

# Insekticidresistens hos væggelus i Danmark

Ole Kilpinen, Karl Martin Vagn-Jensen & Michael Kristensen

Skadedyrlaboratoriet  
Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet  
Aarhus Universitet

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING	7
SUMMARY	9
1 INDLEDNING	11
1.1 BAGGRUND	11
1.1.1 <i>Væggelusens biologi</i>	11
1.1.2 <i>Historisk og geografisk udvikling i væggelusproblematikken</i>	13
1.1.3 <i>Udvikling af resistens</i>	14
1.2 FORMÅL	15
2 METODEBESKRIVELSE	17
2.1 VÆGGELUSPOPULATIONER	17
2.1.1 <i>Indsamling</i>	17
2.1.2 <i>Opformering</i>	17
2.2 FØLSOMHEDSTEST	18
2.2.1 <i>Dråbetest</i>	18
2.2.2 <i>Kontakttest - tarsal eksponering på kommercielle produkter</i>	18
2.3 STATISTISK ANALYSE	20
3 RESULTATER	21
3.1 INDSAMLING OG OPFORMERING AF VÆGGELUSPOPULATIONER	21
3.2 FØLSOMHED	24
3.2.1 <i>Basislinie i dråbetest</i>	24
3.2.2 <i>Indsamlede populationer</i>	25
3.2.3 <i>Kontakttest</i>	27
4 DISKUSSION	28
4.1 RESISTENSSTATUS	28
4.2 RESISTENSUDBREDELSE	29
4.3 VÆGGELUSPROBLEMER I DANMARK	30
5 KONKLUSION	32
6 PERSPEKTIVER	33
6.1 BETYDNING FOR BEKÆMPELSESSTRATEGIER	33
6.2 YDERLIGERE FORSKNINGSBEHOV	33
6.3 ANBEFALINGER MHT. BEKÆMPELSE AF VÆGGELUS	33
REFERENCER	35
APPENDIX A	



# Forord

Nærværende rapport er afslutningen på en undersøgelse af, om der blandt væggelus indsamlet i Danmark findes nedsat følsomhed eller resistens mod de mest anvendte insektbekæmpelsesmidler. Forskningsprojektet er gennemført af seniorforsker Ole Kilpinen, seniorforsker Michael Kristensen, forskningsleder Karl-Martin Vagn Jensen samt laboranter Nicholai Hansen og Kristian Hansen på Skadedyrlaboratoriet, Institut for Plantebeskyttelse og Skadedyr, Aarhus Universitet. Projektet har nydt godt af en meget stor imødekommenhed fra en række danske skadedyrsbekæmpelsesfirmaer, der har taget sig tid til at hjælpe med fremskaffelse af væggelus til projektet. Endvidere skylder projektet tak til de mange privatpersoner og virksomheder der har tilladt os at samle væggelus ind på deres ejendomme.

Ligeledes vil vi gerne takke lektor Søren Achim Nielsen, RUC, Biolog Erling Holmlund, DPC Skadedyrsbekæmpelse A/S og Cand. Scient. Jens Mossin, Miljøstyrelsen, for deres meget engagerede medvirken i diskussioner og konstruktiv kritik af projektet i hele projektperioden. Specielt vil vi gerne takke specialkonsulent, Cand. Scient. Jørn Kirkegaard, Miljøstyrelsen, for et godt fremadrettet samarbejde og megen hjælp omkring alle aspekter af projektets afvikling, det være sig fagligt såvel som administrativt.

Endelig skal vi takke Miljøstyrelsen for økonomisk støtte til projektet og korrespondent Marianne Christensen for hjælp med korrektur.

Sorgenfri, November 2007



# Sammenfatning

Dette projekt har til formål at klarlægge om væggelus, *Cimex lectularius* (L.), indsamlet i Danmark har udviklet resistens mod de mest anvendte insektgifte til bekæmpelse af væggelus.

Gennem de seneste tre til fem år er fokus øget på væggelus specielt i USA, Australien og England. Der er ingen gode danske tal på omfanget af væggelusproblemer, men meget tyder på de er voksende. Under alle omstændigheder må det forventes, at forekomsten i Danmark vil stige når den stiger i lande som mange danskere rejser til. Netop rejser betragtes som en meget væsentlig faktor for indførsel af væggelus, og stigning i antallet af rejser, specielt rejser til mere eksotiske destinationer, kan være medvirkende til at der opstår flere problemer med væggelus. I Danmark er der kun godkendt to klasser af insektgifte til væggelusbekæmpelse og det er pyrethroider og organofosfater. At have flere forskellige klasser af insektgifte at vælge mellem er vigtigt for at undgå udvikling af resistens ved at skifte mellem dem. Desuden er der den mulighed hvis der er opstået resistens mod den ene klasse at så har man den anden at falde tilbage på. Det er netop forekomsten af resistens mod de to tilbageværende grupper af insektgifte, brugt til bekæmpelse af væggelus i Danmark, som dette projekt skal kortlægge.

Undersøgelsen er blevet udført ved at indsamle væggelus forskellige steder i Danmark og teste deres følsomhed for de to grupper af insektgifte: pyrethroider, i dette tilfælde permethrin og deltamethrin, samt organofosfater, i dette tilfælde chlorpyrifos. Følsomheden af de indsamlede væggelusstammer blev sammenlignet med en følsom stamme. Der blev anvendt to typer af test: en diskriminerende dråbetest og en tarsaltest på forskellige overflader. Til dråbetesten bliver individuelle væggelus påsat en dråbe insektgift i en koncentration der er væsentlig større end hvad der skal til for at dræbe de følsomme væggelus. Tarsaltesten er mindre præcis, til gengæld er den mere realistisk, idet dyrene går på forskellige typer af overflade der er behandlet med insektgiften som ved en praktisk bekæmpelse. I begge tilfælde opgøres det efter 24 og 48 timer hvor mange dyr der er døde af giften.

I alt 20 feltindsamlede væggelusstammer blev testet i dråbetesten, som viste udbredt resistens mod permethrin. Kun i en ud af 20 feltindsamlede stammer døde alle de behandlede individer, to stammer viste en dødelighed på ca. 60% og på resten af stammerne så man slet ikke nogen effekt. Disse resultater tyder på, at permethrin ofte vil være helt uden effekt i en praktisk bekæmpelse. Ved behandling med chlorpyrifos udviser væggelusene kun lidt reduceret følsomhed. Kun på en ud af 14 stammer blev der målt en dødelighed på under 50%. Det betyder at en praktisk bekæmpelse med chlorpyrifos sandsynligvis vil være effektiv, fordi man normalt anvender væsentlig højere doser end hvad der er nødvendigt for at slå enkelt individer ihjel i en dråbetest. De produkter der er på det danske marked til bekæmpelse af væggelus indeholder chlorpyrifos i henholdsvis en lakformulering og en mikroindkapslet formulering, som betyder at dyrene udsættes for meget høje doser.

Tarsaltesten bekræfter da også resultaterne af dråbetesten. Hverken permethrin eller den anden testede pyrethroid, deltamethrin, havde nogen stor effekt på de feltindsamlede væggelus. Kun på en af seks testede feltstammer havde pyrethroiderne nogen effekt, og det var den samme som gav omkring 60% dødelighed i dråbetesten. Det mikroindkapslede chlorpyrifos produkt gav

derimod fuld effekt, med 100% døde i alle test. Det til trods for at der faktisk kun blev brugt en dosis på 25% af den anbefalede.

Da der i denne undersøgelse kun indgår 20 feltindsamlede væggeluspopulationer kan man ikke sige med sikkerhed, at resultaterne er repræsentative for alle væggelus i Danmark. Alligevel mener vi godt, at man på basis af resultaterne kan gøre nogle betragtninger over den praktiske anvendelighed af de tilgængelige bekæmpelsesmidler. Chlorpyrifos, specielt i den mikroindkapslede formulering, viste sig meget effektiv overfor alle de testede populationer og kan derfor fortsat betragtes som velegnet til bekæmpelse af væggelus. Alle de testede populationer udviste moderat til høj resistens mod permethrin og deltamethrin, hvorfor der er stor risiko for at også andre danske væggeluspopulationer er resistente mod syntetiske pyrethroider. Da chlorpyrifos sandsynligvis forsvinder fra det danske marked i løbet af de næste par år, står man tilbage med pyrethroiderne som i mange tilfælde kan forventes at have meget lav effektivitet. Derfor er det meget vigtigt at undersøge mulighederne for såvel nye bekæmpelsesmetoder som metoder til forebyggelse og detektion af væggelus.



# Summary

The purpose of this project is to clarify whether bed bugs, *Cimex lectularius*, collected in Denmark have developed resistance to the insecticides most applied for control of bed bugs.

During the past three to five years focus on bed bugs has been enhanced – in particular in the USA, Australia, and England. The extent of the Danish bed bug problems have not been well established, however, there is a great deal indicating that they are growing. In any case it is to be expected that the prevalence in Denmark will increase when it increases in countries visited by many Danes. Travelling is considered the most important factor for import of bed bugs, and a rise in the number of travels – especially travels to more exotic destinations – may add to the bed bug problems. In Denmark only two classes of insecticides have been approved for bed bug control, i. e. pyrethroids and organophosphates. It is important to have several different classes of insecticides to choose from as the different classes should be used alternately in order to avoid resistance at all, and if resistance has occurred to one of them, the other can be tried. It is the very existence of resistance to the two remaining groups of insecticides used for control of bed bugs in Denmark that this project aims to map.

The survey has been conducted by means of a collection of bed bugs in various locations in Denmark and by a test of their susceptibility to the two groups of insecticides: pyrethroids, in this case permethrin and deltamethrin, and organophosphates, in this case chlorpyrifos. The susceptibility of the field collected bed bug strains was compared with a susceptible strain. Two types of testing were applied: a discriminating topical application test and a tarsal test on different surfaces. For the topical application test individual bed bugs are externally administered a drop of insecticide of a concentration considerably higher than what it takes to kill susceptible bed bugs. The tarsal test is less accurate; but on the other hand it is more realistic as the insects move on different types of surfaces treated with the insecticide like in a practical control.

A total of 20 field-collected bed bug strains were tested in the topical application with permethrin. Only one of the 20 field-collected strains showed total mortality for all the treated individuals, two strains had approximately 60% mortality, and the remaining strains showed no effect at all. These results indicate that often permethrin will have no effect at all in a practical control. When treated with chlorpyrifos, however, the susceptibility of the bed bugs is only slightly reduced. Only one of 14 strains measured had a mortality below 50%. This indicates that in all probability a practical control with chlorpyrifos will be effective, because the normal doses used are considerably higher than necessary to kill one individual in a topical application test. The products on the Danish market for control of bed bugs contain chlorpyrifos in either a lacquer or in a micro-encapsulated formulation with the effect that the insects in both cases are subjected to very high doses.

In fact, the tarsal test confirms the results of the topical application test. Neither permethrin nor the other pyrethroid, deltamethrin, proved particularly effective on the field-collected bed bugs. The pyrethroids had effect on only one of six tested field strains, and it was one of these strains that resulted in a 60% mortality in the topical application test. The micro-

encapsulated chlorpyrifos product was 100% effective – a result obtained despite the fact that a dose of only 25% of the recommended was applied. Due to the fact that only 20 field collected bed bug strains were included in the test, it is not possible with certainty to conclude that the results represent the situation among all bed bug populations in Denmark. However, we do believe that some general considerations about the practical application of the available insecticides can be made based on the present results. Chlorpyrifos, in particular the micro-encapsulated formulation, has proved sufficiently effective against all the tested populations and can thus still be considered suitable for bed bug control. As all the tested populations showed moderate to high resistance against permethrin and deltamethrin there is a high risk that other bed bug populations in Denmark will also be resistant against synthetic pyrethroids. As chlorpyrifos probably disappears from the Danish market during the next couple of years, all that is left are the pyrethroids which, in many cases, might be inefficient according to this project. Consequently, it is very important to examine the possibilities of both new control methods and methods for preventing and detecting bed bugs.

# 1 Indledning

## 1.1 Baggrund

I de seneste ca. 5 år er der sket en ganske væsentlig stigning i interessen for væggelus blandt forskere og skadedyrsbekæmpere i mange lande. Uden at der er lavet egentlige målinger af det, er det en udbredt opfattelse at problemerne med væggelus er stigende (Boase, 2001; Kramer, 2004; Doggett *et al.*, 2004; Hwang *et al.*, 2005). Der kan være flere årsager til denne stigning, men en mulighed er, at væggelusene er blevet resistente, dvs. modstandsdygtige, overfor nogle af de giftstoffer der bruges til bekæmpelsen. Det er netop denne mulighed som dette projekt har til formål at afklare.

### 1.1.1 Væggelusens biologi

Væggelus henregnes til tægerne, underordenen Heteroptera, som bl.a. er karakteriseret ved at have et langt, leddelt stikkesugeapparat, som holdes op under kroppen, når det ikke bliver brugt. Der findes over 70 forskellige væggelusarter, hvoraf langt de fleste er tilknyttet fugle eller flagermus. Der findes to arter, *Cimex*



Figur 1. Væggelus, *Cimex lectularius*.

*lectularius* L., den almindelige væggelus, og *C. hemipterus* (F.), den tropiske væggelus, som er direkte knyttet til mennesker. Den tropiske væggelus findes dog kun i tropiske dele af verden men kan naturligvis bringes til Danmark herfra. Det kan forekomme, at andre væggelusarter, der i naturen er knyttet til dyr, forvilder sig ind i menneskeboliger. I Danmark drejer det sig specielt flagermusvæggelus, *C. pipistrelli* Jenyns, og duevæggelus, *C. columbarius* Jenyns (Hallas & Mourier 1987), men de kan ikke etablere sig med mennesket som vært. Der er ikke væsentlige forskelle på biologien af de forskellige væggelusarter, og da det normalt er *C. lectularius* som skaber problemer i Danmark, vil det i det efterfølgende være den, der omtales, medmindre andet er nævnt. I litteraturen er der flere gode og udførlige beskrivelser af væggelusens biologi (Usinger 1966, Reinhardt & Siva-Jothy 2007), og derfor vil der her kun blive givet en kort gennemgang baseret på disse kilder.

**Blodmåltid.** Væggelus er en obligat blodsuger, som skal have blod jævnligt. Hvert af de 5 nymfestadier skal have mindst et måltid blod for at kunne udvikle sig videre, og den voksne hun skal også have blod, endog jævnligt, for at kunne producere æg. Ved stuetemperatur vil en voksen væggelus opsøge værten ca. en gang om ugen. Det vides ikke, hvordan væggelusen lokaliserer værten, men det er klart, at CO<sub>2</sub> og varme har stor betydning. En voksen hun bruger kun 10-20 minutter på at indtage ca. 7-8 mg blod. Hannen suger også

blod, men kun ca. 1/3 af den mængde, hunnen indtager. Hvor ofte det sker, vides dog ikke. Væggelusen foretrækker at opsøge værten, når det er mørkt, men kan efter længere tids sult også komme frem, mens det er lyst. Når væggelusen ikke er på jagt efter en vært, sidder den stille i revner og sprækker tæt på det sted, hvor værten ofte opholder sig - det vil sige specielt på og omkring senge eller andre sovepladser. Det er i disse gemmesteder, at blodet fordøjes, og det meste udskilles som ekskrementer, der kan ses som sorte pletter omkring gemmestedet (**Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.**). Ekskrementerne er tydelige tegn på, hvor væggelusene er eller har været. En mindre del af blodmæltidet udskilles meget hurtigt, måske næsten samtidig med indtagelsen, og kan ses som sorte pletter på sengetøjet.



Figur 2. Væggelus og væggeluseksekrementer under seng i kraftigt angrebet lejlighed

**Livscyklus.** Ved 27°C kan en parret hun lægge ca. 3 æg om dagen i perioden fra 3 til 11 dage efter sidste blodmåltid, hvorefter hun er nødt til at have et nyt blodmåltid for at producere flere æg. Hunnen skal også parres jævnlige for at opretholde æglægningen, som stopper ca. en måned efter den sidste parring. En voksen hun, der har fri adgang til mad og parring, kan opnå en livstidsproduktion på 200-500 æg. Selve parringen har været genstand for mange undersøgelser, fordi den i modsætning til de fleste andre insekter indebærer det, der kaldes traumatisk insemination, hvor hannen stikker gennem kropsvæggen på hunnen og ikke via en egentlig kønsåbning. En voksen hun, der lige har suget blod og returnerer til gemmestedet, kan bliver parret af op til 4-5 hanner, hvis der er så mange tilstede.

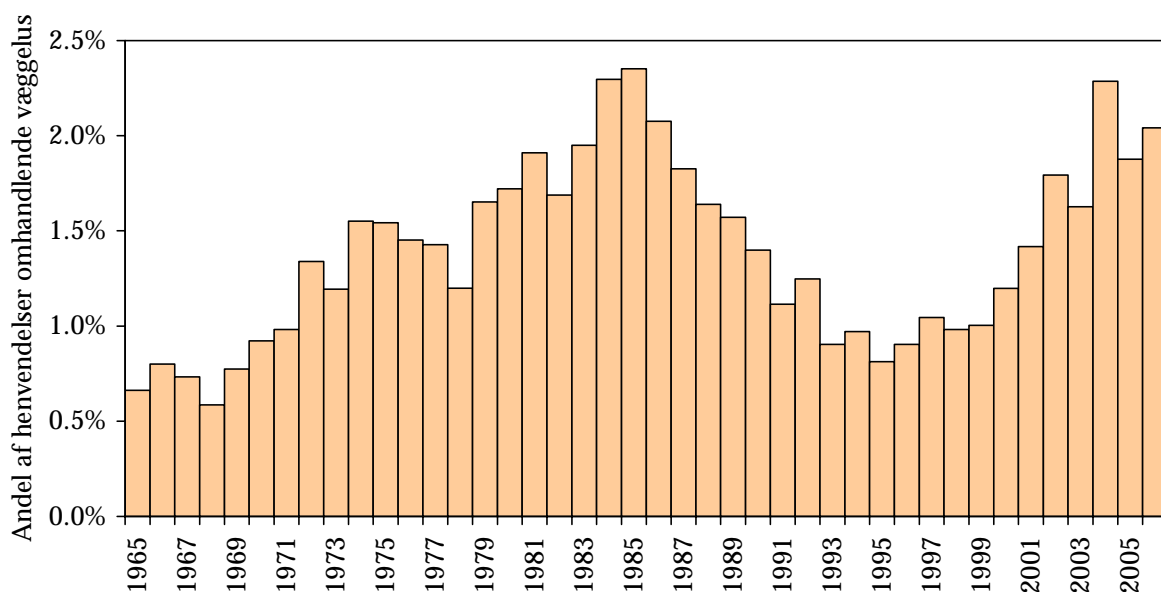
Æggene lægges i gemmestederne og kan lige anes med det blotte øje. De er ca. 1 mm store, aflange og hvide, og klister til underlaget; ofte 3-5 sammen. Afhængigt af temperaturen klækker æggene efter 10-11 dage. De nyklækkede nymfer er ca. 1,5 mm store og gullige. De skal inden for få dage have et måltid

blod for at kunne udvikle sig til 2. nymfestadie. Hudsiftet foregår også i gemmestedet, hvor man ofte kan finde de tomme huder som tegn på, at der er eller har været væggelus. Udviklingen fra æg til voksen afhænger både af temperaturen og tilgængeligheden af værter. Ved stuetemperatur kan udviklingen gennemføres på ca. 2 måneder og ved temperaturer under 15°C går udviklingen mere eller mindre i stå; æggene klækkes ikke, nymferne udvikler sig ikke, og de voksnes aktivitet stopper. Væggelus er meget modstandsdygtige over for sult. Ved stuetemperatur kan de voksne væggelus overleve i flere måneder uden mad og ved lavere temperaturer i over et år. Det er derfor meget vanskeligt at slippe af med væggelus ved at sulte dem. Den relativt lange udviklingstid sammen med evnen til at leve længe uden mad har væsentlig betydning for, at væggelus kan give så mange problemer. Forløbet af en infestation kan udvikle sig nærmest snigende, så det ikke så let opdages. Desuden kan man risikere genopblussen mange måneder efter en bekæmpelse, der ikke har været 100% effektiv, på et tidspunkt hvor opmærksomheden på væggelusene er mindsket. Risikoen er specielt udtalt hos personer, som ikke reagerer eller reagerer meget svagt på biddene.

**Skadevirkning** Til trods for, at væggelus under specielle omstændigheder kan overføre flere sygdomme, er der udbredt enighed om, at de i praksis ikke har nogen betydning som overførere af sygdomme. Den væsentligste skadevirkning er den store gene, som biddene kan påføre de udsatte personer (Ter Poorten og Prose, 2005). Der kan være stor forskel på, hvor meget forskellige personer reagerer på bid fra væggelus. Nogle mærker det ikke, mens andre får voldsom kløe og udslæt, som i visse tilfælde kan udvikle sig til sekundære infektioner.

### 1.1.2 Historisk og geografisk udvikling i væggelusproblematikken

Væggelus har gennem nyere tid været årsag til problemer af varierende omfang. Hvis man ser på andelen af henvendelser til Skadedyrlaboratoriet, som drejer sig om væggelus (Figur 3) ser man flere større eller mindre udsving, der må tolkes med megen stor forsigtighed da disse data er påvirket af en masse ikke-biologiske faktorer som f.eks. megen presseomtale. Man kan f.eks. se, at andelen steg op gennem 1970'erne og første halvdel af 1980'erne. Denne stigning blev dengang bl.a. forklaret med øget indvandring af gæstearbejdere, som bragte væggelus med fra deres hjemlande i Sydeuropa. Faldet fra 1985 og 10 år frem kan bl.a. skyldes indførelsen af nye effektive insekticider med aktivstoffer som f.eks. pemethrin og deltamethrin og fra 1994 også mikroindkapslet chlorpyrifos. Fra 2000 og frem er der igen sket en stigning i det procentvise antal henvendelser om væggelus, hvilket falder sammen med rapporter fra andre lande (England: Boase, 2001; USA: Kramer, 2004; Australien: Doggett *et al.*, 2004; Canada: Hwang *et al.*, 2005), hvor tilsvarende stigninger er set.



Figur 3. Andelen af henvendelser til Skadedyrlaboratoriets konsultation som omhandler væggelus.

Skadedyrlaboratoriet har kontakt til de største danske bekæmpelsesfirmaer, og deres erfaring er ligeledes, at problemerne er steget i de senere år. Et firma rapporterer således, at der i de seneste år er set stigninger i de store sager, som omfatter hoteller og lign. Væggelus er i øvrigt specielt til stor gene for f.eks. hotelbranchen, men der registreres også en del tilfælde i private hjem. Det er dog vigtigt at slå fast, at der ikke er lavet specifikke undersøgelser af omfanget af væggelusproblemer hverken i Danmark eller i andre lande. Derfor kan det være svært at sige noget med sikkerhed om udviklingen og hvilke faktorer, der kan have påvirket den.

### 1.1.3 Udvikling af resistens

En væsentlig årsag til den øgede forekomst af væggelus i hele den vestlige verden kan være udvikling af resistens over for de mest anvendte bekæmpelsesmidler. Umiddelbart efter anden verdenskrig begyndte man at anvende DDT til bekæmpelse af bl.a. væggelus (Stenburg 1947, Barnes 1945). I 1950'erne udviklede væggelus i USA hurtigt udbredt resistens over for DDT, som var meget vedholdende (Busvine 1958, Lofgren *et al.* 1958, Mallis og Miller 1964). Der er ligeledes anvendt og udviklet resistens over for lindan i Israel (Cwilich *et al.* 1957). Senere begyndte man at anvende organofosfater, og der er rapporteret resistens over for malathion fra Israel (Feroz 1971). I de seneste to årtier er der i det meste af verden primært anvendt organofosfater og pyrethroider til bekæmpelse af væggelus. Der findes i den videnskabelige litteratur meget lidt vedrørende resistens hos *C. lectularis* over for disse midler, som også de seneste år er anvendt mod væggelus i Danmark.

Insekticidresistens hos væggelus er ikke tidligere beskrevet i Danmark, og på det europæiske plan er der en mindre undersøgelse, som påviser resistens over for carbamatet, bendiocarb, og pyrethroidet,  $\alpha$ -cypermethrin, hos tre populationer indsamlet i Storbritannien (Hampshire, London, Wales) (Boase *et al.* 2006). Undersøgelsen blev gennemført ved diskriminerende dosis bioassay, hvor væggelus blev placeret på et behandlet stykke papir, som slog 99% af de følsomme væggelus ihjel.

I USA er der foretaget en effektivitetsvurdering af insektmidler med pyrethroiderne,  $\lambda$ -cyhalothrin, bifenthrin, deltamethrin og permethrin over for følsomme væggelus (Moore og Miller 2006). Yderligere blev en population af

feltindsamlede væggelus testet for resistens mod deltamethrin. Undersøgelserne blev foretaget ved behandling af plader af hård masonit med insektgiftene i den koncentration, der blev anbefalet på etiketten. Væggelusene blev placeret på den tørrede behandlede overflade uden mulighed for at undgå kontakt med giften og det blev observeret hvornår væggelusene døde. For følsomme væggelus var  $LT_{50}$  1 time (den tid, det tager, at dræbe 50% af population) på overflader behandlet med deltamethrin. Den feltindsamlede population (fra Arlington, Virginia, USA) havde derimod en  $LT_{50}$  på 340 timer (Moore og Miller 2006). Den sammenlignende undersøgelse af pyrethroiderne på den følsomme væggelusstamme viste, at det hurtigst virkende stof var  $\lambda$ -cyhalothrin med  $LT_{50}$  på 20 min. Bifenthrin, deltamethrin og permethrin havde  $LT_{50}$  værdier på henholdsvis 53, 60 og 88 minutter. Undersøgelsen viste ligeledes, at ingen af de anvendte pyrethroider virkede repellerende på væggelus.

Ved bekæmpelse af væggelus i USA observerede man problemer med effektiviteten, som førte til en undersøgelse af resistens (Romero *et al.* 2007). Undersøgelsen viste et meget højt niveau af pyrethroidresistens ved test på behandlet filterpapir. Fire populationer fra Kentucky-Ohio området var meget resistente, og den højeste mulige dosis (3,96 mg pr.  $cm^2$ ), som blev testet, dræbte maksimalt 5% af de testede individer. Ligeledes var de samme fire populationer meget resistente over for  $\lambda$ -cyhalothrin, og den højeste mulige dosis (1,32 mg pr.  $cm^2$ ), som blev testet, dræbte kun 21,6% af de testede individer. Der blev også gennemført et mindre survey med diskriminerende dosis bioassay. Filterpapir blev imprægneret med en deltamethrindosis (0,13 mg pr.  $cm^2$ ), som var 10 gange højere end den dosis, der blev anbefalet på etiketten til bekæmpelse af væggelus. To laboratoriepopulationer og en feltpopulation fra Californien viste 100% dødelighed. Hos syv populationer indsamlet i henholdsvis Californien (1), Florida (1), Kentucky (1), Ohio (3) og Virginia (1) blev ingen individer dræbt (Romero *et al.* 2007).

Hos væggelusens tropiske slægtning *C. hemipterus* er der påvist resistens i Tanzania over for pyrethroiderne permethrin og  $\alpha$ -cypermethrin (Myamba *et al.* 2002). En undersøgelse af tropiske væggelus fra Sri Lanka med diskriminerende dosis bioassay viste udbredt resistens over for DDT, malathion og propoxur (Karunaratne *et al.* 2007). Desuden antydede den samme undersøgelse på tre srilankanske populationer, at der var mange forskellige resistensmekanismer på spil, som involverede både forøget nedbrydning af giftene såvel som ændringer i deres interaktion med bindingsstedet (Karunaratne *et al.* 2007).

## 1.2 Formål

Dette projekt skal forsøge at klarlægge om væggelus indsamlet i Danmark har udviklet resistens mod de mest anvendte insekticider til bekæmpelse af væggelus. En udbredt forekomst af resistens kan have haft væsentlig betydning for den stigning i væggelusforekomsten som det tyder på at der er sket gennem de seneste 10 år. Udover forekomst af resistens kan det naturligvis også spille ind, at der er sket en stigning i rejseaktiviteten eller ændrede bekæmpelsesstrategier mod andre skadedyr som f.eks. kakerlakker, der har betydet, at insekticider ikke længere sprøjtes bredt ud men snarere appliceres i en bait, der er specifikt rettet mod enkelte arter.

Et bedre kendskab til forekomst af resistens vil have betydning for hvilke bekæmpelsesmetoder, der kan anbefales, specielt fordi der på markedet kun er bekæmpelsesmidler med to forskellige klasser af aktivstoffer som involverer forskellige virkningsmekanismer. Det har stor betydning, fordi resistens oftest

retter sig mod virkningsmekanismer, således at resistens over for f.eks. et syntetisk pyrethroid også betyder, at populationen kan være resistent over for andre syntetiske pyrethroider.

Det langsigtede formål med projektet var således at forbedre mulighederne for forebyggelse og bekæmpelse af væggelus i Danmark, og det specifikke mål for projektet i løbet af projektperioden var at kortlægge udbredelse og betydning af insekticidresistens hos væggelus i Danmark. På den baggrund vil det være muligt at forbedre rådgivningen af såvel Miljøstyrelsen, som professionelle skadedyrsbekæmpere og den almindelige bruger vedrørende effektiviteten af de produkter, der i dag er godkendt til væggelusbekæmpelse.



## 2 Metodebeskrivelse

### 2.1 Væggeluspopulationer

#### 2.1.1 Indsamling

Væggelus er over en periode på ca. 2 år blevet indsamlet fra privatpersoner, der har kontaktet Skadedyrlaboratoriets konsultation, eller via skadedyrsbekæmpelsesfirmaer. Det har ikke været så let som forventet at finde passende lokaliteter, hvilket også har betydet, at den geografiske fordeling ikke har været optimal. I de fleste tilfælde er det Skadedyrlaboratoriets personale, der har indsamlet dyrene, men i nogle få tilfælde er dyrene indsamlet af andre og indsendt til laboratoriet. I forbindelse med de fleste indsamlinger er der udfyldt et skema med oplysninger om lokaliteten, om der er behandlet med insekticider, indikationer af hvordan væggelusene kan være blevet introduceret, og hvordan de har påvirket beboerne.

#### 2.1.2 Opformering

På trods af, at der i litteraturen er beskrevet metoder til kunstig fodring af væggelus (Montes *et al.* 2002), har dette ikke kunnet implementeres. Skadedyrlaboratoriet har en såkaldt "kunstig hund" (Figur 4), som i sin tid blev udviklet til at fodring af kattelopper. Den består af et termostatstyret vandbad, hvorfra vandet strømmer igennem en messingbeholder som derved kan holdes på en bestemt temperatur. I messingbeholderen er der huller til at anbringe glasrør med blod i. Glasrøret lukkes i den ene ende med Parafilm eller Nescofilm og anbringes, med denne ende nedad, ovenpå netlåget til væggelusbeholderen, som væggelusene kan suge blod gennem. Temperaturen skal indstilles således, at temperaturen af blodet holdes mellem 35-37°C, for at væggelusene er interesserede i at suge blod. Blodet, der anvendes, kommer fra nyslagt kvæg. Som antikoagulant er afprøvet oxalsyre, citrat og heparin. Det har vist sig, at heparin er den bedste antikoagulant til dette formål. Selvom væggelusene gerne vil spise blod med oxalsyre, så dør de af det i løbet af et par dage. Desuden viste det sig, at blodet ikke må fryses ned, som man ellers kan gøre til andre blodsugere, men skal opbevares på køl, hvilket begrænser holdbarheden til 1 uge. På det optøede blod sugede væggelusene en lille smule blod, men tog aldrig et fuldt måltid. Når der blev anvendt blod, som ikke har været frosset, fyldte væggelusene sig helt med blod, nymferne skiftede hud, og der blev observeret æg, som også klækkede. Desværre viste det sig, at der var meget stor variation i, hvor villige væggelusene var til at spise på den kunstige hund. Dette er også



Figur 4. "Den kunstige hund".

væggelusbeholderen, som væggelusene kan suge blod gennem. Temperaturen skal indstilles således, at temperaturen af blodet holdes mellem 35-37°C, for at væggelusene er interesserede i at suge blod. Blodet, der anvendes, kommer fra nyslagt kvæg. Som antikoagulant er afprøvet oxalsyre, citrat og heparin. Det har vist sig, at heparin er den bedste antikoagulant til dette formål. Selvom væggelusene gerne vil spise blod med oxalsyre, så dør de af det i løbet af et par dage. Desuden viste det sig, at blodet ikke må fryses ned, som man ellers kan gøre til andre blodsugere, men skal opbevares på køl, hvilket begrænser holdbarheden til 1 uge. På det optøede blod sugede væggelusene en lille smule blod, men tog aldrig et fuldt måltid. Når der blev anvendt blod, som ikke har været frosset, fyldte væggelusene sig helt med blod, nymferne skiftede hud, og der blev observeret æg, som også klækkede. Desværre viste det sig, at der var meget stor variation i, hvor villige væggelusene var til at spise på den kunstige hund. Dette er også

observeret i andre undersøgelser (Moore & Miller 2006). Desuden blev der observeret forholdsvis stor dødelighed (10-20% af de individer, der havde indtaget blod). I mindst ét tilfælde var der ekstra høj dødelighed efter en fodring, hvilket muligvis skyldtes rester af insekticider eller medicin (antibiotika) i blodet. Alle væggelus er afhængige af symbionte mikroorganismer for fordøjelse af det indtagne blod (Reinhardt og Siva-Jothy 2007), derfor kan de muligvis ikke tåle antibiotika. Selv meget lave restkoncentrationer af insekticider i blodet vil også være problematisk for væggelusene, som det kendes fra andre insekter (Sommer et al. 2001). Til sidst blev det besluttet at lade væggelusene spise på en frivillig person, og de blev anbragt i små glas med et finmasket net på. Glasset blev holdt mod huden i ca. 30 minutter, hvilket var nok til, at praktisk taget alle havde spist. Derefter var det tydeligt, at populationerne voksede meget hurtigt. Der var dog enkelte populationer bestående af få voksne hunner, som ikke lagde æg og derfor ikke kunne opformeres. Disse dyr blev testet alene.

## 2.2 Følsomhedstest

### 2.2.1 Dråbetest

I en dråbetest bliver testmidlet appliceret direkte på dyret i en nøje afmålt mængde. Fordelen ved dråbetest er, at den er let at udføre, og den anvendte mængde gift pr. væggelus kan bestemmes meget præcist. Til gengæld siger den ikke noget om, hvor meget gift dyret selv optager, når det bevæger sig hen over en behandlet overflade.

Vi udviklede og tilpassede en dråbetest metode (Finney 1971), som vi anvender rutinemæssigt til insekter, bl.a. hovedlus (Kristensen *et al.* 2006). Testen blev udført ved at sætte 1 µl dråber med forskellige koncentrationer af chlorpyrifos eller permethrin i acetone på individuelle væggelus. Væggelusene blev derefter opbevaret i klimarum ved 26°C og 65% relativ fugtighed og antallet af døde væggelus blev opgjort efter 24 og 48 timer. Der blev kun observeret små forskelle mellem 24 og 48 timer data (Appendiks 1 og 2), og vi valgte derfor at arbejde med dødeligheden efter 24 timer. Sammenhængen mellem koncentration af gift og dødelighed (LD = "lethal dose") for populationen kunne efterfølgende beregnes ved hjælp af en probit-analyse. På denne måde blev det basalt toksikologiske niveau for chlorpyrifos og permethrin bestemt på en følsomme stamme fra USA, det vil sige det dosisområde, hvor dødeligheden er større end 0 og mindre end 100%.

Da antallet af individer i de indsamlede populationer ikke var store nok til at lave egentlige følsomhedstest med flere doser, blev det besluttet at anvende en diskriminerende dosis til testene. Til det formål blev der anvendt en dosis af permethrin, som var 16 gange LD<sub>50</sub> for den følsomme population og for chlorpyrifos på 6 gange LD<sub>50</sub>. For begge stoffer svarer dette til ca. 2 gange LD<sub>99</sub>. Disse niveauer er så høje at selv enkelte overlevende individer viser at der er udviklet resistens.

### 2.2.2 Kontakttest - tarsal eksponering på kommercielle produkter

I en kontakttest afprøves følsomheden over for insekticider som ved en praktisk bekæmpelse. Der vælges én eller flere relevante overflader, der kan repræsentere de overflader eller typer af overflader, som væggelus kan forventes at blive eksponeret på i praksis. Insekterne eksponeres på disse behandlede overflader, og dødeligheden følges i et tidsrum. Formålet med dette er at få et indtryk af, hvorledes en behandling vil virke i praksis, og hvorledes de resistente dyr vil modstå bekæmpelsen.

Det er velkendt, at de behandlede overfladers beskaffenhed kan have en meget stor indflydelse på effektiviteten af et produkt (Vagn-Jensen 1990). Visse overflademidler som lak, maling osv. kan i nogle tilfælde reagere med midlet og dermed ændre koncentrationen af det aktivstof, som insekterne udsættes for. Det kan derfor vise sig, at en relativt lav resistens kan blive forstærket, hvis de behandlede overflader delvist nedsætter et produkts effektivitet. Glas blev valgt til denne forsøgsrække som repræsentant for glatte og hårde overflader, og fordi det udgør en inert overflade, som ikke reagerer med bekæmpelsesmidlet. Da der som tidligere nævnt ikke har været ubegrænsede mængder af væggelus til rådighed, blev det prioriteret bedst at gennemføre de fleste test på glas. Kunne der fremskaffes flere individer fra en given stamme, blev der først foretaget en test på hård masonit, og var der yderligere insekter til rådighed blev der også testet på ubehandlet fyrretræ. Disse to overflader er gode repræsentanter for materialer, der anvendes i møbler, paneler m.m. – steder hvor væggelus ynder at opholde sig.

Til test på glasoverfladerne anvendtes 4 mm vinduesglas på 15 × 15 cm. Glasset blev inden forsøget rengjort i en 5% Deconex-opløsning. Til behandling på masonit anvendtes plader på 10 × 10 cm, og til test på træ 10 × 6,5 cm fyrretræ.

Der blev anvendt 3 velkendte, kommercielt tilgængelige produkter beregnet til bekæmpelse af krybende og kravlende insekter. Produkterne indeholdt henholdsvis 25 % (w/w) deltamethrin (K-othrine SC25), 0,238% permethrin + 0.05% bio-allethrin (Kvit mod myrer) og 20,8% (w/w) mikroindkapslet chlorpyrifos (Empire 20).

Til behandlingen blev K-othrine 25SC-koncentratet og Empire 20 fortyndet med vand, så det gav en dose i overensstemmelse med etiketten ved behandling til "run off" (en mængde der svarer til, at det vil begynde at løbe af en lodret flade). Ved en fejl blev der kun brugt ca. 25 % af den anbefalede brugs-koncentration af Empire 20. På trods af denne fejl fremlægges også disse data, da fejlen ikke har betydning for de væsentligste dele af konklusionen. Permethrin-produktet (Kvit mod myrer) var et "Klar til brug" produkt, der derfor blev anvendt ufortyndet i den anbefalede dosis.

Doserne af aktivstofferne der blev brugt ved behandlingen var således henholdsvis 19,6 mg deltamethrin pr. m<sup>2</sup>, 57,6 mg permethrin pr. m<sup>2</sup> (+12 mg d-trans allethrin pr. m<sup>2</sup>) og 53 mg chlorpyrifos pr. m<sup>2</sup>. De to første doser svarer nogenlunde til de doser, der anbefales til generel bekæmpelse af krybende og kravlende skadedyr med de respektive produkter (15 mg deltamethrin pr. m<sup>2</sup> eller 48 mg permethrin pr. m<sup>2</sup> + 10 mg d-trans allethrin pr. m<sup>2</sup>). Hvorimod anbefalingen for chlorpyrifos lyder på 208 mg/m<sup>2</sup>. I alle tilfælde blev vand brugt som kontrolbehandling og til fortynding.

Alle overflader blev behandlet ved hjælp af et Potter Precision Spray Tower (Burkard, Rickmansworth, UK). Dette er et sprøjtetårn, der er konstrueret til at overfladebehandle små arealer på ca. 100-200 cm<sup>2</sup> med en helt præcis mængde sprøjtemiddel udlagt i et helt jævnt lag. Efter at pladerne havde tørret et døgn ved stuetemperatur, blev væggelusene placeret på de behandlede overflader. Der blev brugt 5 voksne væggelus til hver gentagelse, undtagen hvor der ikke var tilstrækkeligt antal dyr i en stamme. I nogle tilfælde blev forsøgene suppleret med nymfer eller blot gennemført med det antal dyr, det var muligt at skaffe. Væggelusene blev eksponeret på overfladerne i 40 minutter hvor dødeligheden blev registreret hvert femte minut. Efter 40 minutter blev dyrene overført til rene bure, og dødeligheden blev registreret efter 2, 4, 24 og 48 timer. Alle væggelus var nyligt blodfodrede.

### 2.3 Statistisk analyse

Til beregning af letale doser og til fastsættelse af de diskriminerende doser anvendtes en probit-analyse (SAS ver 9.1). På baggrund af en regressionsanalyse relateret til en standard normal fordeling, beregnes de relevante LD værdier. I de tilfælde hvor der var tilstrækkeligt antal doser med dødelighed over 0 og under 100% beregnedes også de tilhørende fiducial limits (grænserne, inden for hvilke en parameter med 95% sandsynlighed forventes at ligge). Disse data danner baggrund for udvælgelsen af de relevante diskriminerende doser og sammenligningerne mellem de enkelte stammers resistensmønstre. I forbindelse med tarsaltestene er det valgt ikke at lave statistiske sammenligninger mellem de enkelte stammer og midler. Dette skyldes, at der langt overvejende er tale om 100% eller 0% dødelighed, hvilket betyder, at der ikke er nogen varians, hvorfor en statistisk sammenligning ikke er mulig.

# 3 Resultater

## 3.1 Indsamling og opformering af væggeluspopulationer

Der er igennem projektet indsamlet væggelus fra i alt 33 populationer (Tabel 1). På grund af problemerne i starten af projektet med at få væggelusene til at spise, uddøde en del populationer. Antallet af populationer, som er blevet testet, er 20. Derudover er der importeret en population fra USA, som har været i kultur siden 1973, og i denne tid har den så vidt vides ikke været udsat for pesticider. Den betragtes derfor som en følsom referencestamme. Den samme stamme er også blevet brugt som reference i to nyere resistensundersøgelser fra USA (More og Miller 2006, Romero *et al.* 2007).

Tabel 1. Informationer om populationer indsamlet i projektet. Kolonnen "Res. test" angiver om populationen blev testet for resistens. Oplysninger mangler om populationerne 2, 11, 14 og 21, som alle var forgiftede eller døde ved ankomsten til laboratoriet.

#	Dato	Post nr.	Res. test	Baggrund /rejser - mulig introduktion	Behandlet	Gener
1	15/2 2005	5700	÷	Fundet på hotel	Vides ikke	Vides ikke
2	1/4 2005	Ikke oplyst	÷	Vides ikke	Vides ikke	Vides ikke
3	12/5 2005	1401	÷	Madagascar jan 05	Nej	Kun 1 person, reagerede ikke meget på bid, rigtig mange dyr
4	5/6 2005	1432	÷	Vides ikke, men beboer siger at der er væggelus i andre huse på Christiania	Nej	Kun 1 person, meget generet af bid, få dyr
5	7/7 2005	2635	÷	Vides ikke, ingen rejser	Nej	
6	7/9 2005	2720	÷	Ecuador ca. 6 mdr. tidligere	Nej	Vides ikke, kun 2 dyr fundet
7	16/9 2005	2670	÷	Havde boet i lejligheden i 6 mdr., ingen rejse	Nej	Vides ikke
8	19/10 2005	9260	+	Havde modtaget tæppe fra Iran	Nej	Vides ikke
9	26/10 2005	4200	+	Spanien juli 05	Nej	Vides ikke
10	12/12 2005	8000	+	Vides ikke	Nej	Vides ikke, men der var mange væggelus
11	19/1 2006	Ikke oplyst	÷	Vides ikke	Vides ikke	Vides ikke
12	9/2 2006	2400	+	Marocco feb 05, Polen aug 05, Ungarn dec 05	D-trans allethrin/ Bioresmethrin	1 person i husstand, bidt i en uges tid, men der var rigtig mange dyr, så de havde været der længe
13	20/2 2006	2620	÷	USA ca. 6 mdr. tidligere, væggelus set siden da	Vides ikke	Par, hvor kvinden var mest generet
14	16/3 2006	?	÷	Vides ikke	Vides ikke	Vides ikke
15	29/3 2006	4600	+	Tenerife dec 05	Nej	Par, hvor kvinden var mest generet, men fandt dyr i begge sider af sengen
16	25/4 2006	2300	+	Frankrig aug 05	Ethanol	Kun 1 person, ikke voldsomt generet, selvom der var mange dyr
17	1/5 2006	6500	+	Vides ikke	Nej	Par, hvor manden var generet
18	16/5 2006	2200	+	Barcelona ca 1 år tidligere, hvor han blev bidt, fortsatte efter hjemkomst; sprøjtet så de forsvandt men er dukket op igen 2 mdr tidligere	D-trans allethrin/ Bioresmethrin 9-10 mdr tidligere	Kun 1 person
19	6/7 2006	9990	+	Vides ikke	Nej	Kun 1 person
20	25/7 2006	2100	÷	Sydspanien aug 05, væggelus set de sidste 1½ mdr.	Vides ikke	Datter og lejer
21	28/7 2006	Ikke oplyst	÷	Vides ikke	Vides ikke	Vides ikke

		oplyst					
22	15/8 2006	4600	+	Tenerife jan 06	Permethrin	Børn + mor; et barn reagerer kraftigt, et andet mindre	
23	11/9 2006	3700	+	Vides ikke	Nej	Vides ikke	
24	12/9 2006	9982	÷	Udlejnings sommerhus	Nej	Lejere	
25	18/9 2006	2000	+	Holland mar 06	Nej	Begge (mor+datter)	
26	21/9 2006	1879	+	Berlin jun 06, London feb 06; 2 mdr. Tidligere havde der boet en anden person i lejl., som havde haft væggelus	Nej	Kun 1 person	
27	20/11 2006	1705	+	Væggelusene havde tydeligvis været der længe	Nej	Kun 1 person, ikke generet, havde haft dem længe	
28	17/11 2006	2000	+	Frankrig juni, bidt på hotel	Nej	Kun 1 person, mærker bid men intet udslæt	
29	4/12 2006	1718	+	New York juni, bidt på hotel	Nej	Par, hvor kvinden var bidt siden rejse, manden senere. Begge reagerer svagt	
30	17/1 2007	2100	+	Sommerferie men ikke set væggelus	Nej	Par, hvor begge bliver bidt, kun kvinden reagerer lidt	
31	18/1 2007	2100	+	Hostel i England sommer 06 hvor der var væggelus	Nej	Kun 1 person, reagerer lidt	
32	13/3 2007	3550	+	Kreta sommer 06	Nej	Par, hvor kvinden bliver bidt	
33	8/5 2007	8370	+	Italien sommer 06	Nej	Vides ikke	

## 3.2 Følsomhed

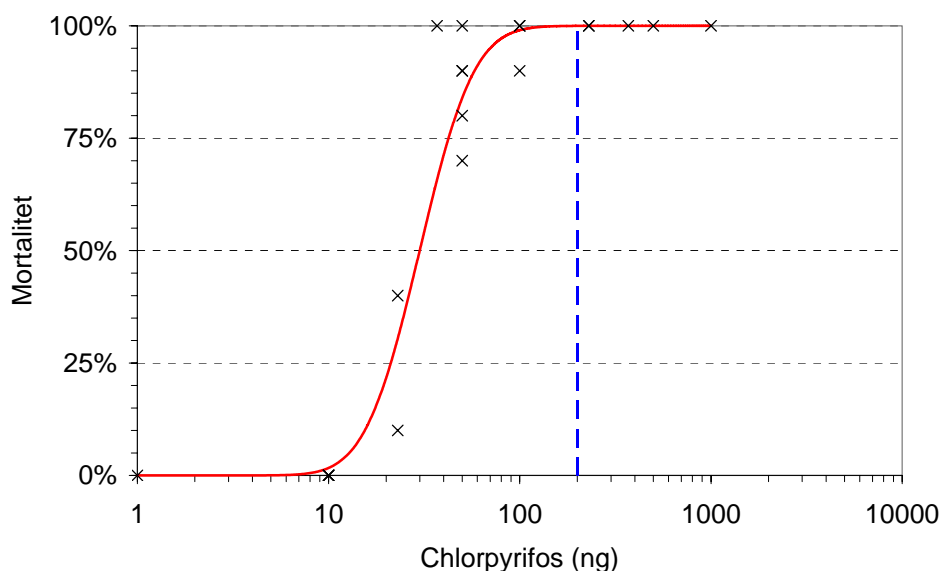
### 3.2.1 Basislinie i dråbetest

Det basale toksikologiske niveau for chlorpyrifos hos den følsomme væggeluspopulation ("US") blev fastlagt eksperimentelt fem gange ved dråbetestforsøg med i alt 226 væggelus (Appendiks 1). Data fra hvert af de 5 forsøg og på de samlede data fra alle forsøg, blev analyseret ved probitanalyse. LD<sub>50</sub>, som angiver den mængde gift, der dræber halvdelen af væggelusene i forsøget, varierede mellem 22 og 39 ng chlorpyrifos i de fem forsøg (Tabel 2). LD<sub>50</sub> (95% fiducial limits er angivet i parentes) på de samlede data fra alle forsøg var 30,0 (24,4-35,4) ng chlorpyrifos, og LD<sub>95</sub> og LD<sub>99</sub> blev beregnet til henholdsvis 70,0 (56,2-101) ng chlorpyrifos og 99,5 (74,8-166) ng chlorpyrifos. På basis af disse resultater blev det besluttet at fastsætte den diskriminerende dosis til 200 ng chlorpyrifos, hvilket svarer til ca. 6 gange LD<sub>50</sub> eller 2 gange LD<sub>99</sub> (se Figur 5). Dette er en arbitrært fastsat grænse, da der ikke foreligger nogen standard for dette. Med en dosis på 2 gange LD<sub>99</sub> kan man være sikker på at eventuelle overlevende dyr skyldes nedsat følsomhed.

Tabel 2. Resultater af probitanalyse af data fra dråbetest med chlorpyrifos på den følsomme stamme "US".

Dato	n	Doser	LD <sub>50</sub> (95% f.l.) ng chlorpyrifos	LD <sub>95</sub> (95% f.l.) ng chlorpyrifos	Hældning (± SEM)	χ <sup>2</sup> (df)	P>χ <sup>2</sup>
290307	56	6	33,9 (25,7-44,6)	55,7 (42,9-118)	7,6 ± 2,2	0,00 (3)	1,0
200307	60	6	35,0 <sup>a</sup>	118 <sup>a</sup>	3,1 ± 1,7	0,14 (3)	0,99
270306	30	3	39,1 <sup>a</sup>	53,6 <sup>a</sup>	12		
270306	50	5	25,3 <sup>a</sup>	53,7 <sup>a</sup>	5,0 ± 2,3	5,5 (2)	0,06
300106	30	6	22,4 <sup>a</sup>	26,3 <sup>a</sup>	23	0,00 (3)	1,0
Samlet	226	11	30,0 (24,4-35,4)	70,0 (56,2-101)	4,5 ± 0,7	8,3 (8)	0,41

<sup>a</sup> Fiducial limits kan ikke beregnes



Figur 5. Sammenhæng mellem dosis chlorpyrifos og dødelighed på den følsomme stamme ("US"). Observerede dødelighed i alle test (hvert kryds markerer resultatet af en test) med den tilhørende probit-kurve. Den blå stiplede linie angiver den diskriminerende dosis.

På tilsvarende måde blev det basale toksikologiske niveau for permethrin hos den følsomme væggelusstamme, fastlagt eksperimentelt fire gange ved dråbe-

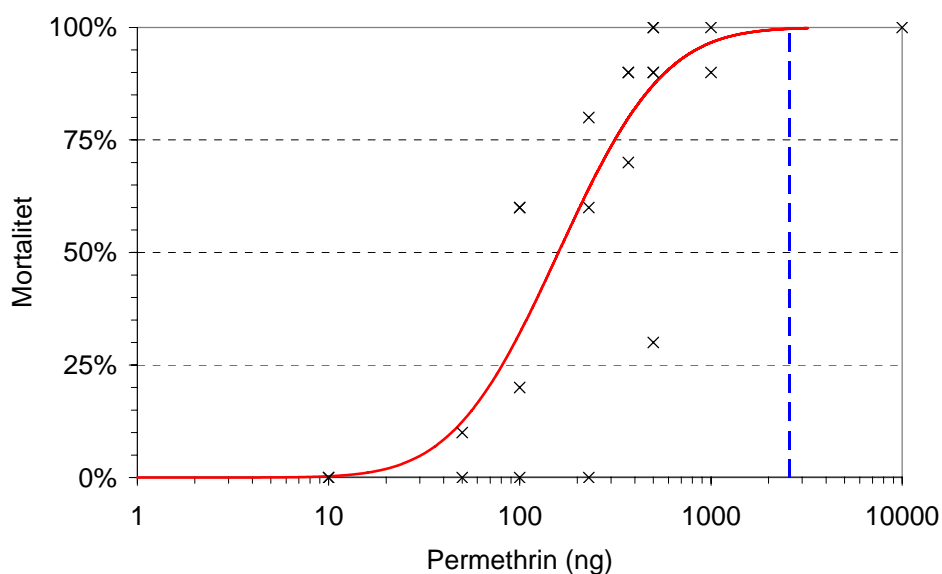


testforsøg med totalt 230 væggelus (Appendiks 2). LD<sub>50</sub> varierede mellem 93,8 og 360 ng permethrin (Tabel 3). LD<sub>50</sub> (95% fiducial limits er angivet i parentesen) på de samlede data fra alle forsøg var 159 (125-198) ng permethrin, og LD<sub>95</sub> og LD<sub>99</sub> blev beregnet til henholdsvis 832 (581-1.460) ng permethrin og 1.650 (1.020-3.600) ng permethrin. På basis af disse resultater blev den diskriminerende dosis fastsat til 2.560 ng permethrin, hvilket svarer til 16 gange LD<sub>50</sub> eller knap 2 gange LD<sub>99</sub> (se Figur 6). Dette er også et arbitrært valg som skal sikre at eventuelle overlevende blandt de feltindsamlede stammer skyldes nedsat følsomhed.

Tabel 3. Resultater af probitanalyse af data fra dråbetest med permethrin på den følsomme stamme "US".

Dato	n	Doser	LD <sub>50</sub> (95% f.l.) ng permethrin	LD <sub>95</sub> (95% f.l.) ng permethrins	Hældning (± SEM)	χ <sup>2</sup> (df)	P>χ <sup>2</sup>
241006	80	8	93,8 (48,1-150)	768 (412-2.770)	1,8 ± 0,38	2,4 (5)	0,79
010606	60	6	360 <sup>a</sup>	391 <sup>a</sup>	45	0,00 (3)	1,0
270306	60	6	125 (67,0-189)	673 (375-3.320)	2,3 ± 0,59	2,9 (3)	0,41
300106	30	6	119 <sup>a</sup>	166 <sup>a</sup>	11	0,00 (3)	1,0
Samlet	230	9	159 (125-198)	832 (581-1.460)	2,3 ± 0,30	6,8 (6)	0,34

<sup>a</sup> Fiducial limits kan ikke beregnes

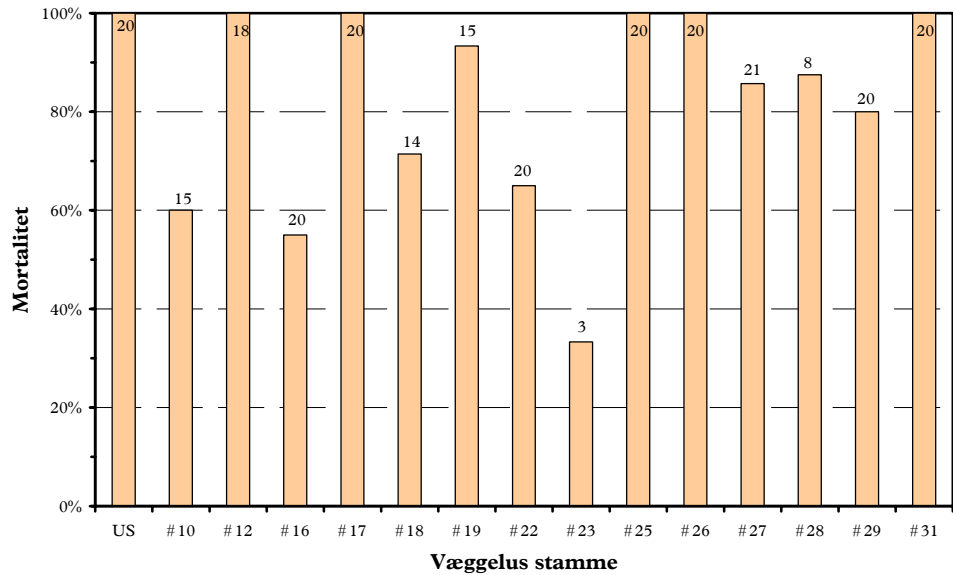


Figur 6. Sammenhæng mellem dosis permethrin og dødelighed på den følsomme stamme ('US'). Observerede dødelighed i alle test (hvert kryds markerer resultatet af en test) med den tilhørende probit-kurve. Den blå stiplede linie angiver den diskriminerende dosis.

### 3.2.2 Indsamlede populationer

Fjorten indsamlede prøver kunne testes i dråbetest for chlorpyrifos-resistens med den diskriminerende dosis: 1 µL 0,02% chlorpyrifos svarende til 200 ng chlorpyrifos pr. væggelus. Kontrol dødeligheden, det vil sige dødeligheden af ikke-forgiftede væggelus (N=59), var nul (Appendiks 3). Referencestammen ('US') blev også testet, og her var dødeligheden 100%.

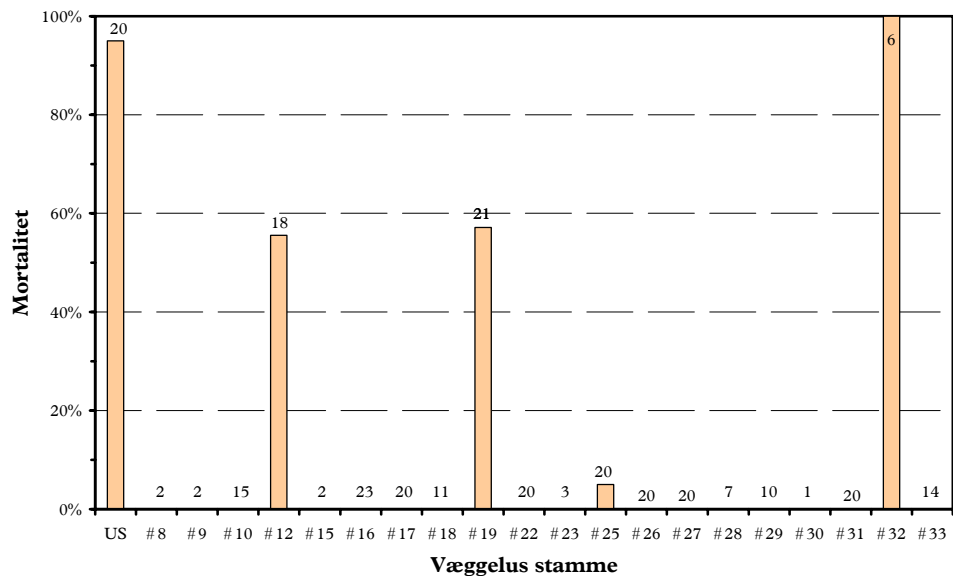
I fem prøver kunne alle væggelus dræbes med den diskriminerende dosis (Figur 7). I fire prøver døde minimum 80% af væggelusene, og i fire andre lå mortaliteten mellem 50 og 80%. Prøve #23, som dog kun bestod af 3 individer, havde den laveste mortalitet (33,3%).



Figur 7. Resultater fra dråbetest med diskriminerende dosis chlorpyrifos på feltindsamlede væggeluspopulationer og den følsomme stamme "US". Tallene over hver søjle angiver antallet af individer i testen.

Tyve indsamlede prøver kunne testes i dråbetest for permethrin-resistens med den diskriminerende dosis: 1 µL 0,256% permethrin svarende til 2.560 ng permethrin pr. væggelus. Kontrol dødeligheden var ubetydelig, idet der kun i ét tilfælde (prøve #10) blev observeret en død væggelus i kontrolprøven (N = 50) (Appendiks 4). Ud af 20 individer fra referencestammen ('US') som blev testet, overlevede en (5%).

I 16 prøver kunne ingen væggelus dræbes med den diskriminerende dose (Figur 8). I prøverne #12 og #19 døde knap 60% af væggelusene, og i prøve #32 blev alle af 6 testede væggelus dræbt.

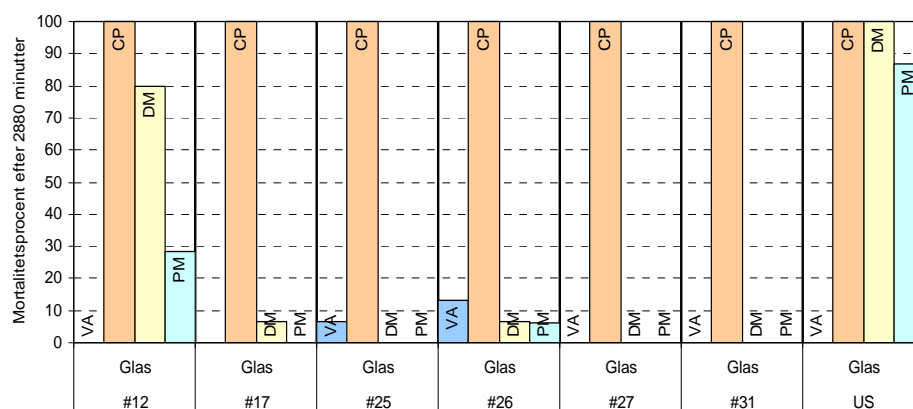


Figur 8. Resultater fra dråbetest med diskriminerende dosis permethrin på feltindsamlede væggeluspopulationer og den følsomme stamme "US". Tallene over hver søjle angiver antallet af individer i testen.

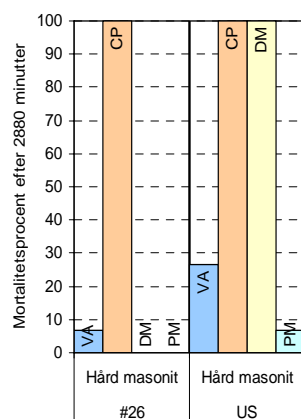
### 3.2.3 Kontakttest

Resultaterne af tarsaltesten viser nogenlunde det samme billede som i dråbetestene. Generelt er der meget ringe effekt af de to persistente syntetiske pyrethroider, permethrin og deltamethrin (Figur 9 og Appendiks 5). På en af de seks testede feltstammer (#12) var der en vis effekt af både deltamethrin og permethrin, henholdsvis 80% og 29% mortalitet. Den samme stamme var også et af de få eksempler på nedsat følsomhed og ikke fuld resistens i dråbetestene (Figur 8). På trods af den reducerede dosis der blev anvendt, var der en meget høj effekt af den mikroindkapslede chlorpyrifos, idet der i næsten alle tilfælde opnås en fuldstændig dødelighed inden for de første par timer af eksperimentet. Eneste undtagelse fra denne generelle tendens er stamme #31, hvor et enkelt individ først kunne registreres som død efter 2880 minutter (2 døgn).

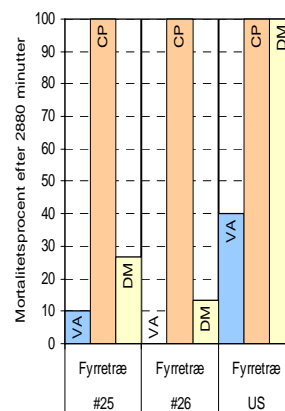
A



B



C



Figur 9. Dødelighed for de enkelte stammer ved eksponering på A) glas, B) hård masonit og C) fyrretræ behandlet med de forskellige insektmidler. VA = vand, CP = chlorpyrifos, PM = permethrin og DM = deltamethrin.

De få populationer som det var muligt at teste på hård masonit og fyrretræ antyder at permethrin er om end endnu mindre effektivt når det appliceres på hård masonit, idet mortaliteten af den følsomme stamme (US) blev reduceret til 6,7%. Permethrin blev ikke testet på fyrretræ. Af ukendte årsager var kontrol dødeligheden af den følsomme stamme forhøjet på både hård masonit (27%) og fyrretræ (40%).

## 4 Diskussion

Resistens over for insekticider kan skyldes ændringer i 1) afgiftningsenzymers aktivitet, 2) binding af insekticid til nerve, 3) insektets adfærd, eller 4) giftens indtrængen. Resistens kan måles ved biologiske eller biokemiske metoder. Generelt anvendes i første omgang biologisk assay, hvor der etableres en dosis-respons over for insektgiftene. Når man har et billede af dosis-responset hos følsomme og resistente populationer af væggelus, kan der ved større undersøgelser af resistensens udbredelse anvendes diskriminerende doser til at adskille følsomme og resistente populationer. Det er denne model, vi har anvendt i denne undersøgelse, hvor vi på baggrund af nogle få væggelusestammer har fastlagt de diskriminerende doser og ud fra dem har screenet flere indsamlede stammer

### 4.1 Resistensstatus

Resultaterne af denne undersøgelse har vist, at der er resistens mod de to pyrethroider, permethrin og deltamethrin, blandt de indsamlede danske væggeluspopulationer. Organofosfaten chlorpyrifos ser derimod ud til fortsat at være effektiv til trods for, at enkelte populationer udviser en lidt nedsat følsomhed og dermed også øget risiko for udvikling af resistensniveauer, der kan føre til bekæmpelsessvigt. Tarsaltesten viste dog, at alle de indsamlede populationer døde ved eksponering på behandlede glasflader, også selv om dosen kun var 1/4 af den anbefalede dosis. Grunden til at dyrene virker mere følsomme i tarsaltesten i forhold til dråbetesten er at behandlingen i tarsaltesten var med det færdigformulerede produkt, hvor chlorpyrifos er mikroindkapslet. Det vil sige at aktivstoffet ligger i nogle meget små kapsler som dyrene får på sig og derefter indtager når de renser sig. På denne måde udsættes de for en ekstra stor dosis i forhold til hvis aktivstoffet bare var sprøjtet ud.

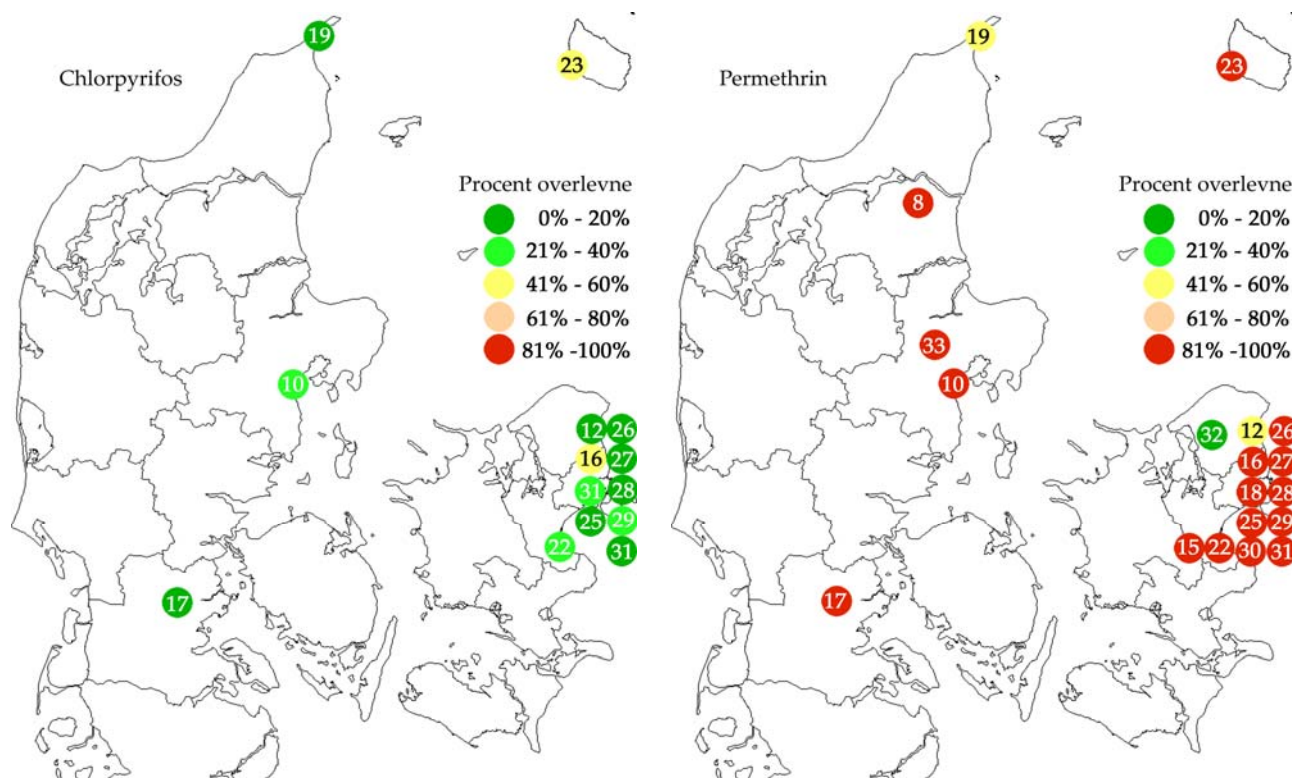
Resultaterne af denne undersøgelse passer godt overens med de nyeste udenlandske undersøgelser. Moore og Miller (2006) testede en feltindsamlet stamme fra Virginia, USA, på deltamethrin og fandt, at den var resistent ( $LT_{50}$ =14 dage mod 1 time på følsom referencestamme). Romero *et al.* (2007) testede 16 feltindsamlede stammer fra forskellige steder i USA og fandt, at der var udbredt resistens: 14 af 16 stammer var meget resistente, én havde nedsat følsomhed, og én var følsom, når den blev testet på deltamethrin og sammenlignet med to følsomme laboriestammer. I begge undersøgelser fra USA brugte man den samme referencestamme, som også er brugt i vores undersøgelse, hvilket øger sammenligneligheden. Endelig er der en rapport fra England (Boase *et al.* 2006), hvori tre feltindsamlede stammer blev testet på  $\alpha$ -cypermethrin (pyrethroid) og bendiocarb (carbamat) og sammenlignet med tre laboriestammer. To af de tre feltstammer var resistente mod begge insekticider, og den sidste havde nedsat følsomhed.

Resultaterne af de forskellige undersøgelser er dog ikke helt sammenlignelige, fordi der er anvendt forskellige metoder til selve testen. I alle de tre tidligere undersøgelser er dyrene eksponeret på behandlede overflader, hvilket er mest sammenligneligt med vores tarsaltest. I undersøgelsen af Romero *et al.* (2007) blev væggelusene anbragt på et stykke filterpapir behandlet med en diskriminerende dosis, og dødeligheden blev observeret efter 24 timer. Boase *et al.* (2006) brugte samme metode, men opgjorde dødeligheden efter 48 timer.

Moore og Miller (2006) anbragte væggelusene på behandlede plader af hård masonit og opgjorde dødeligheden med mellemrum og bestemte  $LT_{50}$ . Dråbetesten, som blev anvendt i vores undersøgelse, har den fordel, at man ved præcist, hvilken mængde giftstof dyrene udsættes for. I en tarsaltest vil mængden afhænge af dyrenes aktivitet: meget aktive dyr vil samle meget giftstof op, hvorimod dyr, der sidder stille, vil samle mindre op. Til gengæld svarer tarsaltesten mere til den situation, som dyrene udsættes for i virkeligheden. Det er også årsagen til, at begge metoder er inkluderet i denne undersøgelse.

#### 4.2 Resistensudbredelse

De tyve indsamlede populationer er ganske vist ikke helt jævnt fordelt over hele Danmark (Figur 10), men har en overvægt fra hovedstadsområdet. Dette anses dog ikke som noget væsentligt problem, da langt de fleste væggelustilfælde sandsynligvis er blevet introduceret via rejser, besøgende, transport af møbler eller lignende. Så den aktivitet må formodes at foregå over hele landet, hvorfor man ikke vil forvente markante geografiske forskelle i Danmark. Samme konklusion blev også opnået af Romero *et al.* (2007) i undersøgelsen af 16 populationer i USA. Under alle omstændigheder er det et praktisk problem for bekæmpelsen af væggelus i Danmark, at 17 ud af 20 tilfældigt indsamlede populationer (altså ikke fra lokaliteter hvor der har været bekæmpelsesvigt) er meget resistente over for repræsentanten for de syntetiske pyrethroider, permethrin.



Figur 10. Geografisk fordeling og resistensstatus (baseret på den diskriminerende dråbetest) for de indsamlede populationer.

### 4.3 Væggelusproblemer i Danmark

I løbet af de tre år, projektet har kørt, har der været kontakt til mange forskellige personer, som har haft problemer med væggelus, og der er blevet undersøgt mange lokaliteter for forekomst af væggelus. Sammen med oplysningerne fra spørgeskemaerne (Tabel 1) har det tegnet et billede af væggelusproblemerne i Danmark.



Figur 11. Væggelusgemmesteder mellem gulvbrædder og ved fodpaneler. De sorte pletter er væggelus ekskrementer

På mange af de undersøgte lokaliteter kan introduktionen af væggelus muligvis henføres til rejser i udlandet - ofte omkring et halvt år tidligere. Naturligvis er det svært med sikkerhed at sige, hvor væggelusene kommer fra. I de mest oplagte sager er personerne blevet bidt på rejsen, på hotellet eller lignende, og det er så fortsat efter hjemkomsten. At der går nogen tid fra rejsens afslutning, til væggelusene bliver opdaget, kan skyldes, at man ofte kun får nogle enkelte dyr med hjem. Det er først, når de er blevet til flere, hvilket godt kan tage et par måneder, at man opdager dem. Hvor hurtigt, de opdages, er naturligvis også afhængigt af, hvor kraftigt man reagerer på biddene. Der har været enkelte tilfælde, hvor populationerne har udviklet sig meget kraftigt, muligvis fordi beboerne ikke reagerede på biddene.

I to tilfælde, hvor der var meget voldsomme infestationer, havde væggelusene bredt sig til andre lejligheder over, under eller ved siden af den oprindelige. De kan endda sprede sig til andre opgange. I ét tilfælde var det sandsynligvis en pose med brugt babytøj, der bragte væggelusene fra en lejlighed til en anden. I andre tilfælde er de tilsyneladende selv vandret fra én lejlighed til en anden, uden man dog har kunnet finde passagen.

Det er velkendt, at specielt produkter med permethrin kan virke afskrækkende over for insekter (Buescher *et al.* 1987), så man kunne frygte, at bekæmpelsesforsøg med permethrinprodukter kunne drive væggelusene ind til nabobeboelser. Moore og Miller (2006) har dog for nylig vist, at permethrin ikke virker

afskrækkende på væggelus, så denne frygt er sandsynligvis ubegrundet i dette tilfælde.

Der er ikke lavet nogen systematisk opgørelse af, hvor i beboelsen man specielt finder væggelusene, men der er næppe tvivl om, at området omkring sengen er det sted, hvor man oftest finder de fleste væggelus. Specielt under sengen i samlinger som f.eks. af trærammer, eller hvor stof er hæftet fast på en træramme. I visse tilfælde kan man også finde væggelusene mellem gulvbrædder (Figur 11) eller andre steder, hvor der er smalle sprækker og revner som f.eks. ved fodpaneler eller bag billeder og lamper på væggen. Der har været flere tilfælde, hvor der også er fundet enkelte væggelus ved en sofa eller lignende, som beboerne har sovet på, fordi de har været for generet at væggelusbid i sengen. Derfor er det vigtigt at rådgive personer med væggelus om, at de skal være meget forsigtige med at skifte soveplads, fordi man derved risikerer at sprede væggelusene inden for boligen, specielt hvis man flytter rundt på sengetøj og lignende uden først at sikre sig, at det er frit for væggelus (nyvasket).

## 5 Konklusion

Denne undersøgelse har vist, at resistensniveauet blandt tyve feltindsamlede væggeluspopulationer over for permethrin er meget højt, og i de fleste tilfælde havde permethrin slet ingen effekt. Derimod var resistensniveauet over for chlorpyrifos moderat, og i de fleste tilfælde havde chlorpyrifos fuld effekt over for væggelus, specielt når det færdigformulerede produkt blev anvendt i en tarsaltest. Samlet set må chlorpyrifos betragtes som velegnet til bekæmpelse af væggelus. Alle de testede populationer udviste moderat til høj resistens mod permethrin og deltamethrin, hvorfor der er stor risiko for at også andre danske væggeluspopulationer er resistente mod syntetiske pyrethroider. Resultaterne kan også give bekymring i forhold til andre pyrethroider, fordi der sandsynligvis er eller hurtigt kan udvikles resistens på grund af den samme virkemekanisme på insekterne.



# 6 Perspektiver

## 6.1 Betydning for bekæmpelsesstrategier

Der er ingen tvivl om, at med de resistensniveauer mod pyrethroider, der er observeret her, vil det ikke være nogen god ide at bruge dem til bekæmpelse af væggelus. Hvis chlorpyrifos forsvinder helt ud af markedet, og der ikke kommer nye aktivstoffer til, hvilket der ikke er tegn på for nærværende, vil der sandsynligvis opstå store problemer med væggelusbekæmpelsen. Spørgsmålet er, hvilke nye muligheder man kunne tænke sig. I USA har man gjort sig mange tanker om det, fordi de i nogle områder har endnu større problemer med væggelus end dem, der er set her i Danmark. Nogle af de muligheder der nævnes, er damp- eller varmluftsbehandling, indkapsling af madrasser i væggelustætte hylstre, eller brug af diatomé-jord og silicaprodukter (Potter *et al.* 2007) som er kendt specielt fra bekæmpelse af lagerskadedyr. Under alle omstændigheder vil det dreje sig om mere komplicerede bekæmpelsesstrategier, som vil forudsætte et bedre kendskab til væggelusenes biologi og adfærd. Der vil sandsynligvis være et stort behov for metoder til lokalisering af aktive infestationer, således at man ved, hvor bekæmpelsen skal rettes hen, og hvornår infestationen i et givet område med sikkerhed er nedkæmpet.

## 6.2 Yderligere forskningsbehov

Det er vores vurdering, at der skal lægges op til helt nye strategier i forbindelse med væggelusbekæmpelsen. Meget tyder på at insekticider vil spille en væsentlig mindre rolle end de har gjort hidtil og derfor skal der satses på strategier, der bygger på et langt mere detaljeret kendskab til dyrenes biologi og fysiologi, end vi har i dag. Specifikt kan nævnes et meget stort behov for en dybere forståelse af deres kemiske kommunikation, hvad angår såvel feromoner, aggregeringsstimulerende stoffer, og stoffer der bruges til at finde frem og tilbage fra en vært. På sigt kan dette forhåbentligt føre til teknikker og teknologier, hvor man kan detektere selv få dyr og på den måde blive advaret i tide. I USA bliver der allerede brugt specialtrænede hunde til at opsnuse væggelus. Man kan også forestille sig muligheden af at kunne lokke væggelusene til bestemte områder (fælder og lignende), hvor man kan dræbe dem. Som nævnt tidligere er fysisk-virkende bekæmpelsesmetoder som varme, damp eller silicaprodukter også en mulighed, og specielt for den sidstnævnte er der behov og potentiale for yderligere forskning og udvikling i retning af effektive bekæmpelsesmetoder. Endelig er der den mulighed, at man kan finde eller udvikle nye effektive insektdræbende stoffer eller applikationsmetoder, der kan bruges i bekæmpelsen, men umiddelbart, på kort sigt, virker det ikke som en farbar vej.

## 6.3 Anbefalinger mht. bekæmpelse af væggelus

Følgende anbefalinger gælder generelt ved bekæmpelse af væggelus, med den forudsætning at der er effektive insekticider tilgængelige:

Find, hvor væggelusene er. Undersøg området meget omhyggeligt, helst med en kraftig lommelygte, for at finde spor efter væggelus. Undersøg især de steder, hvor beboerne sover. Se efter i revner og sprækker af enhver karakter, f.eks. i og under senge, ved fejelister, fodpaneler, bag billeder, i lyskontakter, bag løst tapet, i møbler tæt ved sovesteder osv. Selve sengen kan det være nødvendigt at skille ad.

En meget grundig rengøring, specielt støvsugning af hele området, hvor væggelusene findes, gør en senere behandling langt mere effektiv. Løsøre, der kan tåle frysning eller varm vask, kan få en sådan behandling. For at være sikker på, at kulden er nået helt ind i en tyk pose med tøj, regner man med 2 døgn i fryseren. Fryseren må ikke pakkes tæt, der skal være god plads til luftcirkulation. Støvsugerposen bør også en tur i fryseren for at dræbe væggelus, der er suget op. Tøj og lignende kan også behandles ved vask (60°C) eller i tørretumbler.

Selve behandlingen med insektmiddel foregår således i rene og ryddede områder. Der kan behandles med langtidsvirkende insektmidler, der enten pudres eller sprøjtes ind i sprækker og revner alle de steder, hvor væggelusene kan opholde sig. Dette gælder også møbler og ikke mindst senge. Dog således, at man ikke kan komme i kontakt med insektmiddel når man benytter møblerne eller sover i sengene. Generel fladesprøjtning af vægge og gulve er ikke tilrådelig. Det kan dog være nødvendigt at lave spærrebælter omkring sengen, således at væggelus, der søger efter føde, vil være tvunget til at passere hen over disse bælter.

Genbehandling efter 14 dage og en opfølgning, hvor beboerne informeres om, hvor og hvordan de skal holde øje med, om væggelusene dukker op igen. Med udgangspunkt i nærværende undersøgelse må det konstateres, at så længe, der er mulighed for at anvende godkendte præparater med chlorpyrifos, vil det være et fornuftigt valg, da disse skønnes at være effektive de fleste steder. Næsten alle indsamlede væggelus, der blev afprøvet, udviste resistens over for de syntetiske pyrethroider, de blev testet med. Behandling med disse midler vil derfor kræve en meget grundig opfølgning for at sikre, at de virker tilstrækkeligt effektivt.

Meget tyder på, at det inden for en meget overskuelig tid kan blive vanskeligt at få effektive, godkendte præparater til bekæmpelse af væggelus i Danmark. Nærværende undersøgelse kan ikke præsentere en løsning på dette problem.

# Referencer

Barnes S (1945) The Residual Toxicity of DDT to Bed-Bugs (*Cimex-Lectularius*, L). Bulletin of Entomological Research 36:273-282.

Boase C (2001) Bed bugs – back from the brink. Pesticide Outlook, August 2001, 159-162.

Boase C, Small G & Naylor R (2006) Interim report on insecticide susceptibility status of UK bedbugs. Professional Pest Controller. Summer 2006: 12-13.

Busvine JR (1958) Insecticide-resistance in bedbugs. Bulletin WHO 19:1041-1052.

Buescher MD, Rutledge LC & Wirth RA (1987) Studies on the comparative effectiveness of permethrin and Deet against bloodsucking arthropods. Pesticide Science 21: 165-173.

Cwilich R, Mer GG & Meron AV (1957) Bedbugs resistant to gamma-BHC (lindane) in Israel. Nature 179: 636-637.

Doggett SL, Geary MJ & Russell RC (2004) The resurgence of bed bugs in Australia: With notes on their ecology and control. Environmental Health 4: 30-38.

Feroz M (1971) Biochemistry of malathion resistance in a strain of *Cimex lectularius* resistant to organophosphorus compounds. Bulletin WHO 45: 795-804.

Finney, D J (1971) Probit analysis. Cambridge University, Press, Cambridge, UK.

Hallas TE & Mourier H (1987) Stik og kløe. Polyteknisk forlag, København. 174 pp.

Hwang SW, Svoboda TJ, De Jong IJ, Kabasele KJ & Gogosis E (2005) Bed bug infestations in an urban environment. Emerging infectious diseases. 11: 533-538.

Karunaratne SHPP, Damayanthi BT, Fareena MHJ, Imbuldeniya V & Hemingway J (2007) Insecticide resistance in the tropical bedbug *Cimex hemipterus*. Pesticide Biochemistry and Physiology 88: 102-107.

Kramer RD (2004) Closing in on bed bugs. Pest Control Technology, November 2004, 62-68.

Kristensen M, Knorr M, Rasmussen AM & Jespersen JB (2006) Survey of permethrin and malathion resistance in human head lice populations from Denmark. Journal of Medical Entomology 43: 533-538.

- Lofgren CS, Keller JC & Burden GS (1958) Resistance tests with the Bed Bug and evaluation of insecticides for its control. *Journal of Economic Entomology* 51: 241-244.
- Mallis A & Miller AC (1964) Prolonged resistance in the house fly and bed bug. *Journal of Economic Entomology* 57: 608-609.
- Montes C, Cuadrikero C, Vilella D (2002) Maintenance of a laboratory colony of *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae) using an artificial feeding technique. *Journal of Medical Entomology* 39: 675-679.
- Moore DJ & Miller DM (2006) Laboratory evaluations of insecticide product efficacy for control of *Cimex lectularis*. *Journal of Economic Entomology* 99: 2080-2086.
- Myamba J, Maxwell CA, Asidi A & Curtis CF (2002) Pyrethroid resistance in tropical bedbugs, *Cimex hemipterus*, associated with use of treated bednets. *Medical and Veterinary Entomology* 16: 448-451.
- Potter MF, Romero A, Haynes KF & Hardebeck E (2007) Killing them softly. *Pest Control Technology*, January 2007: 24-32.
- Reinhardt K & Siva-Jothy MT (2007) Biology of the bed bugs (Cimicidae). *Annual Review of Entomology* 52: 351-374.
- Romero A, Potter MF, Potter DA & Haynes KF (2007). Insecticide resistance in the bedbug: A factor in the pest's sudden resurgence? *Journal of Medical Entomology* 44: 175-178.
- Sommer C, Vagn-Jensen KM & Jespersen JB (2001) Topical treatment of calves with synthetic pyrethroids: effects on the non-target dung fly *Neomyia cornicina* (Fabricius) (Diptera: Muscidae). *Bulletin of Entomological Research* 91: 131-137.
- Stenburg RL (1947) The techniques of application and the control of roaches and bed-bugs with DDT. *Public Health Reports* 62: 669-681.
- Ter Poorten MC, & Prose NS (2005) The return of the common bedbug. *Pediatric Dermatology* 22: 183-187.
- Usinger RL (1966) Monograph of Cimicidae (Hemiptera, Heteroptera). The Thomas Say Foundation, vol. VII, College Park, MD: Entomological Society of America. 585 pp.
- Vagn-Jensen KM (1990) Activity of permethrin on different surfaces. *Danish Pest Infestation Laboratory Annual Report 1989*: 59-60.

## Dråbetest med chlorpyrifos på den følsomme væggeluspopulation ("US").

Resultater af test til bestemmelse af det basalt toksikologiske niveau for den følsomme stamme på chlorpyrifos. Dødeligheden opgjort efter 24 og 48 timer.

Dato	Dosis (ng)	Antal	24 timer		48 timer	
			Døde	Mortalitet	Døde	Mortalitet
30/01/2006	0	5	0	0	0	0
	1	5	0	0	0	0
	10	5	0	0	0	0
	50	5	5	1	5	1
	100	5	5	1	5	1
	1000	5	5	1	5	1
27/03/2006	0	10	0	0	0	0
	10	10	0	0	0	0
	23	10	4	0.4	5	0.5
	37	10	10	1	10	1
	50	10	8	0.8	8	0.8
27/03/2006	0	10	0	0	0	0
	10	10	0	0	1	0.1
	50	10	9	0.9	9	0.9
20/03/2007	0	10	0	0	0	0
	50	10	7	0.7	8	0.8
	100	10	9	0.9	10	1
	230	10	10	1	10	1
	370	10	10	1	10	1
29/03/2007	500	10	10	1	10	1
	0	10	0	0	0	0
	10	10	0	0	1	0.1
	23	10	1	0.1	1	0.1
	50	10	9	0.9	10	1
	100	10	10	1	10	1
	230	6	6	1	6	1



# Dråbetest med permethrin på den følsomme væggeluspopulation ("US").

Resultater af test til bestemmelse af det basalt toksikologiske niveau for den følsomme stamme på permethrin. Dødeligheden opgjort efter 24 og 48 timer.

Dato	Dosis (ng)	Antal	24 timer		48 timer	
			Døde	Mortalitet	Døde	Mortalitet
30/01/2006	0	5	0	0	0	0
	10	5	0	0	0	0
	100	5	1	0.2	1	0.2
	500	5	5	1	5	1
	1000	5	5	1	5	1
	10000	5	5	1	5	1
27/03/2006	0	10	0	0	0	0
	50	10	1	0.1	1	0.1
	100	10	6	0.6	6	0.6
	230	10	6	0.6	6	0.6
	370	10	9	0.9	9	0.9
	500	10	9	0.9	8	0.8
01/06/2006	0	10	0	0	0	0
	50	10	0	0	0	0
	100	10	0	0	0	0
	230	10	0	0	0	0
	370	10	7	0.7	7	0.7
	500	10	10	1	10	1
24/10/2006	0	10	0	0	0	0
	10	10	0	0	0	0
	500	10	3	0.3	3	0.3
	100	10	6	0.6	6	0.6
	230	10	8	0.8	8	0.8
	370	10	9	0.9	9	0.9
	500	10	9	0.9	8	0.8
	1000	10	9	0.9	8	0.8





# Resultater af diskriminerende dråbetest – chlorpyrifos

Resultater af diskriminerende dråbetest med chlorpyrifos. Væggelusene er testet med en diskriminerende dosis på 0,1 µL 0,02 % chlorpyrifos. Antal væggelus i kontrol og forsøg, samt antal døde og overlevende er angivet. Dødelighed opgjort efter 24 timer. Procent overlevende væggelus er angivet i sidste kolonne. Alle kontroldyr overlevede i alle test.

Cimex Population	Kontrol	Antal	Døde	Overlevende	% Overlevende
US	5	20	20	0	0,0
#10	5	15	9	6	40,0
#12	4	18	18	0	0,0
#16	5	20	11	9	45,0
#17	5	20	20	0	0,0
#18	0	14	10	4	28,6
#19	5	15	14	1	6,7
#22	7	20	13	7	35,0
#23	0	3	1	2	66,7
#25	5	20	20	0	0,0
#26	5	20	20	0	0,0
#27	5	21	18	3	14,3
#28	0	16	14	2	12,5
#29	3	20	16	4	20,0
#31	5	20	20	0	0,0



# Resultater af diskriminerende dråbetest – permethrin

Resultater af diskriminerende dråbetest med permethrin. Væggelusene er testet med en diskriminerende dosis på 0,1 µL 0,256 % permethrin. Antal væggelus i kontrol og forsøg, samt antal døde og overlevende er angivet. Dødelighed opgjort efter 24 timer. Procent overlevende væggelus er angivet i sidste kolonne. I population 10 døde et af kontroldyrerne, alle andre kontrol dyr overlevede.

Cimex Population	Kontrol	Antal	Døde	Overlevende	% Overlevende
US	5	20	19	1	5,0
#8	0	2	0	2	100,0
#9	0	2	0	2	100,0
#10	5	15	0	15	100,0
#12	5	18	10	8	44,4
#15	0	2	0	2	100,0
#16	5	23	0	23	100,0
#17	5	20	0	20	100,0
#18	0	11	0	11	100,0
#19	0	21	12	9	42,9
#22	5	20	0	20	100,0
#23	0	3	0	3	100,0
#25	5	20	1	19	95,0
#26	5	20	0	20	100,0
#27	5	20	0	20	100,0
#28	0	7	0	7	100,0
#29	0	10	0	10	100,0
#30	0	1	0	1	100,0
#31	5	20	0	20	100,0
#32	0	6	6	0	0,0
#33	0	14	0	14	100,0



# Resultater af tarsaltest

Dødeligheden af forskellige væggelusestammer som resultat af eksponering på forskellige overflader.

Stamme	Overflade	Aktivstof	Antal væggelus i test	Antal nymfer i test	Første døde observeret efter (min):	Alle døde efter (min):	Antal døde efter 2880 min	Procent døde efter 2880 min
#12	glas	Kontrol	5		In.d.	I.f.a.	0	0
#25	glas	Kontrol	15		1440	I.f.a.	1	7
#26	glas	Kontrol	15		1440	I.f.a.	2	13
#27	glas	Kontrol	15		In.d.	I.f.a.	0	0
#31	glas	Kontrol	15		In.d.	I.f.a.	0	0
US	glas	Kontrol	15		In.d.	I.f.a.	0	0
#12	glas	CP	14	4	40	120	14	100
#17	glas	CP	13	13	50	120	13	100
#25	glas	CP	15	5	50	120	15	100
#26	glas	CP	15		40	120	15	100
#27	glas	CP	15		50	120	15	100
#31	glas	CP	15		50	2880	15	100
US	glas	CP	15		30	120	15	100
#12	glas	DM	15	5	120	I.f.a.	12	80
#17	glas	DM	15	9	1448	I.f.a.	1	7
#25	glas	DM	15		In.d.	I.f.a.	0	0
#26	glas	DM	15		2880	I.f.a.	1	7
#27	glas	DM	15		In.d.	I.f.a.	0	0
#31	glas	DM	15		In.d.	I.f.a.	0	0
US	glas	DM	15		25	35	15	100
#12	glas	PM	14	2	1440	I.f.a.	4	29
#17	glas	PM	15		In.d.	I.f.a.	0	0
#25	glas	PM	15		In.d.	I.f.a.	0	0
#26	glas	PM	16	1	1440	I.f.a.	1	6
#27	glas	PM	15		In.d.	I.f.a.	0	0
#31	glas	PM	15		In.d.	I.f.a.	0	0
US	glas	PM	15		20	I.f.a.	13	87
#26	H. masonit	Kontrol	15		2880	I.f.a.	1	7
US	H. masonit	Kontrol	15		240	I.f.a.	4	27
#26	H. masonit	CP	15		120	120	15	100
US	H. masonit	CP	15		120	240	15	100
#26	H. masonit	DM	15		In.d.	I.f.a.	0	0
US	H. masonit	DM	14		25	240	14	100
#26	H. masonit	PM	15		In.d.	I.f.a.	0	0
US	H. masonit	PM	15		1440	I.f.a.	1	7
#25	Fyrretræ	Kontrol	10		2880	I.f.a.	1	10
#26	Fyrretræ	Kontrol	9		In.d.	I.f.a.	0	0
US	Fyrretræ	Kontrol	10		240	I.f.a.	4	40

Forkortelser: In.d.= ingen døde og Ifa.= Ikke fuldstændig afdræbning.  
H. masonit = Hård masonit

