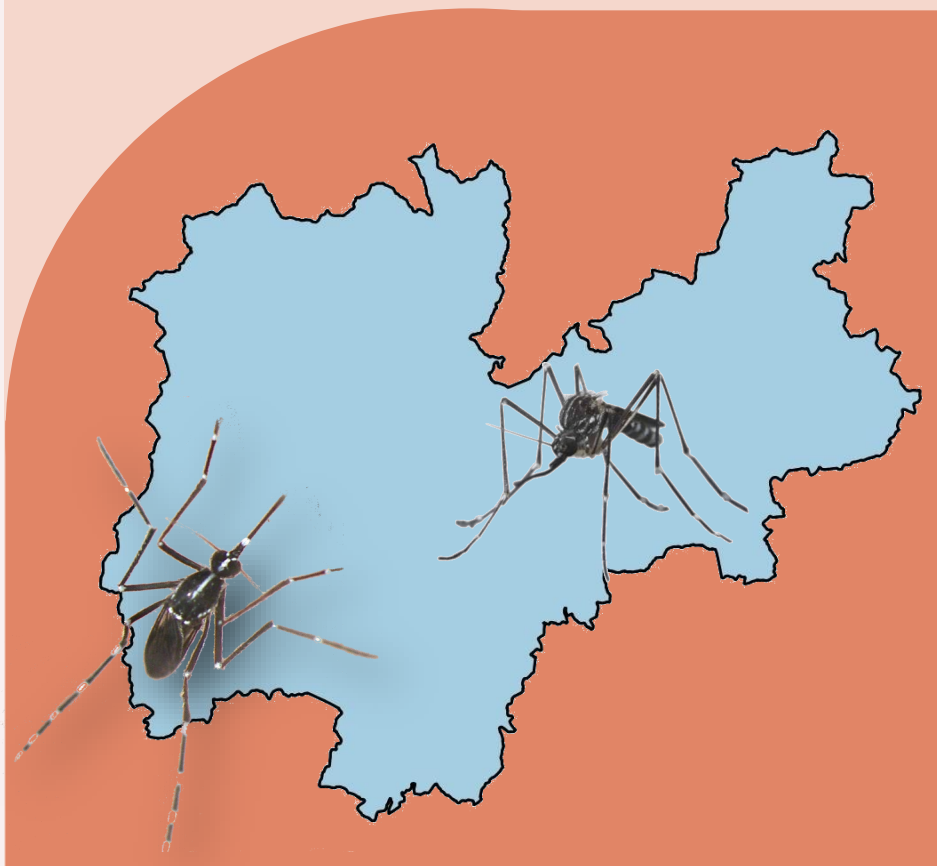


ZANZARE INVASIVE IN TRENTO: PRINCIPALI AZIONI DI CONTROLLO



LEXEM



Provincia
Autonoma
di Trento



FONDAZIONE
EDMUND
MACH



Con il contributo scientifico di



UNIVERSITY
OF TRENTO - Italy



Università Commerciale
Luigi Bocconi

DONDENA
Centro "Carlo F. Dondena"
per la Ricerca sulle Dinamiche Sociali
e Politiche Pubbliche

Testi a cura di

Fabrizio Montarsi², Daniele Arnoldi¹, Frédéric Baldacchino¹, Giorgio Guzzetta⁴, Matteo Marcantonio¹, Markus Metz¹, Andrea Drago³, Simone Martini³, Piero Poletti⁵, Filippo Trentini⁵, Alessia Melegaro⁵, Markus Neteler¹, Stefano Merler⁴, Roberto Rosà¹, Gioia Capelli², Annapaola Rizzoli¹

¹Centro di Ricerca e Innovazione, Fondazione Edmund Mach, San Michele all'Adige (TN)

²Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie, Legnaro (PD)

³Entostudio snc, Ponte San Nicolò (PD)

⁴Fondazione Bruno Kessler, Trento

⁵Università Commerciale Luigi Bocconi, Milano

Si Ringraziano

La Provincia Autonoma di Trento

Il Consorzio dei Comuni Trentini

I Comuni della Provincia Autonoma di Trento che hanno attivamente collaborato alla realizzazione delle attività sperimentali ed in particolare i Comuni di Mezzocorona, Mezzolombardo, Roverè della Luna, San Michele all'Adige e Zambana.

Il MUSE

La Comunità Alto Garda e Ledro

Raul Bergamini

L'Azienda Provinciale per i Servizi Sanitari della Provincia Autonoma di Trento

I Dipartimenti di Prevenzione delle Aziende Sanitarie ULSS 1 e 2 della provincia di Belluno (ora ULSS 1 Dolomiti)

Sommario

Prefazione	5
La zanzara tigre in Trentino	6
Biologia della zanzara tigre	9
L'arrivo di una nuova specie invasiva: la zanzara coreana	12
Altre zanzare invasive di possibile introduzione	15
Le zanzare come vettori di malattie	16
Il controllo delle zanzare: cosa fa il pubblico e cosa può fare il privato ...	21
Interventi in aree pubbliche	24
Interventi in aree private	25
Controllo o eradicazione? Quando quest'ultima è possibile	26
I siti di riproduzione delle zanzare	26
I metodi di controllo: descrizione, punti deboli e di forza	28
Metodi di controllo di comprovata efficacia	35
Gestione ambientale dei siti di riproduzione	35
Lotta larvicida di tipo biologico	36
Lotta larvicida di tipo chimico	36
Lotta larvicida di tipo meccanico/fisico	37
Pesci	37
Lotta adulticida con piretroidi	37
Metodi di controllo in fase di sperimentazione	38
Uso di trappole come metodo di controllo	38
Funghi entomopatogeni	39
Olii essenziali	40
Copepodì	40

Tecnica del rilascio di maschi sterili o infettati dal batterio <i>Wolbachia</i>	40
L'esperienza sul campo di alcuni metodi di lotta nell'ambito del Progetto LExEM	42
Trattamenti larvicidi nei comuni	42
Il metodo del "porta a porta"	43
Strategie di controllo: come possono aiutarci modelli e mappe?	45
Conclusione: I metodi di controllo, cosa fare in Trentino?	47
Bibliografia.....	49



Prefazione

Il Progetto LExEM (Laboratorio di Eccellenza per l'Epidemiologia e la Modellistica, (<https://ricercapubblica.provincia.tn.it/PROGETTI-REALIZZATI-FONDO-RICERCA/LexEM>) è un progetto finanziato dalla Provincia Autonoma di Trento sul fondo per i Grandi Progetti di Ricerca.

Esso ha permesso la creazione di un laboratorio virtuale di eccellenza, un hub di produzione di innovazione e nuova conoscenza con rapido trasferimento della stessa, su tematiche di forte rilevanza per il territorio e per la società con particolare riferimento ai comparti dell'agricoltura e della salute in un'ottica di One Health. Nel contempo, ha favorito una maggior integrazione e sinergia tra gli attori dello STAR (Sistema Trentino dell'Alta Formazione e della Ricerca), ed in particolare di Fondazione Edmund Mach, Fondazione Bruno Kessler, Università di Trento, Muse e Istituto Zooprofilattico delle Venezie. Al progetto ha inoltre collaborato, come istituto esterno, l'Università Bocconi di Milano.

Più precisamente, lo scopo del progetto LExEM era quello di riuscire a definire le migliori strategie di mitigazione e controllo di artropodi alieni di interesse agronomico e medico-veterinario di recente introduzione in Italia. Di fatto, le specie target considerate nel progetto sono la zanzara tigre (*Aedes albopictus*), vettore di malattie infettive emergenti come il virus Zika, la zanzara coreana (*Aedes koreicus*), specie di recente introduzione in Europa, ed il moscerino della frutta *Drosophila suzukii*. Grazie al progetto LExEM sono state ottenute nuove conoscenze sulla loro biologia, ecologia e comportamento in relazione alla realtà territoriale, urbanistica e climatica trentina. Contemporaneamente, sono stati sviluppati dei modelli matematici predittivi ed effettuate, in base ad essi, delle attività sperimentali mirate alla definizione delle migliori strategie di controllo. Le informazioni prodotte sono state riassunte in questa pubblicazione per poterle così mettere a disposizione degli stakeholder e di tutti gli operatori impegnati nel controllo di queste specie e nella prevenzione delle malattie da esse trasmesse.

Annapaola Rizzoli
Dirigente del
Centro Ricerca e Innovazione
Fondazione Edmund Mach
San Michele all'Adige (TN)

Michele Pontalti
Dirigente del
Centro di Trasferimento Tecnologico
Fondazione Edmund Mach
San Michele all'Adige (TN)

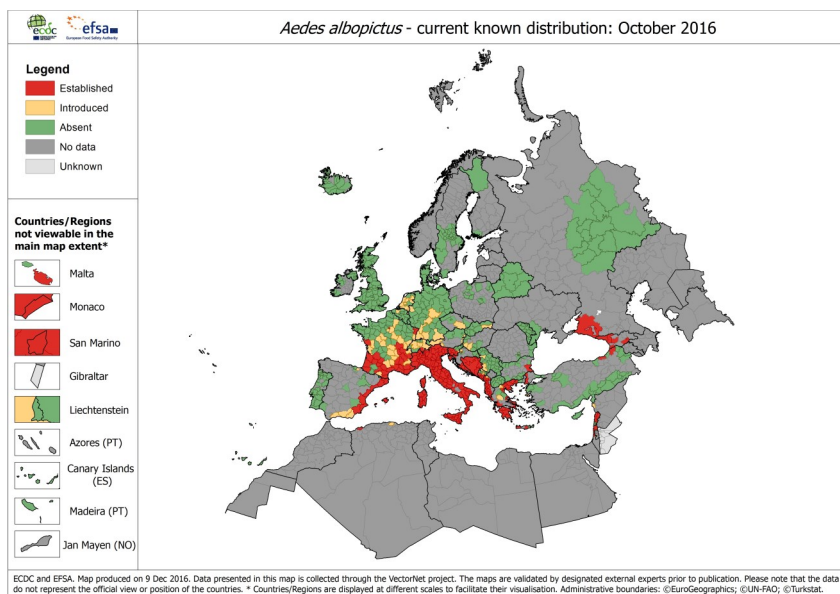


La zanzara tigre in Trentino

Aedes albopictus, conosciuta come “zanzara tigre” è una specie di origine asiatica arrivata in Italia nel 1990. Inizialmente segnalata a Genova, ha però iniziato la sua espansione a partire dalla provincia di Padova ed ora è diffusa praticamente in tutta Italia ed in molti paesi europei. Anche se di origine tropicale, questa zanzara è in grado di superare le rigide stagioni invernali dell'Italia settentrionale grazie alla capacità di produrre uova resistenti alle basse temperature ed al disseccamento. In poco tempo la zanzara tigre si è fortemente radicata sul territorio di varie regioni entrando in competizione con la zanzara comune, *Culex pipiens* (Box 1), e nel corso degli anni l'ha superata in abbondanza specialmente nelle zone urbane.



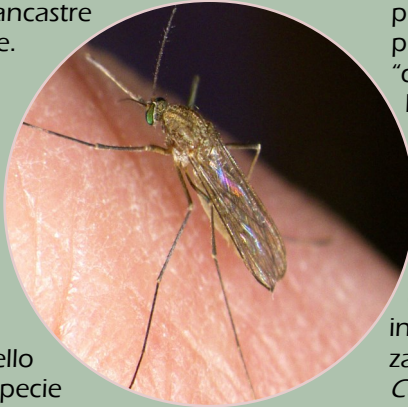
Zanzara tigre, *Aedes albopictus*
(foto: F. Montarsi)



Zanzara tigre in Europa (tratto dal sito del ECDC, European Centre for Disease Prevention and Control; <http://ecdc.europa.eu/>)

Box 1: La zanzara comune, *Culex pipiens*

La zanzara comune, diversamente dalle zanzare aliene, è una specie da sempre presente sul territorio Trentino. Si presenta di un colore marrone chiaro con deboli striature biancastre sull'addome.



Il ciclo biologico è del tutto simile a quello delle altre specie aliene con la differenza che la femmina di *Culex pipiens* depone le uova direttamente sulla superficie dell'acqua unite a formare delle piccole zattere galleggianti. La zanzara comune sfrutta focolai con acqua ad elevato carico organico privilegiando inoltre quelli di maggiori dimensioni rispetto a quelli scelti dalle zanzare del genere *Aedes*.

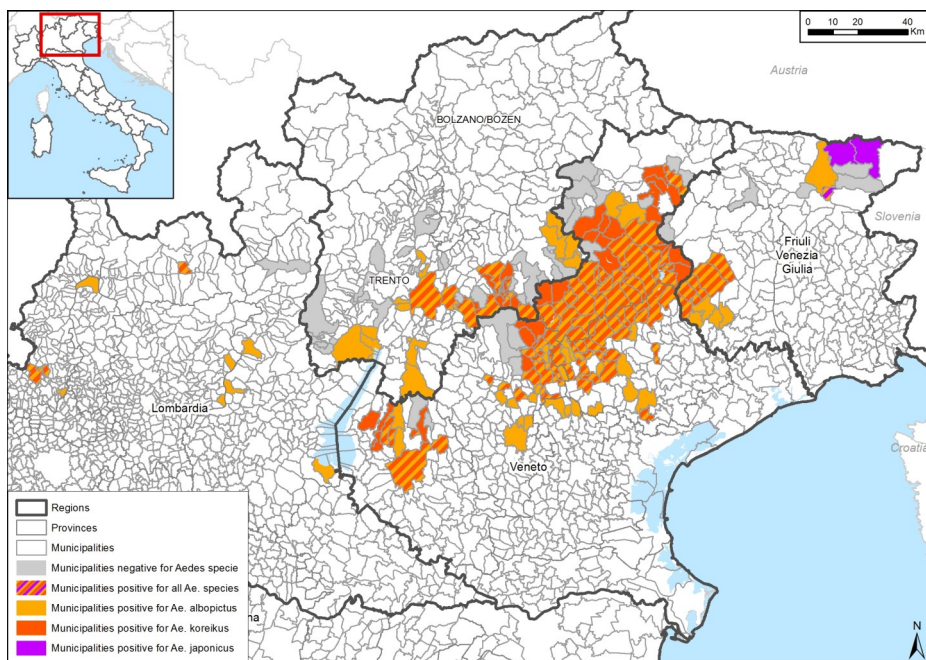
Le dimensioni (6-8mm) sono leggermente maggiori rispetto a quelle della zanzara tigre. A differenza di quest'ultima, la zanzara comune è attiva principalmente di notte e predilige gli ambienti chiusi per "cacciare" e per superare l'inverno come adulto riparandosi dove le temperature non sono mai rigide.

Non di rado si possono comunque trovare focolai infestati da zanzara comune e zanzara tigre. Le femmine di *Culex pipiens*, superato l'inverno, ritornano attive all'inizio della primavera (aprile) e la popolazione raggiunge il picco in luglio. Modelli matematici sviluppati dai ricercatori del progetto LEXEM hanno evidenziato come la dinamica di popolazione della zanzara comune sia influenzata dalla competizione con la zanzara tigre, la quale riesce a sfruttare meglio le risorse presenti nei focolai (Marini et al., in revisione).

Tutti i metodi di controllo descritti di seguito sono applicabili anche al contenimento della popolazione di zanzara comune.

Nella foto: Femmina di zanzara comune, *Culex pipiens* (foto: F. Montarsi).

In Trentino venne segnalata per la prima volta a Rovereto nel 1996, ma è a partire dall'estate 2001 che ha subito una progressiva e rapida espansione, conquistando via via nuove zone e arrivando nel 2008 nella città di Trento. La diffusione della zanzara tigre non si è affatto arrestata ed i cambiamenti climatici in atto stanno favorendo la sua espansione creando nuove zone favorevoli al suo insediamento.

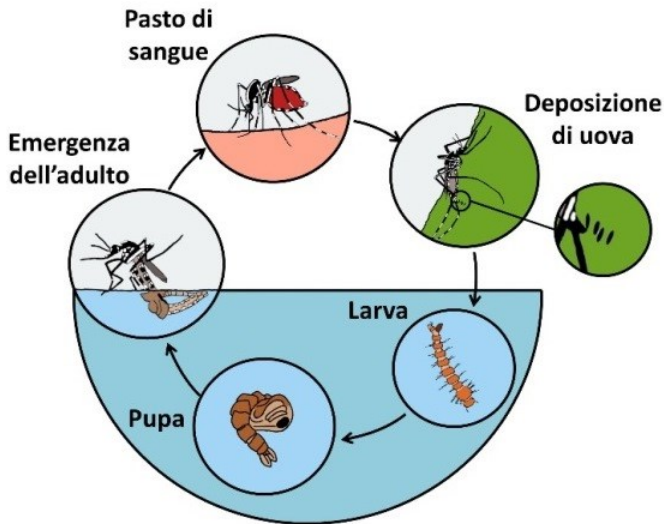


Mappa dei comuni campionati durante il progetto LExEM nel periodo 2013-2016. In giallo, i comuni con la presenza della zanzara tigre; in arancione, i comuni con la presenza della zanzara coreana; in violetto, i comuni con la presenza della zanzara giapponese (Montarsi et al. 2015).



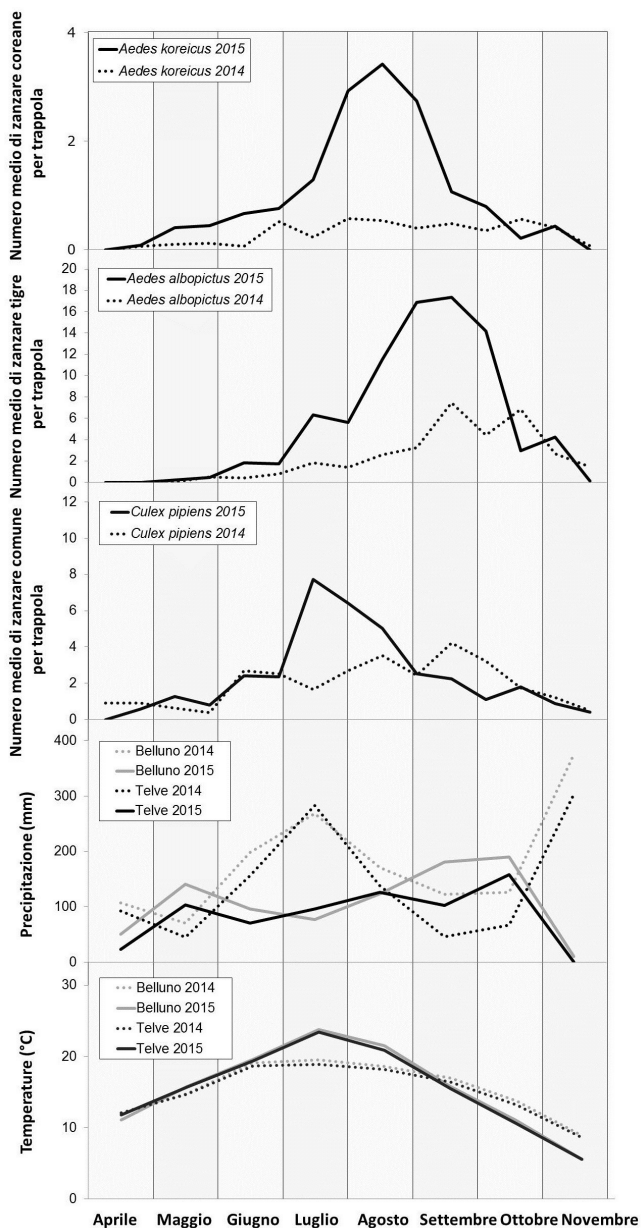
Biologia della zanzara tigre

La zanzara tigre è un formidabile ectoparassita che prolifica in ambienti fortemente antropizzati. E' attiva durante le ore diurne e punge preferenzialmente l'uomo, sia all'aperto che al chiuso, con una aggressività fuori dal comune. A pungere è la femmina che ha bisogno di un "pasto di sangue" per la produzione delle uova. Questo in genere avviene in prossimità della zona di deposizione in quanto la zanzara tigre ha una limitata capacità di spostamento (meno di 200 metri). Dopo il pasto le femmine, che vivono fino a 3-4 settimane, depongono circa 80 uova arrivando ad un totale di circa 400 uova per femmina in una stagione. **Il ciclo vitale comprende 4 fasi: uova, larva (4 stadi), pupa e adulto.**



Ciclo vitale della zanzara (Disegno: F. Baldacchino)

Nonostante siano stadi acquatici, sia le larve che le pupe respirano ossigeno atmosferico attraverso il sifone. Le larve si cibano filtrando le sostanze organiche presenti nell'acqua mentre le pupe non si nutrono.



Andamento delle popolazioni di zanzare rispetto alle temperature e precipitazioni registrate nel 2014 e 2015 nelle province di Trento e Belluno (Baldacchino et al. 2017c)

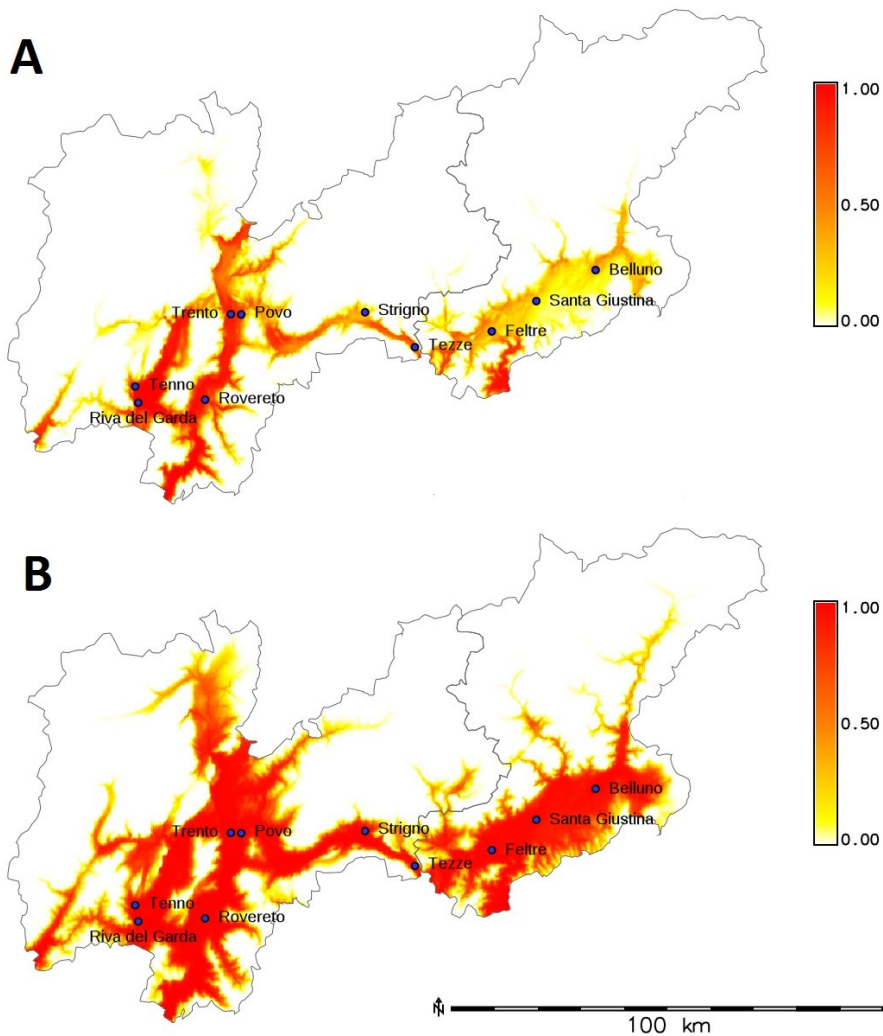
L'arrivo di una nuova specie invasiva: la zanzara coreana



Zanzara coreana, *Aedes koreicus* (foto: D. Arnoldi).

Recentemente si è assistito all'arrivo di un'altra zanzara esotica, *Aedes koreicus*, ribattezzata zanzara coreana. È stata segnalata per la prima volta in provincia di Belluno nel 2011 durante un monitoraggio alla ricerca della zanzara tigre in zone montane. In poco tempo, la zanzara coreana ha colonizzato **8 province in 4 regioni** (Veneto, Friuli Venezia Giulia, Trentino-Alto Adige e Lombardia) ed è stata recentemente segnalata anche in Liguria (2016). Il suo areale di diffusione è in continua espansione, soprattutto verso Sud ed Ovest. Usa gli stessi siti di riproduzione della zanzara tigre, cioè contenitori artificiali, tanto che le larve di entrambe le specie sono state trovate in alcuni casi negli stessi focolai.

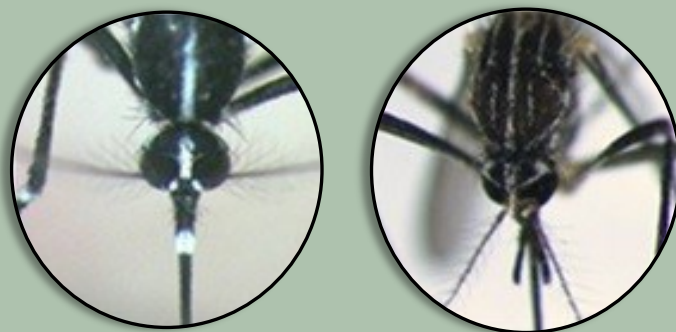
La zanzara coreana è morfologicamente simile alla zanzara tigre ma è più grande e più scura con delle bande meno brillanti (Box 2). ***Aedes koreicus* tollera temperature più basse rispetto ad *Aedes albopictus***, cosicché le uova sopravvivono facilmente all'inverno e schiudono già a partire da marzo mentre gli adulti si possono trovare fino a novembre. In più, le larve di zanzara coreana possono sopravvivere in acqua con una temperatura inferiore a 5°C. Grazie alla sua tolleranza alle basse temperature riesce a colonizzare aree collinari e montuose (>800m s.l.m) non raggiunte dalla zanzara tigre come illustrato dalle mappe di presenza sviluppate dai ricercatori di LExEM con l'uso di dati di remote-sensing. Nelle zone urbane, punge soprattutto l'uomo durante il giorno ed entra anche nelle abitazioni. La zanzara coreana è stata trovata anche in ambiente forestale dove punge gli animali selvatici (es. caprioli, volpi). Il ciclo biologico della zanzara coreana è del tutto simile a quello descritto per la zanzara tigre.



Mapa di idoneità ambientale per la zanzara tigre (A) e la zanzara coreana (B) per le province di Trento e Belluno (Metz et al. 2016; Marcantonio et al. 2016)

Box 2: le zanzare invasive, come riconoscerle.

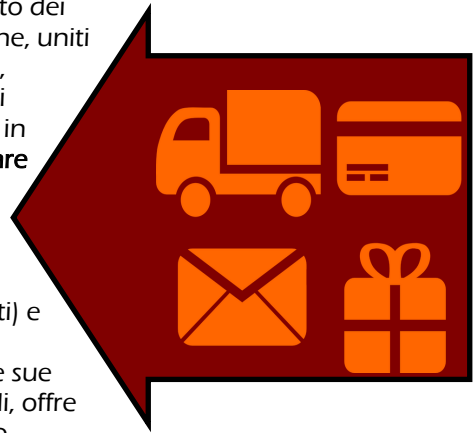
Le specie di zanzare invasive citate e già presenti in Italia provengono dalle stesse aree (Sud-Est asiatico), sono filogeneticamente vicine e condividono anche l'aspetto generale. La zanzara tigre (*Aedes albopictus*), la zanzara coreana (*Aedes koreicus*) ed la zanzara giapponese (*Aedes japonicus*) sono zanzare che hanno una colorazione tipica: corpo nero con bande trasversali bianche sulle zampe e sul corpo. Questo disegno "bianco e nero" ci permette di distinguerle dalle altre specie nostrane, tendenzialmente marroncine. Il problema è che la distinzione tra le tre specie non è affatto semplice e richiede strumentazione per l'ingrandimento e una conoscenza approfondita della loro morfologia. In generale, la zanzara tigre si distingue dalle altre due per avere dimensioni più ridotte, circa 5 mm, ed una caratteristica striscia bianca metallica su dorso e capo. Le altre due (*Aedes koreicus* e *Aedes japonicus*) sono tra loro quasi indistinguibili, ma possono essere distinte da *Aedes albopictus* perché più grandi (circa 7-8 mm) e con le righe sul capo e dorso color bianco pallido, quindi meno evidenti. È importante riconoscere le diverse specie poiché la zanzara tigre è più aggressiva ed ha una maggiore capacità di trasmettere patogeni.



Dettagli della testa e dal torace di *Aedes albopictus* (sinistra) e *Aedes koreicus* (destra) (Montarsi et al. 2013).

Altre zanzare invasive di possibile introduzione

Il commercio a livello globale, l'aumento dei trasporti e dello spostamento di persone, uniti ai cambiamenti climatici ed ambientali, aumentano il rischio di introduzione di specie esotiche ed il loro adattamento in nuovi ambienti. In particolare, **le zanzare appartenenti al genere *Aedes*** sono in grado di diffondersi e colonizzare nuove aree in quanto **depongono uova resistenti alla disidratazione** in contenitori artificiali (es. copertoni usati) e piante che trattengono acqua (es. bromeliacee). Inoltre, l'Italia, grazie alle sue caratteristiche climatiche ed ambientali, offre molti habitat favorevoli al loro sviluppo.



L'arrivo di nuove specie di zanzare invasive non si è fermato alla zanzara coreana; una nuova specie è stata recentemente (2015) segnalata in provincia di Udine: ***Aedes japonicus* o zanzara giapponese**. Morfologicamente molto simile ad *Aedes koreicus*, la zanzara giapponese è una delle zanzare invasive più diffuse nel mondo ed ha attualmente colonizzato molti paesi dell'Europa Centrale. I recenti ritrovamenti di questa specie in Europa mostrano una progressiva espansione verso Ovest che potrebbe coinvolgere tutta l'Italia Settentrionale. *Aedes japonicus* è stata rinvenuta in contenitori artificiali spesso in compresenza di altre specie ed in un caso insieme alla zanzara tigre.

Zanzara giapponese, *Aedes japonicus* (James Gathany, Centers for Disease Control and Prevention's Public Health Image Library)

E' una zanzara diurna ed ha la capacità di riprodursi in un'ampia varietà di ambienti, sia artificiali che naturali. Rispetto alle altre specie di *Aedes* è ancor più tollerante alle basse temperature invernali e le uova resistenti possono superare anche inverni piuttosto rigidi. Questa importante capacità potrebbe permettere la sua diffusione in aree montane che non hanno mai avuto esperienza di problemi correlati alle zanzare. Altre specie di zanzare potrebbero arrivare e colonizzare i nostri territori; in particolare, si teme per l'arrivo di *Aedes aegypti*, il principale vettore di importanti malattie esotiche come Dengue e Zika. In passato questa specie è stata già segnalata in Italia, ma non si è diffusa perché non tollera le basse temperature (diversamente dalle specie precedentemente descritte) e quindi non è riuscita a superare i freddi invernali. Tuttavia è ormai noto a tutti l'effetto del "Global warming" (riscaldamento globale) che sta causando un innalzamento medio delle temperature. Forse, gli inverni non saranno più così freddi, nemmeno per *Aedes aegypti*. Il fenomeno dell'introduzione di specie esotiche è ancora in corso.

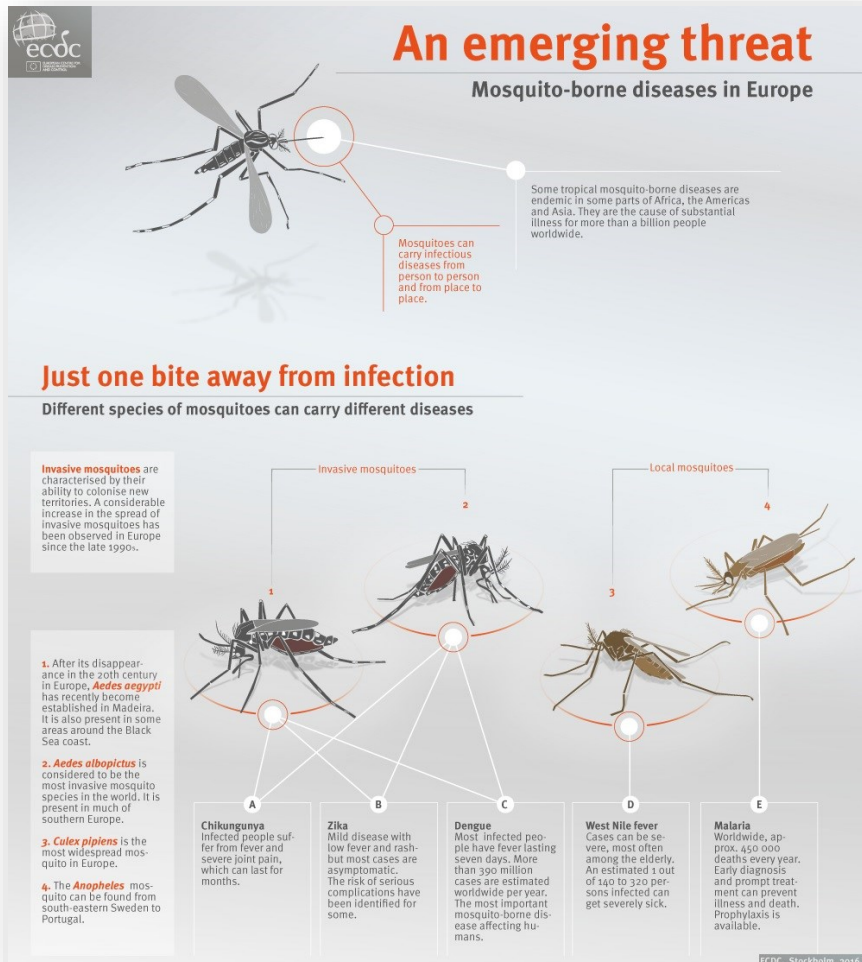


Le zanzare come vettori di malattie

L'introduzione di un nuovo potenziale vettore di patogeni in Italia e in Europa costituisce di per sé motivo di preoccupazione. Dal punto di vista sanitario la zanzara tigre è ritenuta un **vettore dei virus della Dengue, Chikungunya, West Nile e Zika**. Il rischio che possa trasmettere questi patogeni nel nostro Paese è legato all'arrivo accidentale del serbatoio d'infezione, ovvero di una persona malata. Va inoltre sottolineato che il numero di casi di Dengue d'importazione è in costante aumento.



Rispetto alla specie tropicale *Aedes aegypti*, la zanzara tigre è un vettore meno efficiente nel trasmettere patogeni, ma il rischio è reale quando la densità dell'insetto è sufficientemente alta da consentire comunque la circolazione del virus. A tal proposito i ricercatori di LEXEM hanno sviluppato alcuni modelli matematici predittivi della diffusione di alcuni virus (Dengue, Zika e Chikungunya) trasmessi dalla zanzara tigre in Provincia di Trento e Belluno (Box 3).



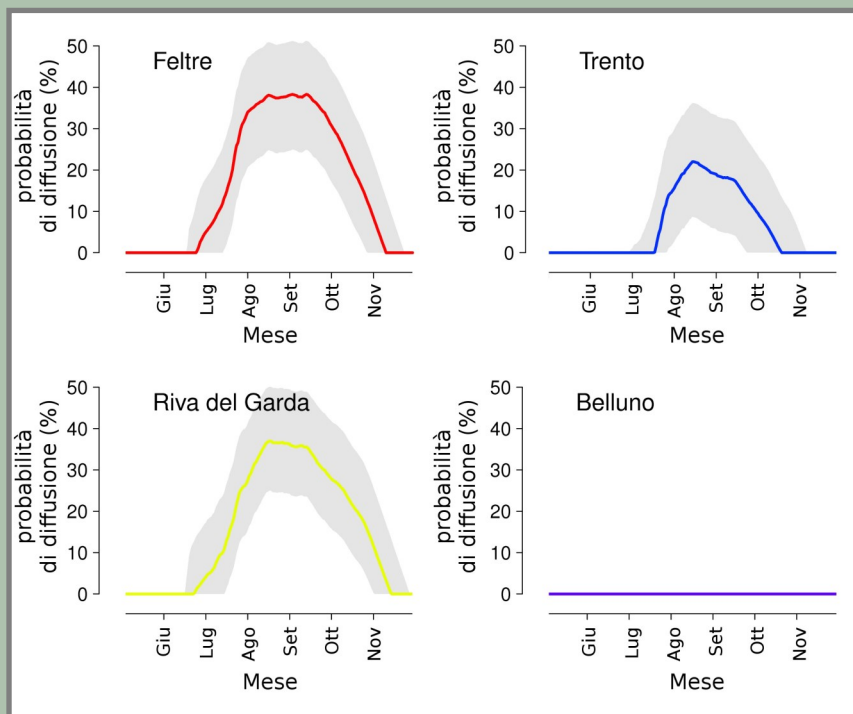
Box 3: Modelli matematici e rischio di diffusione di malattie trasmesse da zanzare

I modelli matematici sono strumenti di investigazione scientifica ampiamente diffusi nel campo dell'ecologia e dell'epidemiologia. Essi risultano particolarmente efficaci nel valutare gli effetti dei cambiamenti climatici e globali sulla diffusione di specie invasive come le zanzare e su eventuali malattie da esse trasmesse. Durante il progetto LExEM i ricercatori hanno sviluppato diversi modelli matematici allo scopo di i) descrivere la dinamica spazio-temporale delle zanzare in diverse aree di studio delle provincie di Trento e Belluno; ii) valutare l'efficacia di misure di controllo contro queste specie; iii) produrre ipotetici scenari di epidemie causate dall'introduzione di agenti patogeni trasmessi da zanzare.

Per lo studio della dinamica di popolazione delle zanzare è necessario stimare i principali parametri demografici dell'insetto (tassi di riproduzione, mortalità, sviluppo) che a loro volta sono fortemente influenzati da alcuni fattori climatici come temperatura e umidità. I modelli, sulla base dei dati climatici, in particolare della temperatura, permettono di stimare l'abbondanza giornaliera di zanzare. In questa fase risultano di fondamentale importanza le stime di abbondanza osservate sul campo al fine di calibrare il modello e validare le simulazioni modellistiche. Grazie alle stime modellistiche delle densità di zanzare, utilizzando alcuni parametri epidemiologici noti in letteratura, il modello permette di stimare la probabilità che un agente patogeno introdotto dall'esterno (caso importato) si possa diffondere nella popolazione locale.

I modelli sviluppati dai ricercatori all'interno del progetto LExEM, predicono che il rischio di diffusione del virus Chikungunya nelle provincie di Trento e Belluno a seguito all'introduzione di un caso infetto possa variare, in funzione dell'area considerata, da nullo fino a moderato. Lo stesso modello ha permesso di valutare il rischio di diffusione anche del virus Dengue che varia da nullo a basso (Guzzetta et al. 2016a) e del virus Zika per il quale il modello predice un rischio nullo in tutte le aree di studio considerate (Guzzetta et al. 2016b).





Andamento nel tempo della probabilità di diffusione locale del virus Chikungunya per quattro siti selezionati nelle provincie di Trento e Belluno. La figura si basa sulle stime modellistiche delle densità di zanzare rilevate nel 2014 (Guzzetta et al. 2016a)

Fino ad oggi non ci sono state segnalazioni di casi di Dengue in persone non provenienti da aree endemiche, mentre nel caso di Chikungunya un'epidemia autoctona si è verificata nel 2007 in provincia di Ravenna, dimostrando la possibilità di tale evento. Responsabile della trasmissione è stata *Aedes albopictus* infettatasi probabilmente pungendo un viaggiatore viremico proveniente da una zona epidemica. Va anche ricordato che *Aedes albopictus* è vettore di *Dirofilaria repens* e *Dirofilaria immitis* agenti della filariosi, malattia particolarmente grave per i cani ed i gatti.

Riguardo l'altra specie presente nel territorio trentino, *Aedes koreicus*, si sa molto poco delle sue potenzialità come vettore di patogeni. In passato sembra essere stata coinvolta nella diffusione dell'encefalite giapponese nel suo areale di origine (Sud-Est asiatico). Più recentemente, è stato dimostrato essere un vettore competente di *Dirofilaria immitis*. Nuovi studi per chiarire il suo ruolo vettoriale sono tuttora in corso.



Al di là della potenzialità come vettori di patogeni, *Aedes albopictus* e *Aedes koreicus* sono causa di grandi problemi dovuti alla semplice attività ectoparassitaria. L'intensità delle punture da parte di queste specie è spesso tale da costringere le vittime ad abbandonare le attività condotte all'aperto per rifugiarsi al chiuso. La reazione alle punture è costituita da pomfi dolorosi, sovente edematosi o emorragici. Elevate densità di zanzare sono causa di vere e proprie emergenze sanitarie, perché l'elevato numero di punture che si riceve in un breve periodo di tempo, principalmente concentrate sugli arti inferiori, può essere origine di risposte allergiche localizzate, soprattutto in persone particolarmente sensibili. Questi effetti sono particolarmente visibili su bambini e anziani e spesso richiedono un intervento medico: una realtà che stagionalmente interessa migliaia di persone.



Il controllo delle zanzare: cosa fa il pubblico e cosa può fare il privato

La lotta alla zanzara tigre è molto impegnativa e per ottenere dei buoni risultati è necessaria la collaborazione di tutti, sia delle amministrazioni pubbliche che dei cittadini. Come già riportato, sia la zanzara tigre che la zanzara coreana hanno come siti di riproduzione piccole raccolte d'acqua che possono essere presenti sia sul suolo pubblico (caditoie, tombini, contenitori vari) che in aree private (vasi, bidoni, fontane, ecc.). Sul suolo pubblico i trattamenti vengono affidati dalle amministrazioni comunali ai servizi di disinfestazione dopo una gara di appalto, mentre in aree private il controllo delle zanzare è compito dei singoli cittadini.

Per questo motivo è fondamentale che la popolazione sia informata su quali siano i metodi di lotta migliori per evitare il proliferare delle zanzare.

Mosquito Control:
What state and local mosquito control programs do

Why is local mosquito control important?
Some mosquitoes can spread viruses like Zika, West Nile, and dengue. Other mosquitoes bother people, but don't spread viruses. Mosquito control activities reduce all types of mosquitoes.

Who conducts mosquito control?
Mosquito control districts or state and local government departments work to control mosquitoes.

What do local mosquito control programs do?

Mosquito Control: You Have Options.
Learn more: <http://www.cdc.gov/zika/prevention/controlling-mosquitoes-at-home.html>

U.S. Department of Health and Human Services
Center for Disease Control and Prevention

Prima di effettuare un qualsiasi intervento pubblico bisogna effettuare una serie di valutazioni:

- ⇒ Valutazione preventiva dello stato d'infestazione dell'area da sottoporre ad intervento mediante un monitoraggio con trappole (Box 4) e/o valutando la presenza di focolai larvali tramite ispezione sul territorio.
- ⇒ Individuazione dell'area dove eseguire il trattamento, scelta e pianificazione del trattamento.

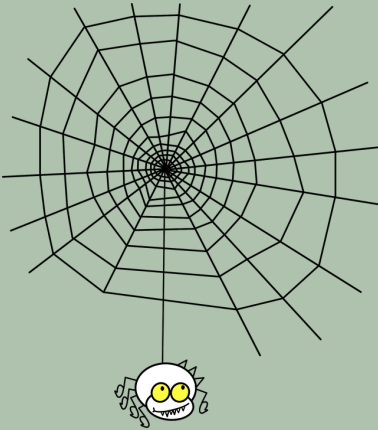
Successivamente è necessario valutare gli effetti dei trattamenti e comunicare i risultati raggiunti.

Box 4: il monitoraggio delle zanzare.

Il monitoraggio è una procedura essenziale che deve essere effettuata sempre, se si vuole sapere quante e quali zanzare ci sono in un determinato luogo. Questa attività è di solito svolta da personale esperto e si avvale dell'uso di trappole appositamente studiate per catturare le zanzare. Il numero di trappole da utilizzare, la loro collocazione e la durata del monitoraggio, deve essere valutato con attenzione perché ha un'influenza importante sulla riuscita delle catture; per questo motivo, tale attività è affidata ad entomologi qualificati. Alcune trappole per zanzare sono state progettate per catturare determinate specie. Di seguito sono elencate le più comuni trappole usate per la cattura delle zanzare appartenenti al genere *Aedes*. La trappola più semplice usata nel monitoraggio è l'ovitrappola. Si tratta di un vaso di plastica nero, riempito con circa 250 ml di acqua (con o senza larvicida) con una steccchetta di legno al suo interno. La trappola viene posizionata in posti ombrosi e ben riparati e sfrutta la propensione delle zanzare *Aedes* ad andare a deporre le uova sul substrato vicino all'acqua; in questo modo è possibile raccogliere le uova deposte sulla steccchetta di legno. Dal conteggio del numero di uova e di ovitrappole positive è possibile fare una stima della diffusione e densità delle zanzare. Le steccchette vengono raccolte settimanalmente e l'acqua sostituita per evitare di far sviluppare eventuali larve.



Nella foto: (a) ovitrappola, (b) trappola BG-Sentinel®, (c) ricerca di larve (foto: F. Baldacchino).



Un'altra trappola molto usata per la cattura degli adulti è la BG-Sentinel®. La trappola è un cilindro di 40 cm di altezza e 35 cm di diametro. Essa sfrutta la tendenza degli adulti ad andare verso cavità con colore nero; inoltre la trappola ha un attrattivo che simula l'odore rilasciato dalla pelle umana. L'efficacia può essere aumentata se si aggiunge un contenitore contenente ghiaccio secco che sublimando sviluppa anidride carbonica. Nella trappola è presente una ventola (alimentata attraverso la rete elettrica o da una batteria) che aspira le zanzare e le raccoglie in un sacchetto al

suo interno. La trappola BG-Sentinel® va posizionata in un luogo ombroso e protetto dal vento e pioggia. Visto il suo elevato costo è opportuno collocarla in luoghi privati o con accesso limitato per evitare danneggiamenti o furti.

La valutazione della presenza di zanzare può anche essere eseguita andando ad ispezionare i possibili siti di riproduzione prelevando manualmente le eventuali larve presenti. In laboratorio si possono poi identificare le larve oppure fare in modo che procedano nel loro sviluppo per poi identificare gli adulti.



Interventi in aree pubbliche

Le aree pubbliche da trattare sono tutte le strade e parcheggi, le aree verdi comuni, le strutture pubbliche come scuole, ospedali, cimiteri e immobili comunali in genere. Le azioni di lotta devono essere improntate alla massima sicurezza della popolazione, degli operatori e dell'ambiente. Per tali ragioni nella lotta alle zanzare sono **privilegiati gli interventi larvicidi** (vedi "i metodi di controllo") nei focolai di riproduzione delle zanzare come le caditoie, i tombini e tutte le raccolte d'acqua in genere. L'uso di adulticidi è limitato a casi particolari come in occasione di eventi che prevedono l'aggregazione di molte persone (es. manifestazioni, cerimonie, sagre, ecc.) o in aree solitamente frequentate da molte persone (es. scuole, parchi, ecc.). Gli interventi adulticidi vengono anche effettuati in situazioni di emergenza sanitaria, per esempio in presenza di una persona che ha contratto una malattia trasmessa dalle zanzare, come Dengue, Zika o Chikungunya. In questo caso, gli interventi dovranno essere effettuati secondo protocolli approvati dalla Regione ed eseguiti entro le 48 ore dal ricevimento della comunicazione del caso umano infetto.

Le ditte incaricate della disinfestazione sono tenute a rispettare le normative vigenti riguardanti l'uso di prodotti insetticidi garantendo modalità, dosi e frequenza degli interventi e garantendo soprattutto il minimo impatto ambientale.



Interventi in aree private



In alcune situazioni particolari, come in aree urbane di modeste dimensioni (località, paesi, piccole città), la maggior parte dei focolai di riproduzione delle zanzare si trovano soprattutto nelle aree private. Questo perché le abitazioni hanno di solito un giardino di proprietà o ampie aree verdi comuni che favoriscono la formazione di ristagni d'acqua. Di conseguenza, il trattamento del solo suolo pubblico è spesso inadeguato. In queste situazioni, **quello che può fare il cittadino nella lotta alle zanzare è fondamentale**. Anche in questo caso, ridurre o eliminare i siti di sviluppo delle larve è da preferire alla lotta contro le zanzare adulte. Nel capitolo "i siti di riproduzione delle zanzare" saranno meglio descritti i potenziali focolai di riproduzione delle zanzare in aree private; in generale possiamo anticipare che devono essere rimosse o trattate (vedi "metodi di controllo") tutte le raccolte d'acqua che possono permanere per più di una settimana. L'uso di adulticidi in aree private è da considerarsi un metodo di lotta "di seconda scelta" e da effettuare solo in situazioni di estremo disagio (eccessiva densità di adulti di zanzare) o in casi di emergenze sanitarie. Si consiglia di demandare l'impiego di adulticidi a ditte specializzate, anche se esistono in commercio prodotti che possono essere applicati dai privati cittadini. Spruzzare un adulticida significa comunque spruzzare un veleno, per cui servono competenze, rispetto delle norme d'impegno ed estrema cautela nell'uso del prodotto.

ATTENZIONE!!! Gli adulticidi hanno un impatto negativo anche su molti altri insetti tra cui gli impollinatori come le api.

Controllo o eradicazione? Quando quest'ultima è possibile

La capacità di dispersione di una specie è influenzata da diversi fattori, come le caratteristiche del territorio, le condizioni climatiche, la disponibilità di ambienti idonei allo sviluppo delle larve e di animali sui quali gli adulti possano nutrirsi. In Italia, ed in particolare nel Nord-Est, le zanzare invasive sembrano aver trovato le condizioni adatte per insediarsi e diffondere. Quando arriva una nuova specie in un nuovo territorio segue un processo che prevede tre fasi: 1) Arrivo 2) Inseediamento e 3) Espansione. Durante la prima fase, la specie invasiva è presente con pochi esemplari e in un'area molto limitata. Durante la seconda fase, essa comincia a moltiplicarsi e ad occupare un'area più estesa (es. un comune). Nella terza fase, la nuova specie inizia a colonizzare nuovi territori, distanti diversi chilometri ed è possibile ritrovarla anche negli anni successivi. Considerando questo schema, l'eradicazione, ovvero l'eliminazione totale delle specie aliena, è possibile solo nella fase 1 (arrivo). Un tentativo può essere fatto anche se siamo in fase 2 (inseediamento), ma per la buona riuscita bisogna impiegare uno sforzo maggiore in termini di tempo, forze e risorse economiche. Se la specie invasiva raggiunge la fase 3 (espansione) possiamo solo provare a limitarne l'espansione e cercare di ridurre la densità fino ad arrivare ad una soglia di "accettabilità" per la popolazione.

I siti di riproduzione delle zanzare

Come già accennato in alcuni capitoli precedenti i siti di riproduzione delle zanzare invasive (zanzara tigre e coreana) sono le piccole raccolte d'acqua, anche temporanea. Non sono idonei a queste specie grandi bacini come fiumi, laghi o paludi. È importante ricordare che molti potenziali focolai di riproduzione sono presenti nelle aree private e spesso il cittadino non immagina nemmeno che oggetti abbandonati in casa propria potrebbero essere utilizzati dalle zanzare per riprodursi. Nella tabella seguente sono elencati i potenziali siti di riproduzione delle zanzare, le aree dove sono maggiormente presenti ed i metodi di gestione del focolaio per evitare il proliferare delle zanzare (Tabella 1).

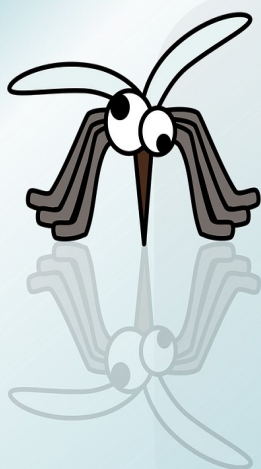


Tabella 1. Siti di riproduzione delle zanzare, localizzazione e azioni di controllo

Tipo di focolaio larvale	Presenza in area pubblica	Presenza in area privata	Tipo di intervento
Caditoia, tombino	X	X	Trattamento con larvicida
Canalette di scolo	X		Trattamento con larvicida
Pneumatici usati	X	X	Coprire con teli o creare dei fori
Bidoni		X	Coprire con rete o con coperchi o usare larvicidi
Serbatoi		X	Coprire con rete o con coperchi o usare larvicidi
Grandi contenitori d'acqua (più di 5 litri)	X	X	Svuotarli dall'acqua, capovolgerli o coprirli con reti o usare larvicidi
Abbeveratoi		X	Cambiare l'acqua almeno una volta a settimana
Fontane e laghetti	X	X	Aggiungere pesci (pesci rossi o gambusie)
Piccoli contenitori d'acqua (meno di 5 litri)	X	X	Svuotarli dall'acqua e capovolgerli
Secchi		X	Svuotarli dall'acqua e capovolgerli
Vasi nei cimiteri	X		Cambiare l'acqua almeno una volta a settimana o riempirli con ghiaia
Sottovasi	X	X	Svuotarli almeno una volta a settimana
Teli per coperture		X	Stenderli bene in maniera tale che non formino delle anse che trattengono acqua

I metodi di controllo: descrizione, punti deboli e di forza

La lotta alle zanzare è un'impresa iniziata molto tempo fa ed è tuttora in corso in molti paesi del mondo. Se si pensa alla gravità delle malattie trasmesse dalle zanzare, soprattutto nelle aree tropicali, si può capire perché ricercatori e professionisti della disinfestazione siano in continua lotta contro questo insetto cercando di sviluppare metodi innovativi sempre più efficaci. Ad oggi esistono molti metodi di lotta alle zanzare che essenzialmente si possono raggruppare in: **biologici, meccanici, chimici, ambientali e genetici**. Tra i metodi di lotta biologici ci sono ad esempio i trattamenti larvicidi con prodotti innocui ad altri animali (es. *Bt*) oppure l'introduzione nei potenziali focolai di predatori naturali come pesci o copepodi. Metodi di lotta meccanici sono rappresentati dall'uso di film monomolecolari che impediscono alle zanzare di deporre le uova e alle larve di respirare oppure l'uso di trappole per adulti. Nei metodi chimici invece si trovano i trattamenti larvicidi ed adulticidi che comportano danno anche ad altri animali non-target. La rimozione/svuotamento dei contenitori che potrebbero trattenere acqua e la copertura con reti o coperchi di grandi contenitori fanno invece parte della categoria dei metodi ambientali. Infine i metodi genetici sono rappresentati principalmente dalla tecnica dell'insetto sterile.



Per alcuni metodi l'efficacia è ormai comprovata, per altri si tratta solo di sperimentazioni che non hanno ancora dato risultati soddisfacenti. Di seguito saranno descritti nel dettaglio i diversi metodi di lotta (Tabella 2) iniziando da quelli di comprovata efficacia contro le zanzare del genere *Aedes*. Infine, verranno passati in rassegna altri metodi, nuovi o ancora in fase di sperimentazione, per ora gestiti solo dai ricercatori, la cui validità non è ancora stata chiarita. I vantaggi e svantaggi dei diversi metodi sono riassunti nella Tabella 3. I repellenti invece non sono considerati come metodi di controllo delle zanzare in quanto servono solo ad allontanarle senza eliminarle (Box 5).

Box 5: I repellenti per proteggersi dalle zanzare

I repellenti sono delle sostanze naturali (es. citronella, geraniolo ecc.) o chimiche (es. icaridina, DEET) che servono a tenere lontane le zanzare evitando la loro puntura. Sono prodotti costituiti da diversi tipi di molecole che vengono percepite dalle zanzare, attraverso l'olfatto, come sostanze sgradevoli oppure agiscono "mascherando" l'odore dell'ospite. L'uso di repellenti è molto importante ed è la misura più efficace per proteggersi dalle punture delle zanzare evitando quindi di contrarre malattie da loro trasmesse. I repellenti possono essere spruzzati sui vestiti oppure sulla pelle. Perdono però velocemente il loro effetto specie se spruzzati sulla pelle per via del dilavamento dovuto al sudore. Va comunque ricordato che i repellenti non servono ad eliminare le zanzare, ma solo per tenerle lontano. Per questo motivo non sono stati presi in considerazione come metodi per il controllo delle zanzare.



Tabella 2. Metodi di controllo delle zanzare (Baldacchino et al. 2015).

Metodo di controllo	Tipo di controllo	Specie bersaglio
Rimozione contenitori che potrebbero trattenere acqua	Ambientale	Tutte le specie di zanzare
Rimozione acqua da contenitori almeno una volta a settimana	Ambientale	Tutte le specie di zanzare
Coprire con reti o coperchi grandi contenitori con acqua	Ambientale	Tutte le specie di zanzare
Trappola per adulti*	Meccanico	Tutte le specie di zanzare
Ovitrapola con colla o insetticida*	Meccanico/ chimico	Tutte le specie invasive del genere <i>Aedes</i>
Film monomolecolare	Meccanico/fisico	Tutte le specie di zanzare
Regolatori di crescita	Chimico	Tutte le specie di zanzare
Piretroidi	Chimico	Tutte le specie di zanzare
Larvicidi biologici (<i>Bti</i> , <i>Bsph</i>)	Biologico	Tutte le specie di zanzare
Pesci	Biologico	Tutte le specie di zanzare
Funghi entomopatogeni*	Biologico	Testati solo su zanzare del genere <i>Aedes</i>
Oli essenziali*	Biologico	Testati solo su zanzare del genere <i>Aedes</i>
<i>Wolbachia</i> *	Biologico	<i>Aedes albopictus</i>
Copepodì*	Biologico	Principalmente zanzare del genere <i>Aedes</i>
Tecnica dell'insetto sterile*	Genetico	<i>Aedes albopictus</i>

*Metodi in fase di sperimentazione

 Progetto LExEM (Laboratorio di Eccellenza per l'Epidemiologia e la Modellistica)

Stadio vitale della zanzara bersaglio	Impatto su altre specie	Sostenibilità	Aree da trattare
Larve	Si, su tutti gli invertebrati con larve acquatiche	Ecosostenibile Nessuna resistenza	Principalmente private
Larve	Si, su tutti gli invertebrati con larve acquatiche	Ecosostenibile Nessuna resistenza	Principalmente private
Larve	Si, su tutti gli invertebrati con larve acquatiche	Ecosostenibile Nessuna resistenza	Principalmente private
Adulti	No	Ecosostenibile Nessuna resistenza	Pubbliche e private
Adulti	No	Ecosostenibile Nessuna resistenza	Pubbliche e private
Larve	Minimo	Ecosostenibile Nessuna resistenza	Pubbliche e private
Uova e larve	Si, su tutti gli invertebrati con larve acquatiche	Resistenza possibile	Pubbliche e private
Adulti	Si	Resistenza possibile	Principalmente pubbliche
Larve	No	Ecosostenibile Nessuna resistenza	Pubbliche e private
Larve	Si, su tutti gli invertebrati con larve acquatiche	Ecosostenibile Nessuna resistenza	Pubbliche e private
Uova ed adulti	No	Ecosostenibile Nessuna resistenza	Pubbliche e private
Larve	Non ancora dimostrata	Ecosostenibile Resistenza molto bassa	Pubbliche e private
Adulti	No	Ecosostenibile Resistenza bassa	Pubbliche
Larve	Minimo	Ecosostenibile Nessuna resistenza	Principalmente private
Adulti	No	Ecosostenibile Nessuna resistenza	Pubbliche

Tabella 3. Vantaggi e svantaggi dei diversi metodi di controllo

Metodo di controllo	Vantaggi	Svantaggi
Rimozione contenitori che potrebbero trattenere acqua	<ul style="list-style-type: none"> • Efficace • Semplice • Nessun impatto ambientale • Economico 	<ul style="list-style-type: none"> • Richiede un'ispezione frequente • Importante il coinvolgimento e la consapevolezza dei privati
Rimozione acqua da contenitori almeno una volta a settimana	<ul style="list-style-type: none"> • Efficace • Semplice • Nessun impatto ambientale • Economico 	<ul style="list-style-type: none"> • Richiede un'ispezione accurata ed un trattamento dei contenitori continuo • Importante il coinvolgimento e la consapevolezza dei privati
Coprire con reti o coperchi grandi contenitori con acqua	<ul style="list-style-type: none"> • Efficace • Semplice • Nessun impatto ambientale • Economico 	<ul style="list-style-type: none"> • Richiede un'ispezione accurata • Importante il coinvolgimento e la consapevolezza dei privati
Trappola per adulti: Gravid trap®, BG-sentinel®, Magnet trap®, CDC-trap	<ul style="list-style-type: none"> • Nessun impatto ambientale • Selettiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Possono essere efficaci se usate in grandi numeri • Non facilmente reperibile • Modalità d'uso non semplice • Costosa
Ovitrapola con colla o insetticida	<ul style="list-style-type: none"> • Nessun impatto ambientale • Selettiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Per essere efficaci devono essere usate molte ovitrapole e vanno comunque rimossi gli altri possibili focolai larvali • Non facilmente reperibili

Metodo di controllo	Vantaggi	Svantaggi
Film monomolecolare	<ul style="list-style-type: none"> • Facile da applicare • Azione meccanica quindi non insorgono resistenze • Selettivo • Persistente (4 settimane) 	<ul style="list-style-type: none"> • Non facilmente reperibile
Regolatori di crescita	<ul style="list-style-type: none"> • Efficace • Applicazione semplice • Efficacia persistente • Economico • Facilmente reperibile 	<ul style="list-style-type: none"> • Insorgenza di resistenze • Tossico per altri insetti
Piretroidi	<ul style="list-style-type: none"> • Efficacia immediata (effetto abbattimento) • Effetto residuale (effetto barriera) per qualche giorno dopo il trattamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Insorgenza di resistenze • Tossico per gli altri animali e l'uomo • Inquinante delle falde acquifere • L'applicazione richiede professionalità, mezzi specifici e attenzione • Efficacia molto limitata nel tempo (circa 1 settimana)
Larvicidi biologici: <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>israelensis</i> (<i>Bti</i>), <i>Bacillus sphaericus</i> (<i>Bsph</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Efficace • Nessun impatto ambientale • Selettivo • Facilmente reperibile • Applicazione semplice • Efficacia persistente per il formulato <i>Bti</i>+<i>Bsph</i> (4-8 settimane) 	<ul style="list-style-type: none"> • Durata dell'efficacia limitata per il solo <i>Bti</i> (2 settimane) • Più costoso rispetto ad altri larvicidi
Pesci	<ul style="list-style-type: none"> • Efficace • Applicazione semplice • Economico 	<ul style="list-style-type: none"> • I pesci hanno comunque bisogno di essere alimentati • Possono essere trattati solo siti con acqua permanente e pulita • Se il pesce è alloctono bisogna evitare la fuga in acque libere

Metodo di controllo	Vantaggi	Svantaggi
Funghi entomopatogeni	<ul style="list-style-type: none"> • Nessun impatto ambientale • Selettivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Non facilmente reperibili • Efficacia comprovata solo in alcuni test di laboratorio
Olii essenziali	<ul style="list-style-type: none"> • Nessun impatto ambientale 	<ul style="list-style-type: none"> • Efficacia comprovata solo in alcuni test di laboratorio
<i>Wolbachia</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Altamente selettivo • Potenzialmente l'efficacia è definitiva • Può ridurre la proporzione di zanzare infette da patogeni 	<ul style="list-style-type: none"> • Richiede manipolazione genetica avanzate • Produzioni di maschi infettati da <i>Wolbachia</i> non semplice e costosa • Efficacia non confermata su larga scala
Copepodi	<ul style="list-style-type: none"> • Nessun impatto ambientale • Applicazione semplice • Economico • Possono essere impiegati insieme a <i>Bti</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • I copepodi per sopravvivere hanno bisogno di presenza costante di cibo e acqua • Possono essere trattati solo alcuni focolai • Efficacia parziale (solo sui primi stadi larvali) • Non facilmente reperibili
Tecnica dell'insetto sterile	<ul style="list-style-type: none"> • Altamente selettivo • Potenzialmente l'efficacia è definitiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Richiede manipolazione genetica avanzate • Produzioni di maschi sterili non semplice e costosa • Efficacia non confermata su larga scala



Metodi di controllo di comprovata efficacia

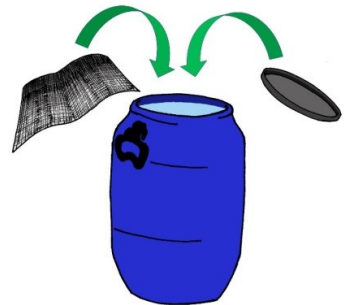
Gestione ambientale dei siti di riproduzione

Per gestione ambientale si intende la gestione dei contenitori che potrebbero favorire il ristagno di acqua. Il controllo in questo caso consiste semplicemente nell'evitare che si depositi acqua in contenitori abbandonati come secchi, vasche, ecc. avendo cura di capovolgerli o coprirli.



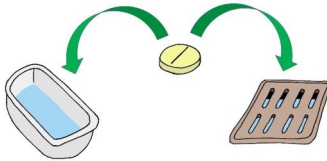
Vasi e sottovasi devono essere svuotati dall'acqua almeno una volta a settimana; è importante adottare questo metodo anche nei cimiteri.

Nel caso di contenitori che non possono essere svuotati, come grossi recipienti, bidoni, serbatoi, ecc. si può procedere coprendoli con una coperchio o una rete tipo zanzariera, avendo cura di non lasciare fessure. Bisogna fare attenzione anche ai teloni o coperture in plastica utilizzati per coprire vari materiali, poiché tra le pieghe si accumula acqua che, se non evapora, forma ristagni d'acqua utilizzati poi dalle zanzare; è necessario quindi distenderli in modo che non formino pieghe. Probabilmente, la gestione ambientale è il metodo di controllo più semplice, efficace ed ecologico che esista. Il problema è che la gestione dei potenziali siti d'infestazione deve essere messa in pratica da tutti ed in maniera continua, ma spesso nel tempo si perde il livello d'attenzione. Purtroppo, poche persone conoscono l'importanza che hanno questi semplici accorgimenti.



Lotta larvicida di tipo biologico

La lotta larvicida rappresenta il sistema di controllo che colpisce le zanzare all'interno dei focolai di riproduzione con insetticidi ad azione antilarvale. I trattamenti larvicidi sono necessari nei focolai che non possono essere eliminati e nei quali permane l'acqua.



Uno dei larvicidi più diffusi è costituito da un batterio, il *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (*Bti*). È un prodotto biologico poiché è specifico verso le zanzare e non è tossico per altre specie. È venduto in compresse da aggiungere nell'acqua dove ci sono le larve ed agisce entro le 24 ore. Poiché è facilmente degradabile, il trattamento deve essere ripetuto almeno ogni due settimane. Per aumentare la durata dell'efficacia è stato recentemente sviluppato un nuovo prodotto costituito da una miscela di *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus sphaericus* (*Bsph*); questo nuovo formulato mantiene la stessa efficacia ma può durare quasi due mesi. Nelle caditoie è importante non mettere il prodotto larvicida poco prima di un temporale per evitare che il prodotto venga dilavato. È importante anche assicurarsi che il fondo del focolaio non sia troppo fangoso/organico poiché se la pastiglia viene inglobata dal fango la sua efficacia viene ridotta.

Lotta larvicida di tipo chimico

Un'altra classe di larvicidi è costituita dai cosiddetti "regolatori di crescita" poiché agiscono alterando lo sviluppo delle larve impedendo la metamorfosi e portando alla morte dell'insetto. Tra i principi attivi presenti nel mercato i più affidabili sono il diflubenzuron, il pyriproxyfen ed il methoprene. Sono prodotti non tossici per i vertebrati, ma solo per gli artropodi, in particolare quelli acquatici. Venduti in compresse, sono caratterizzati da una buona efficacia e persistenza (1 mese circa). Nelle caditoie è importante non mettere il prodotto larvicida poco prima di un temporale per evitare che il prodotto venga dilavato.



E' importante anche assicurarsi che il fondo del focolaio non sia troppo fangoso/organico poiché se la pastiglia viene inglobata dal fango la sua efficacia viene ridotta.

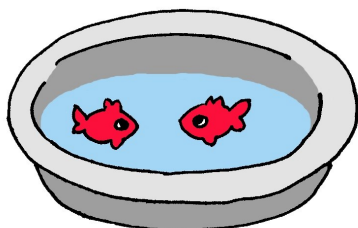


Lotta larvicida di tipo meccanico/fisico

Se le dimensioni del focolaio sono piuttosto grandi e il trattamento larvicida richiederebbe notevoli quantità di prodotto si possono usare i cosiddetti film monomolecolari. Sono dei prodotti liquidi che versati in gocce sulla superficie dell'acqua creano un film sottile che impedisce alle larve di respirare in modo corretto ed agli adulti di alcune specie di zanzara di deporre le uova sulla superficie. La persistenza in condizioni ottimali è di circa 1 mese.

Questo prodotto può essere anche utile in focolai dove l'effetto dei larvicidi potrebbe essere limitato dal fondo fangoso e/o l'immissione di predatori naturali delle larve di zanzara è pregiudicata dall'inquinamento dell'acqua.

Pesci



I pesci, ed in particolare alcune specie di piccole dimensioni come i comuni pesci rossi sono dei formidabili predatori che si nutrono delle larve di zanzare. Quindi, quando è possibile aggiungerli alle raccolte d'acqua, come fontane o laghetti, svolgono un'azione di controllo permanente, efficace e ad impatto ambientale zero. Il limite è che non possono essere impiegati in tutte le raccolte

d'acqua, per esempio in quelle eccessivamente inquinate o soggette a prosciugarsi. E' molto importante inoltre assicurarsi che il pesce immesso nel focolaio non sia poi immesso volontariamente o involontariamente nelle acque libere del territorio, specialmente se si tratta di specie alloctone (non native del territorio).

Lotta adulticida con piretroidi

Gli interventi adulticidi hanno lo scopo di abbassare drasticamente la densità di adulti di zanzare, ma occorre sempre tenere presente che l'effetto abbattente del trattamento, anche se condotto applicando le buone pratiche, è di durata limitata nel tempo (pochi giorni).

Inoltre, l'impatto ambientale di questi trattamenti è considerevole (es. elevata tossicità per gli insetti impollinatori) non esistendo prodotti ad azione selettiva per le zanzare. Pur esistendo un numero elevato di formulati insetticidi per il controllo delle zanzare adulte, i più comuni sono i piretroidi, derivati sintetici di molecole organiche contenute comunemente nel piretro. Si presentano sotto forma di sospensioni, emulsioni acquose o di solventi a bassa tossicità di derivazione vegetale, da sciogliere in acqua. Per i trattamenti adulticidi sono necessari atomizzatori/nebulizzatori automontati (impiegati soprattutto per trattamenti sul suolo pubblico) o spallaggiati (consigliati per i fondi privati), in grado di produrre una nebbia di microgocce. I trattamenti devono essere eseguiti nelle ore di maggior attività delle zanzare *Aedes*, quindi nelle ore più fresche del giorno. Vanno trattate principalmente le siepi ed i cespugli e tutti quei luoghi che fungono da riparo per gli adulti di zanzara. Tuttavia, bisogna fare particolare attenzione che non vengano contaminate le falde acquifere o il cibo (sia per l'uomo che per gli animali); per questo, prima dei trattamenti, la popolazione deve essere avvisata in modo da poter prendere le giuste precauzioni.

Metodi di controllo in fase di sperimentazione

Uso di trappole come metodo di controllo

In molti paesi del mondo sono state usate come metodo di controllo delle trappole specifiche per la cattura di zanzare. Alcune di queste, come le ovitrappole e le BG-Sentinel®, sono già state descritte nel box "Il monitoraggio delle zanzare". Altre trappole dal funzionamento simile sono le ovitrappole con colla o insetticida, le Magnet trap®, le Gravid trap® e le CDC-trap.

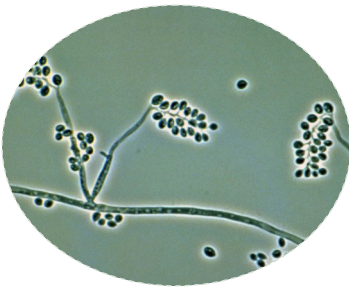


(A) Gravid trap®, (B) Magnet trap® e (C) CDC-trap (Foto: F. Baldacchino; <http://www.mosquitomagnet.it/>)

L'ovitrappola con colla o insetticida è simile all'ovitrappola, ma al posto della stecca di legno ha un foglio adesivo o trattato con un insetticida per uccidere le zanzare adulte quando si appoggiano per deporre le uova. La Magnet trap® è una trappola simile alla BG-Sentinel®, ma con una bombola di gas attrattivo; è più complessa, grande e costosa. La Gravid trap® è composta da una ventola ed una bacinella con dentro un infuso di piante. La trappola attrae le zanzare che hanno già fatto il pasto di sangue e sono in cerca di un sito idoneo per deporre le uova. La CDC-trap infine è composta da un sistema di aspirazione costituito da un contenitore per il ghiaccio secco posto sopra un tubo cilindrico alla cui sommità è posta una apertura tale da consentire l'entrata alle zanzare. Nella parte opposta del tubo c'è una ventola (per spingere le zanzare dentro la sacca sottostante) azionata da un motorino elettrico. L'attrattivo è costituito da ghiaccio secco che sublimando si disperde sotto forma di anidride carbonica. Preferibilmente deve essere posizionata ad 1 mt e ½ di altezza.

Anche se in alcuni studi è riportata una certa efficacia in determinate situazioni, le trappole non sono lo strumento ottimale per ridurre la popolazione di zanzare. Per dare un minimo effetto abbattente, bisognerebbe usare un gran numero di trappole e rimuovere contemporaneamente i siti di riproduzione naturali; in queste condizioni, il metodo si rivela molto complicato ed economicamente poco vantaggioso. In conclusione, le trappole per zanzare sono un valido strumento per monitorare la presenza e densità delle zanzare, ma non sono consigliate come metodo di lotta.

Funghi entomopatogeni



Alcuni funghi (muffe) come le specie *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* hanno mostrato in condizioni di laboratorio di avere un effetto biocida soprattutto sugli adulti di zanzara ma anche sulle uova. Il fungo può essere aggiunto sulle superfici dove le zanzare depongono le uova, su vestiti, tessuti o zanzariere. È un metodo biologico, selettivo per le zanzare e di facile applicazione. Tuttavia, l'efficacia è stata dimostrata solo in test sperimentali.

Oli essenziali

Gli olii essenziali sono una miscela di diverse molecole ottenute da prodotti di origine vegetale. Alcuni prodotti sono simili a quelli usati come repellenti. Si presentano allo stato liquido e disciolti in acqua hanno un effetto larvicida. È un metodo biologico, ben tollerato dagli altri animali; ma anche in questo caso l'efficacia non è stata ancora del tutto dimostrata sul campo.

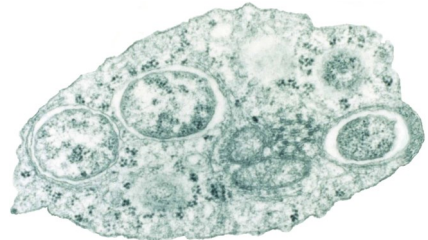


Copepodi

I copepodi sono dei piccoli crostacei d'acqua dolce presenti principalmente nei laghi (Box 6). Quelli appartenenti al genere *Macrocyclus* e *Mesocyclops* sono predatori di altri invertebrati e tra questi, anche di larve di zanzara (solo i primi due stadi larvali). Se aggiunti alle raccolte d'acqua, svolgono un'azione di controllo permanente ed abbastanza efficace. Come per i pesci, non possono però essere impiegati in tutte le raccolte d'acqua, ma solo in quelle non troppo inquinate o soggette a prosciugarsi. La valutazione dell'efficacia è ancora in fase di sperimentazione.

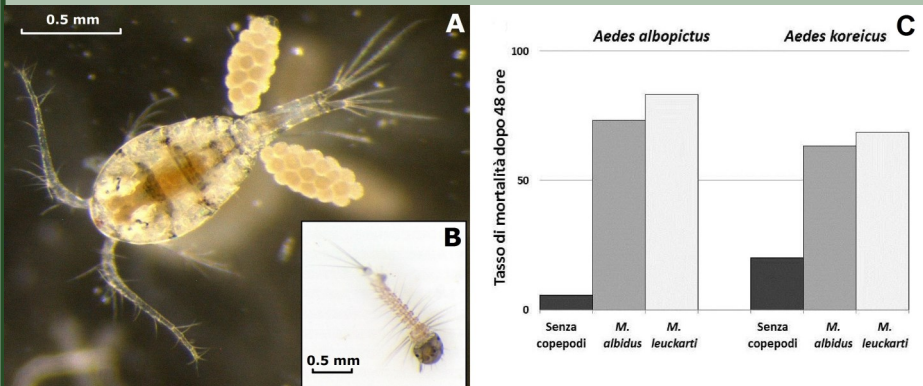
Tecnica del rilascio di maschi sterili o infettati dal batterio *Wolbachia*

L'ultima frontiera del controllo consiste nel tentare di "rendere sterile" la popolazione delle zanzare. Utilizzando diversi approcci (biologici e genetici) si producono in laboratorio maschi di zanzare sterili. In breve, femmine "selvatiche" che si accoppiano con maschi di laboratorio infettati con il batterio *Wolbachia* producono una progenie sterile. Oppure, con tecniche genetiche, si sterilizzano direttamente i maschi (con radiazioni o mezzi chimici) che vengono poi rilasciati in gran numero nell'ambiente; se le femmine selvatiche si accoppieranno con questi, non avranno progenie. Molti laboratori stanno conducendo esperimenti per perfezionare il metodo, ma per ora, l'idea di sterilizzare le zanzare rimane di difficile riuscita.



Box 6: I copepodi italiani come predatori delle zanzare invasive

Come già riportato, l'uso di predatori naturali di larve di zanzare è un metodo innovativo che solo recentemente è stato oggetto di studi. Nell'ambito del Progetto LExEM sono state valutate le capacità di due specie di copepodi già presenti in Italia: *Mesocyclops leuckarti* e *Macrocyclus albidus*. I risultati hanno mostrato che *M. leuckarti* è più efficiente di *M. albidus* come predatore e che le larve di zanzara tigre vengono predate maggiormente rispetto a quelle della zanzara coreana. Questo comportamento è probabilmente dovuto alle maggiori dimensioni delle larve di *Aedes koreicus* che vengono quindi attaccate con maggior difficoltà. Saranno necessari ulteriori studi per valutare l'effettivo utilizzo di queste specie nella lotta delle zanzare nei nostri territori.

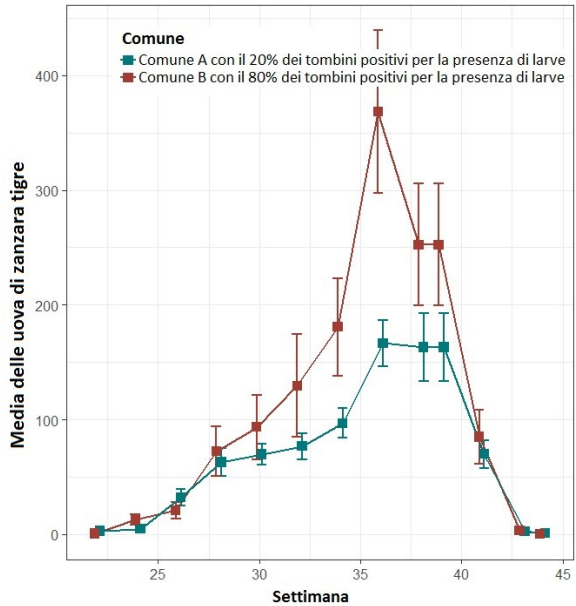


A) Femmina adulta di *Macrocyclus albidus*, (B) Larva al primo stadio di *Aedes koreicus*, (C) Tasso di mortalità delle larve al primo stadio di zanzara tigre (n=50) o zanzara coreana (n=50) predate da una femmina di *Macrocyclus albidus* o *Mesocyclops leuckarti* in una piastra di Petri con 10mL di acqua dopo 48 ore (foto: F. Baldacchino; Baldacchino et al. 2017a).

L'esperienza sul campo di alcuni metodi di lotta nell'ambito del Progetto LExEM

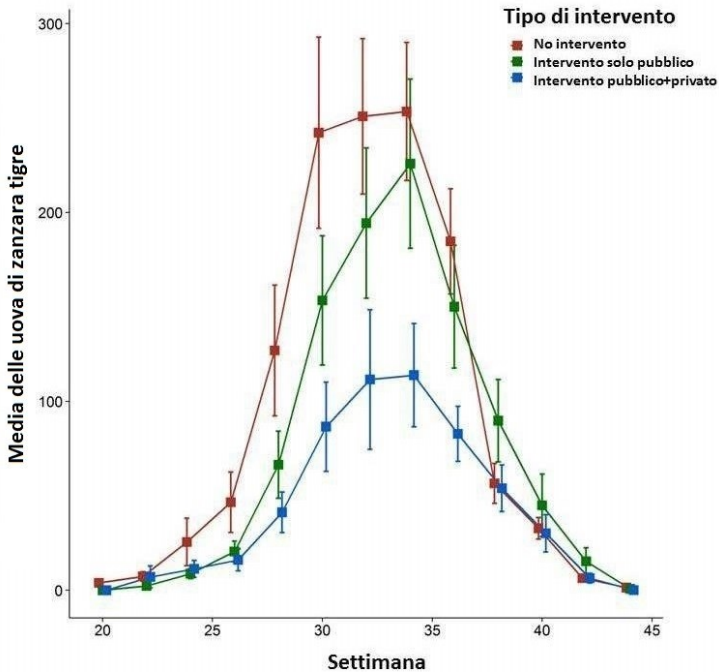
Trattamenti larvicidi nei comuni

Tra le varie attività svolte nell'ambito del Progetto LExEM, sono stati valutati dei metodi di lotta alle zanzare. Con alcuni comuni della Piana Rotaliana si è deciso di trattare con del larvicida biologico tutte le caditoie contenenti acqua presenti sul suolo comunale. Gli operai comunali, una volta al mese, a partire da maggio fino ad ottobre, hanno trattato le caditoie con un formulato granulare di *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* + *Bacillus sphaericus*. Per ogni caditoia è stato versato all'incirca 10g di prodotto. Durante la stagione i ricercatori hanno effettuato dei campionamenti in alcune caditoie sparse sul territorio dei comuni coinvolti. In un caso le caditoie erano all'80% positive alla presenza delle larve di zanzara mentre nell'altro lo erano soltanto al 20%. Nel periodo in cui i comuni hanno effettuato i trattamenti i ricercatori hanno costantemente monitorato la popolazione di zanzare usando sia delle ovitrappole (per il conteggio delle uova deposte dalla zanzara tigre) sia le BG-Sentinel® (per la cattura degli adulti). Dai dati ottenuti si può valutare quanto sia importante trattare al meglio tutte le caditoie presenti sul suolo comunale.



Media delle uova di zanzara tigre catturate nelle ovitrappole bisettimanalmente in due comuni con una diversa percentuale di tombini positivi per la presenza di larve di zanzara.





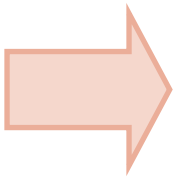
Media delle uova di zanzara tigre catturate nelle ovitrappole bisettimanalmente nei comuni con diversi tipi di intervento (Baldacchino et al. 2017b).

Dai dati ottenuti, risulta che **il trattamento pubblico+privato è stato più efficace rispetto al trattamento eseguito esclusivamente in focolai pubblici**; inoltre, è stata riscontrata una buona partecipazione della popolazione. In conclusione, il metodo del "porta a porta" può essere un metodo di lotta efficace contro le zanzare invasive e con effetti duraturi nel tempo se i cittadini ed i comuni continuano ad applicare le azioni di controllo. Infatti, questo metodo di controllo può funzionare al meglio solamente quando c'è la partecipazione di tutta la comunità locale. Un altro aspetto di cui tener conto è che la campagna di educazione, ispezione e verifica dei risultati è piuttosto impegnativa in termini economici e di persone impiegate. Se si riuscissero a superare questi problemi, per esempio coinvolgendo associazioni di volontari, il "porta a porta" potrebbe rivelarsi un metodo vincente.



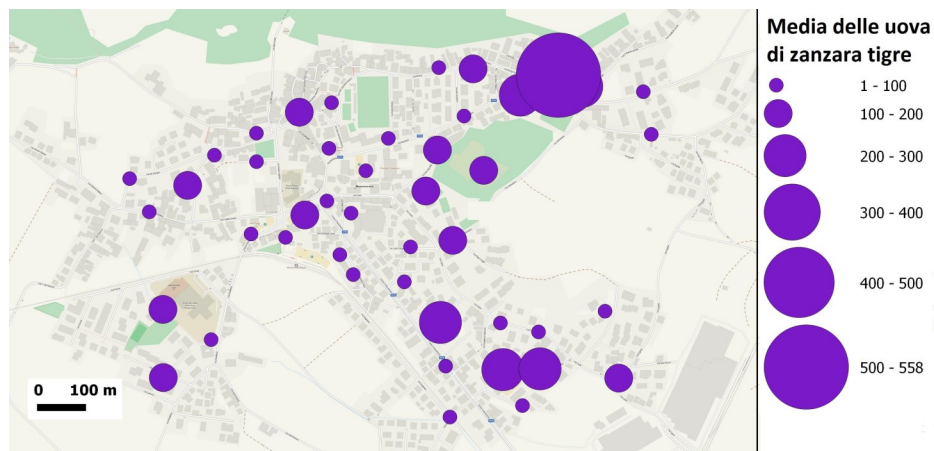
Strategie di controllo: come possono aiutarci modelli e mappe?

La lotta contro le zanzare non può essere basata su un unico metodo di controllo. Per ottenere la massima efficacia è bene combinare diversi metodi in una strategia di controllo integrata. Un esempio classico di strategia integrata è l'educazione dei cittadini alla gestione dei siti di riproduzione nel privato (es. rimozione contenitori con acqua) via messaggi mediatici, brochure e serate informative, combinata con i trattamenti larvicidi di caditoie e tombini sul suolo pubblico da parte delle amministrazioni locali. Questa strategia non ha un effetto immediato ma è efficace sul lungo termine. È importante iniziare con le azioni di controllo già all'inizio della stagione delle zanzare e continuarle ogni anno. Un altro fattore essenziale per la riuscita di questa strategia di controllo è la sinergia tra pubblico e privato. In caso di elevata infestazione di zanzare o di rischio di epidemia, bisogna abbattere in breve tempo la densità di zanzare con l'uso di adulticidi ricordando però le precauzioni già evocate nel capitolo "lotta adulticida con piretroidi".



Per essere il più efficace possibile, una strategia di controllo deve essere adatta a una certa realtà, ovvero alla tipologia del territorio, alle condizioni climatiche, alla densità di zanzare, al rischio di diffusione di un virus. Ma come pianificare una strategia di controllo? Quando iniziare i trattamenti larvicidi? Come valutare un nuovo metodo di controllo? Come valutare il rapporto costo-efficacia di una strategia?

Per rispondere a queste domande, possiamo usare i **modelli matematici** che descrivono la dinamica temporale e spaziale delle zanzare. Infatti nei modelli si possono includere e/o cambiare diversi parametri come i metodi di controllo usati, il momento dei trattamenti o il numero dei trattamenti. Così i modelli ci permettono di valutare l'efficacia di diverse strategie di controllo in varie condizioni. Per esempio, i ricercatori del progetto LEXEM hanno evidenziato come nelle province di Trento e Belluno i trattamenti larvicidi possono ridurre il rischio di diffusione di un virus in seguito all'introduzione di un caso infetto e che questa strategia ha un buon rapporto costo-efficacia nelle località con di meno 35.000 abitanti e con una densità alta di zanzara tigre (> 200 femmine adulte per ettaro) (Guzzetta et al., in preparazione).



Medie delle uova di zanzara tigre campionate con ovitrappole durante il monitoraggio nel Comune di Mezzocorona nel 2014 (Baldacchino et al. 2017b).

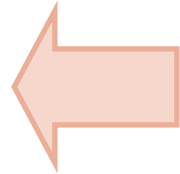
Inoltre l'analisi spaziale e la produzione di mappe possono aiutarci ad ottimizzare l'applicazione di misure di controllo. I ricercatori hanno sviluppato delle mappe di presenza e/o abbondanza rispetto ai parametri climatici (temperature e precipitazioni) e/o all'uso del suolo (tessuto urbano). Le mappe servono a visualizzare la distribuzione delle zanzare e quindi ad evidenziare le zone più infestate. Ci permettono di pianificare le misure di controllo sul territorio e di adattare la strategia secondo la densità di zanzare. Durante la stagione di attività delle zanzare, le misure di controllo possono anche essere orientate usando delle mappe aggiornate basate su un monitoraggio in tempo reale ("real-time").



Conclusione: I metodi di controllo, cosa fare in Trentino?

In generale, esistono molti metodi per controllare il proliferare delle zanzare. Alcuni risultano più efficaci in determinate condizioni e in situazioni particolari, ma ciascuno di essi offre vantaggi e svantaggi nella loro messa in pratica. È fondamentale quindi scegliere il metodo che dia i maggiori risultati con il minor sforzo possibile in termini economici e di tempo. Ricordiamo che se alcune pratiche risultano generalmente migliori di altre, devono esserci comunque le condizioni affinché sia possibile metterle in pratica.

In conclusione, da quanto detto finora, risulta evidente che **il miglior metodo per il controllo delle zanzare è evitare che esse si riproducano**; quindi la rimozione e/o il trattamento dei possibili focolai larvali è il passo fondamentale.



Bisogna quindi individuare dove sono i siti nei quali le zanzare si riproducono. In aree densamente urbane (grandi e medie città) i focolai di sviluppo larvale sono presenti maggiormente in aree pubbliche e sono rappresentati soprattutto dalle caditoie e tombini stradali o aree verdi come parchi e cimiteri. In tali contesti il controllo delle zanzare è affidato maggiormente alle amministrazioni comunali (che si avvarranno del supporto di ditte di disinfestazione). In aree costituite da piccole unità abitative, sparse, con giardini ed ampie aree verdi, i focolai di sviluppo larvale si trovano soprattutto in aree private; in questo contesto, il controllo delle zanzare è possibile solo se i cittadini collaborano, in sinergia con l'amministrazione pubblica, mettendo in pratica le azioni di controllo (si rimanda alla tabella "Metodi di controllo delle zanzare" per una panoramica delle possibili azioni di controllo).



In Trentino, le città di grandi dimensioni sono poche e comunque le zone verdi private sono abbastanza comuni anche in città come Trento. Per contro, le aree urbane di piccole dimensioni sono molto diffuse.

Quindi il controllo delle zanzare in Trentino è un compito che vede come protagonisti in primo luogo i privati cittadini.

Da indagini svolte nel territorio trentino (durante l'attività di "porta a porta") è emerso che i principali siti di riproduzione delle zanzare sono i contenitori di piccole e medie dimensioni (secchi, vasche, vasi, sottovasi, bidoni) presenti in aree private. La miglior pratica da mettere in atto nel controllo delle zanzare in Trentino è quindi la rimozione di tutte queste piccole raccolte d'acqua ed il trattamento con larvicidi di quelle non rimovibili. I contenitori di maggiori dimensioni possono essere chiusi con reti o coperchi e nelle fontane e laghetti possono essere aggiunti i pesci. Come risulta evidente, tutti i metodi elencati sono ecosostenibili, economici e semplici da mettere in pratica, ma richiedono una costante attenzione del cittadino.



È importante evidenziare il fatto che è compito dell'amministrazione quello di **educare i cittadini** ad applicare questi metodi virtuosi nel controllo delle zanzare. Si possono quindi organizzare incontri informativi (anche nelle scuole), distribuire volantini, rilasciare articoli su giornali/siti internet locali e servizi televisivi.

Per questo motivo possiamo concludere che il successo nella lotta alle zanzare inizia con la conoscenza del problema e dei metodi per risolverlo e la partecipazione di tutti è l'arma vincente.

Bibliografia



- Baldacchino F, Bruno MC, Visentin P, Blondel K, Arnoldi D, Hauffe HC, Rizzoli A. 2017a. Predation efficiency of copepods against the new invasive mosquito species *Aedes koreicus* (Diptera: Culicidae) in Italy. *The European Zoological Journal*. 84:43-48.
- Baldacchino F, Bussola F, Arnoldi D, Marcantonio M, Montarsi F, Capelli G, Rosà R, Rizzoli A. 2017b. An integrated pest control strategy against the Asian tiger mosquito in northern Italy: a case study. *Pest Management Science*. 73:87-93.
- Baldacchino F, Caputo B, Chandre F, Drago A, della Torre A, Montarsi F, Rizzoli A. 2015. Control methods against invasive *Aedes* mosquitoes in Europe: a review. *Pest Management Science*. 71:1471-1485.
- Baldacchino F, Montarsi F, Arnoldi D, Barategui C, Ferro Milone N, Da Rold G, Capelli G, Rizzoli A. 2017c. A 2-yr mosquito survey focusing on *Aedes koreicus* (Diptera: Culicidae) in northern Italy and implications for adult trapping. *Journal of Medical Entomology*. In press.
- Guzzetta G, Montarsi F, Baldacchino F, Metz M, Capelli G, Rizzoli A, Pugliese A, Rosà R, Poletti P, Merler S. 2016a. Potenzial risk of dengue and chikungunya outbreaks in northern Italy based on a population model of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Plos Neglected Tropical Diseases*. 10:e0004762.
- Guzzetta G, Poletti P, Montarsi F, Baldacchino F, Capelli G, Rizzoli A, Rosà R, Merler S. 2016b. Assessing the potenzial risk of Zika virus epidemics in temperate areas with established *Aedes albopictus* populations. *Eurosurveillance*. 21:pil=30199.
- Guzzetta G, Trentini F, Poletti P, Baldacchino F, Montarsi F, Capelli G, Rizzoli A, Rosà R, Merler S, Melegaro A. Epidemiological effectiveness and economic assessment of larviciding for control of mosquito-borne diseases in temperate climates. In preparation.
- Marcantonio M, Metz M, Baldacchino F, Arnoldi D, Montarsi F, Capelli G, Carlin S, Neteler M, Rizzoli A. 2016. First assessment of potential distribution and dispersal capacity of the emerging invasive mosquito *Aedes koreicus* in Northeast Italy. *Parasites and Vectors*. 9:63.
- Marini G, Guzzetta G, Baldacchino F, Arnoldi D, Montarsi F, Capelli G, Rizzoli A, Merler S, Rosà R. The effect of interspecific competition on the temporal dynamics of *Aedes albopictus* and *Culex pipiens*. *Parasite and Vectors*. Under revision.

- Metz M, Baldacchino F, Capelli G, Arnoldi D, Marcantonio M, Montarsi F, Neteler M, Rizzoli A. Potential distribution of invasive species in Italy. *LEXEM conference: Facing the invasion of alien arthropods species*. 7-9 November 2016, Trento, Italy.
- Montarsi F, Drago A, Martini S, Calzolari M, De Filippo F, Bianchi A, Mazzucato M, Ciocchetta S, Arnoldi D, Baldacchino F, Rizzoli A, Capelli G. 2015. Current distribution of the invasive mosquito species, *Aedes koreicus* [*Hulecoeteomyia koreica*] in northern Italy. *Parasites and Vectors*. 8:614.
- Montarsi F, Martini S, Dal Pont M, Delai N, M, Ferro Milone N, Mazzucato M, Solpelsa F, Cazzola L, Cazzin S, Ravagnan S, Ciocchetta S, Russo F, Capelli G. 2013. Distribution and habitat characterization of the recently introduced invasive mosquito *Aedes koreicus* [*Hulecoeteomyia koreica*], a new potential vector and pest in north-eastern Italy. *Parasites and Vectors*. 6:292.



Pubblicazione realizzata nell'ambito del progetto LExEM

WWW.LEXEM.EU

 **LEXEM**

 Provincia
Autonoma
di Trento

 FONDAZIONE
EDMUND
MACH

 Museo della Scienza

 FONDAZIONE
BRUNO KESSLER

 **IRSV**
Istituto Zooprofilattico
Sperimentale delle Venezie

 UNIVERSITY
OF TRENTO - Italy

 **Università Commerciale
Luigi Bocconi**

Con il contributo scientifico di

DONDENA
Centro "Carlo F. Dondena"
per la Ricerca sulle Dinamiche Sociali
e Politiche Pubbliche