 2015, Erwin & Ribeiro 1996).

Phytophthora plurivora var den vanligste arten vi fant i denne kartlegginga, i totalt 24 (48%) av 50 jordprøver (Tabell 10). Dessuten var *P. plurivora* også den vanligste arten vi fant på de importerte plantene i 2018 og 2019 (Talgø et al. 2019b, Pettersson et al. 2020). Dette speiler hvor utbredt arten er både i og utenfor Norge. *Phytophthora plurivora* er en kjent skadegjører som kan angripe et stort antall vertplanter. I Norge er også *P. plurivora* en trussel mot bøk (Telfer et al. 2015b), og den er funnet på lønn (*Acer platanoides*) og andre treaktige vekster [se nærmere omtale under «Oppsummering» i Talgø et al. (2018a)].

Selv om ingen av disse artene vi fant i frukthager er karanteneskadegjørere, eller står på EPPO sine A1, A2 eller Alert lister (EPPO 2019a, b og c), vil vi understreke at spredningen av disse ikke-regulerte, men likevel farlige organismer (kvalitetsskadegjørere), ikke bør undervurderes. I likhet med karanteneorganismer kan ikke-regulerte plantepatogener påvirke lokale økosystemer svært negativt og få langsiktige konsekvenser for biologisk mangfold.

Alle arter som ble funnet i jord fra frukthagene i denne undersøkelsen var også vanlig forekommende i rotklumpen på de importerte planterne i 2018 og 2019 (Talgø et al. 2019b, Pettersson et al. 2020). Det er tydelig at planteimporten fører med seg mye *Phytophthora*-smitte. Importen av frukttrær kan i så

henseende være en tikkende bombe, spesielt siden det er nesten umulig å bli kvitt *Phytophthora*-arter i infiserte felt da de overlever lenge i jord selv uten vertplanter. I 2019 så vi store *Phytophthora*-skader i et nyetablert eplefelt i Rogaland (Talgø, upubliserte data) der plantene var importert fra Nederland. Dette til tross for at de var kontrollerte og kom med sunnhets sertifikat.

Undersøkelsen i VitalEPLEJORD tyder på at utbredelsen av *Phytophthora*-arter er omfattende i norske frukthager. Disse skadegjørerne kan helt klart føre til at epletrær sturer eller dør.

5 Konklusjon/Anbefalinger

5.1 Jordkjemi

Det som først og fremst skilte jorda i økologisk dyrking fra jorda i konvensjonell dyrking var et høyere innhold av organisk materiale, høyere innhold av totalt nitrogen, høyere innhold av plantetilgjengelig fosfor, mer stabilt innhold av plantetilgjengelig magnesium og mer stabil pH og basemetningsgrad.

5.2 Nematoder

- Økologisk drift ser ut til å kunne øke bakteriekonsumerende nematoder, minske rotkonsumerende nematoder og øke altetere.
- Bakteriekonsumerende nematoder kan utgjøre en større andel i eplehager med lang forkultur av frukt sammenliknet med hager uten lang forkultur av frukt, mens rotkonsumerende nematoder kan utgjøre en større andel i hager med kortere forkultur av frukt.
- De rotkonsumerende nematodene som gruppe er dominert av opptil 90 % spiralnematoder, rotsårnematoder og stubbrottnematoder. Spiralnematodene er den største gruppen som nesten helt er dominert av arten *Rotylenchus montanus*.
- Stubbrottnematoder hadde signifikant høyere populasjonstetthet i de økologiske hagene sammenliknet med de konvensjonelle.
- Flere rotkonsumerende nematoder nådde skadelige nivåer lokalt i de undersøkte hagene.
- Driftsformer som favoriserer bakteriekonsumerende nematoder og fakultative predatorer som altetere kan hjelpe til å redusere skader fra rotkonsumerende arter.

5.3 *Phytophthora*

Denne undersøkelsen har vist at det kan være mye *Phytophthora* i norske frukthager. Det må derfor bli mer fokus på tiltak for å redusere *Phytophthora*-problematikken:

- Plantematerialet må kontrolleres nøye før utplanting. Dersom det blir oppdaget brune rotspisser eller generelt dårlig rotutvikling, bør plantene undersøkes for *Phytophthora* før man tar sjansen på å plante de ut. Infisert plantemateriale gjelder i stor grad importen, men også norskprodusert plantemateriale kan være smitta dersom det er svikt i planteskolehygien.
- Planteresunnettsertifikatet som følger importerte planter er ingen garanti for at de er frie for *Phytophthora*.
- Hvis det er tilgjengelig, bruk motstandsdyktige (resistente) trær.
- Sørg for å ha god drenering for å hindre produksjon, spredning og infeksjon fra svermesporer av *Phytophthora*.
- Pass på at infisert jord ikke blir dradd med på kjøretøy eller fottøy fra smitta til smittefrie områder på garden eller mellom bruk (kan lett skje ved maskinsamarbeid).
- Maskiner og redskaper som har vært brukt i områder med *Phytophthora*-smitte må rengjøres nøye før flytting til smittefrie områder.

Litteratur

- Dunn, R. A. & Mai, W. F. 1973. Reproduction of *Pratylenchus penetrans* in roots of seven cover crop species in greenhouse experiments. *Plant Disease Reporter*, 57(9), 728-730.
- EPPO. 2019a. https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/A1_list
- EPPO. 2019b. https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/A2_list
- EPPO. 2019c. https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/alert_list
- Erwin, D. C. & Ribeiro, O. K. 1996. *Phytophthora diseases worldwide*. American Phytopathological Society (APS Press).
- Grigel, J., Černý, K., Mrázková, M., Havrdová, L., Zahradník, D., Jílková, B. & Hrabětová, M. 2019. *Phytophthora* root and collar rots in fruit orchards in the Czech Republic. *Phytopathologia Mediterranea*, 58(2), 261-275.
- Harris, D. C. 1991. The *Phytophthora* diseases of apple. *Journal of horticultural science* 66(5), 513-544.
- Jung, T., Orlikowski, L., Henricot, B., Abad-Campos, P., Aday, A. G., Casal, O. A., Bakonyi, J., Cassiola, S. O., Cech, T., Corcobado, T., Cravador, A., Denton, G., Diamandis, S., Dogmus-Lehtijarvi, H. T., Ginetti, B., Hantula, J., Hartmann, G., Herrero, M., Lilja, A., Horta, M., Keca, N., Kramarets, V., Lyubenova, A., Machado, H., Magnano di San Lio, G., Vazquez, P. J. M., Marcais, B., Matsiakh, I., Milenkovic, I., Moricca, S., Nechwatal, J., Oszako, T., Pane, A., Paplomatas, E. J., Varela, C. P., Martinez, C. R., Robin, C., Rytkonen, A., Sanchez, M. E., Scanu, B., Schlenzig, A., Schumacher, J., Solla, A., Sousa, E., Talgø, V., Tsopelas, P., Vannini, A., Vettraino, A. M., Wenneker, M. & Perez-Sierra, A. 2015. Widespread *Phytophthora* infestations in European nurseries put forest, semi-natural and horticultural ecosystems at high risk of *Phytophthora* diseases. *Forest Pathology*, 46(2), 134-163.
- Magnusson, C. 1983 a. Abundance and trophic structure of pine forest nematodes in relation to soil layers and ground cover. *Holarctic Ecology* 6, 175-182.
- Magnusson, C. 1983 b. Abundance, distribution and feeding relations of root/fungal feeding nematodes in a Scots pine forest. *Holarctic Ecology*, 6, 183-193.
- Magnusson, C. & Hammeraas, B. 2003. Nematoder på frukttrær. *Norsk Frukt og Bær*, 6, 28-31.
- Mai, W. F., Merwin, I. A. & Abawi, G. S. 1994. Diagnosis, etiology and management of replant disorders in New York cherry and apple orchards. *Acta Horticulturae* 363-Repalnt Problems III, 33-41.
- Mazzola, M. 1998. Elucidation of the microbial complex having a causal role in the development of apple replant disease in washington. *Phytopathology*, 88(9), 930-938.
- Mazzola, M., & Manici, L. M. 2012. Apple replant disease: role of microbial ecology in cause and control. *Annual Review of Phytopathology*, 50, 45-65.
- Meland, M., Frøynes, O. & Magnusson, C. 2001. Tredaude i søtkirsebær og moglege årsaker (del2). *Norsk Frukt og Bær*, 4, 6-7.
- Neher, D. A. 2001. Role of Nematodes in Soil Health and Their Use as Indicators. *Journal of nematology*, 33(4), 161.
- Pettersson, M., Brurberg, M.B. & Talgø, V. 2020. *Phytophthora*. Delrapport for 2019 i OK-programmet «Nematoder og *Phytophthora* spp. i jord på importerte planter». *NIBIO Rapport* 6(39), 1-15.

- Pitcher, R. S. 1967. The host-parasite relations and ecology of *Trichodorus viruliferus* on apple roots, as observed from an underground laboratory. *Nematologica*, 13(4), 547-557.
- Pommeresche, R. & Magnusson, C. 2011. Nematoder sirkulerer næringsstoffer i jord. *Bioforsk TEMA* 16, 1-4.
- Seinhorst, J. W. 1988. The Estimation of Densities of Nematode Populations in Soil and Plants. *Væxtskyddsrapporter Jordbruk* 51, 107 pp.
- Sohlenius, B., Persson, H., & Magnusson, C. 1977. Distribution of roots and nematodes in a young Scots pine stand in Central Sweden. *Ecological Bulletins*, 340-347.
- Stensvand, A. 2013a. Lærråte. Plantevernleksikonet <https://www.plantevernleksikonet.no/l/oppslag/1186/>
- Stensvand, A. 2013b. Rotstokkråte. Plantevernleksikonet <https://www.plantevernleksikonet.no/l/oppslag/1185/>
- Stirling, G. & Linsell, K. 2018. NEMATODES AS A BIOLOGICAL INDICATOR. The National Soil Quality Monitoring Program, Australia. <http://www.soilquality.org.au/factsheets/nematodes-as-a-biological-indicator> 24.09.2018.
- Strømeng, G. M., Brurberg, M. B., Ørstad, K. & Talgø, V. 2015. Kartlegging av *Phytophthora*-arter i Åkersvika naturreservat. *Nibio oppdragsrapport*, 1(4), 1-18.
- Talgø, V. 2011. *Phytophthora ramorum* angrip skogen på vestkysten av England. *Bioforsk Tema*, 6(6), 1-8. <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2460163/Bioforsk-TEMA-2011-06-06.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Talgø, V., Brandrud, T. E., Nordén, B., Sundheim, L. & Solheim, H. 2018a. *Phytophthora plurivora*. Vurdering av økologisk risiko. Artsdatabanken. <https://artsdatabanken.no/Fab2018/N/290>
- Talgø, V. & Brurberg, M. B. 2015. Skade på bøk i Vålandsskogen i Stavanger – *Phytophthora* rotråte. *Nibio oppdragsrapport*, 1(3), 1-15.
- Talgø, V., Brurberg, M. B. & Strømeng, G. M. 2018b. *Phytophthora*-skade på trær og undervegetasjon. *NIBIO Rapport*, 4(102), 55-61.
- Talgø, V., Herrero, M-L, Brurberg, M. B. & Stensvand, A. 2012. Alvorleg sjukdom funnen på bøk. *Bioforsk Tema*, 7(1), 1.8.
- Talgø, V., Herrero, M. L., Brurberg, M. B. & Stensvand, A. 2010. *Phytophthora*. Alvorleg trugsmål mot buskar og tre i grøntanlegg og naturområde. *Bioforsk Tema*, 5(20), 1-8.
- Talgø, V., Herrero, M., Toppe, B., Klemsdal, S., & Stensvand, A. 2006. First report of root rot and stem canker caused by *Phytophthora cambivora* on noble fir (*Abies procera*) for bough production in Norway. *Plant disease*, 90(5), 682-682.
- Talgø, V., Perminow, J. I. S, Pettersson, M. & Brurberg, M. B. 2019a. Sjukdomar på tre i Oslo. *NIBIO Rapport*, 5(78), 1-25.
- Talgø, V., Pettersson, M. & Brurberg, M. B. 2019b. *Phytophthora*. Delrapport for 2018 i OK-programmet «Nematoder og *Phytophthora* spp. i jord på importerte planter». *NIBIO Rapport*, 5(62), 1-24.
- Telfer, K. H., Brurberg, M. B., Haukeland, S., Stensvand, A & Talgø, V. 2015a. *Phytophthora* survives the digestive system of the invasive slug *Arion vulgaris*. *European Journal of Plant Pathology*, 142(1), 125-132.

Telfer, K., Brurberg, M. B., Herrero, M-L., Stensvand, A. & Talgø, V. 2015b. *Phytophthora cambivora* found on beech in Norway. *Forest Pathology*, 45(5), 349-441.

Tewoldemehin, Y. T., Mazzola, M., Labuschagne, I. & McLeod, A. 2011. A multi-phasic approach reveals that apple replant disease is caused by multiple biological agents, with some agents acting synergistically. *Soil Biology & Biochemistry*, 43, 1917-1927.

Vovlas, N., Subotin, S. A., Troccoli, A., Liebanas, G. & Castillo, P. 2008. Molecular phylogeny of the genus *Rotylenchus* (Nematoda, Tylenchida) and description of a new species. *Zoologica Scripta*, 37, 521-537.

Winkelmann, T., Smalla, K., Amelung, W., Baab, G., Grunewaldt-Stöcker, G., Kanfra, X., Meyhöfer, R., Reim, S., Schmitz, M., Vetterlein, D. & Wrede, A. (2019). Apple replant disease: causes and mitigation strategies. *Current Issues in Molecular Biology*, 30, 89-106.

Christer Magnusson har vært prosjektansvarlig og har sammen med Irene Rasmussen, Birgit Schaller, Marte Persdatter Tangvik ved Divisjon for bioteknologi og plantehelse stått for nematode-analysene.

Tore Krogstad ved Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning ved NMBU, har utført de kjemiske jordanalysene.

Martin Pettersson, Venche Talgø og May Bente Brurberg ved Divisjon for bioteknologi og plantehelse har utført analysene for *Phytophthora*.

Norsk Landbruksrådgiving ved Stine Huseby valgte ut relevante økologiske og konvensjonelle eplebruk i tre fruktdistrikt (Sogn, Hardanger og Oslofjorden) og samlet inn jordprøvene.

Njøs frukt- og bærsenter (NFB) ved Liv Hatleli Gilpin har ledet prosjektet.

Prosjektet ble finansiert gjennom Landbruksdirektoratet sine midler til utviklingstiltak i økologisk landbruk, Fylkesmannen Vestland og Norsk Landbruksrådgiving.

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.