

Alternativa metoder för myggbekämpning

KAROLIN ANDERSSON OCH MAGNUS LAND

RAPPORT 6840 • JUNI 2018



Beställningar

Ordertel: 08-505 933 40

E-post: natur@cm.se

Postadress: Arkitektkopia AB, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: www.naturvardsverket.se/publikationer

Naturvårdsverket

Tel: 010-698 10 00, fax: 010-698 16 00

E-post: registrator@naturvardsverket.se

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: www.naturvardsverket.se

ISBN 978-91-620-6832-5

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2018

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma 2018

Omslagfoto: Nadanka via Getty Images

K. Andersson och M. Land (2018): Alternativa metoder för myggbekämpning.
En kunskapsöversikt. EviEM, Stockholm.

Alternativa metoder för myggbekämpning

En kunskapsöversikt

Karolin Andersson och Magnus Land

Förord

Naturvårdsverket har i uppdrag att bevaka forskningsläget vad gäller olika åtgärder för att minska förekomsten av översvänningsmygg, samt att tillgängliggöra informationen på hemsidan;

<http://www.naturvardsverket.se/oversvanningsmygg>

Som en del i det uppdraget har denna litteratursammanställning om alternativa metoder för myggbekämpning tagits fram.

Rapporten redovisar och sammanfattar kunskapsläget för alternativa metoder för minskning av mygg som, bete slätter, dikesrensning, förändrad reglering av vattenflöden, buskröjning samt sterilisering av mygganar.

Litteratursammanställningen har utförts av Karolina Andersson och Magnus Land från MISTRA EviEM. Författarna ansvarar själva för rapportens innehåll.

Naturvårdsverket i juni 2018

Sammanfattning

Naturvårdsverket fick 2013 ett regeringsuppdrag att utvärdera olika effekter av biologisk bekämpning av översvämningsmyggor med VectoBac G. Som en del av uppdraget publicerade EviEM under 2015 en kunskapsöversikt om vad som är känt kring effekterna av biologisk myggbekämpning med *Bti* (*Bacillus thuringiensis israelensis*) och specifikt insekticiden VectoBac G. Regeringen gav sedan i maj 2016 Naturvårdsverket i uppdrag att bevaka forskningsläget vad gäller alternativa åtgärder för att bekämpa och minska förekomsten av översvämningsmygg. I december 2017 beslutades att EviEM på uppdrag av Naturvårdsverket ska sammanfatta det vetenskapliga kunskapsläget kring alternativa metoder för myggbekämpning, användningen av *Bti* exkluderat. Denna rapport redovisar och sammanfattar kunskapsläget för sex alternativa metoder för minskning och bekämpning av mygg; bete, slätter, dikesrensning, förändrad reglering av vattenflöden, buskröjning och sterilisering av mygghanar.

Summary

Mosquitos may cause problems both as vector for diseases and as source of nuisance. A widespread method to control mosquitos is to apply the biological insecticide Bti (*Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*) on mosquito breeding sites. Bti is generally accepted to be an efficient and a relatively target-specific control agent. Nevertheless, it has been argued that widespread and prolonged use of Bti may not be sustainable, and that other methods should be considered as well. But how efficient are alternative method for controlling mosquitos? EviEM has been commissioned by the Swedish Environmental Protection Agency to conduct an Evidence Overview and summarise the scientific literature on research regarding six alternative methods for controlling mosquitos, including grazing, mowing, ditch clearance, river regulation, shrub removal, and Sterile Insect Technique (SIT). An EviEM Evidence Overview provides a general picture of the state of knowledge for a certain environmental topic. It is based on a limited search for literature and thus does not claim to be comprehensive. More information is available at the EviEM website www.eviem.se.

Bakgrund

I Värmlands län och i Nedre Dalälvsområdet i Dalarnas, Gävleborgs, Uppsala och Västmanlands län, har det under perioder funnits mycket översvämningsmygg, med den dominerande arten vårsvämmygga, *Aedes sticticus*. Förekomsten av översvämningsmygg har begränsat möjligheten till uteliv och friluftsliv under vissa delar av sommaren. Även boskap har påverkats av extrema myggförekomster. Detta uppfattas som problematiskt för många invånare i regionen. Samtidigt har det visat sig att där förebyggande åtgärder (exempelvis biologisk bekämpning med *Bti*) har vidtagits för att minska förekomsten av mygg har det under myggrika somrar uppmätts färre mygglarver än tidigare.

I juni 2013 gav regeringen Naturvårdsverket i uppdrag att studera effekterna av bekämpningen med *Bti* för att säkerställa att denna bekämpning inte har negativa effekter i miljön. Som en del av detta uppdrag genomförde och publicerade EviEM 2015 en kunskapsöversikt (Land och Miljand 2015) om vad som är känt kring effekterna av biologisk myggbekämpning med *Bti*, specifikt insekticiden VectoBac G, på målorganismer, biologisk mångfald, lokalbefolkning, husdjur och boskap samt friluftsliv och turism. I maj 2016 fick Naturvårdsverket sedan ett nytt regeringsuppdrag, nämligen att bevaka forskningsläget vad gäller åtgärder för att bekämpa och minska förekomsten av översvämningsmygg, samt att sprida information om långsiktiga åtgärder för att minska förekomsten. I december 2017 diskuterade Naturvårdsverket och EviEM hur en kunskapsöversikt relaterat till uppdraget skulle kunna utformas. Det beslutades att översikten skulle fokusera på sex alternativa metoder för minskning och bekämpning av översvämningsmygg (*Bti* exkluderat).

Baserat på regeringsuppdraget och diskussionerna med Naturvårdsverket formulerades följande fråga.

Hur effektivt kan följande metoder minska förekomsten av översvämningsmyggor?

- a. Slätter
- b. Bete
- c. Buskröjning
- d. Dikesrensning
- e. Förändrad reglering av vattenflöden
- f. Sterilisering av myggghanar

Vetenskapligt stöd

Sökningar efter vetenskaplig litteratur gjordes i litteraturlösningsdatabasen Web of Science Core Collection via Stockholms Universitet. Olika söksträngar har använts för de olika alternativa metoderna, men vid samtliga sökningar innehöll de två söktermer som kombinerades med operatoren AND, vilket innebär att båda termerna måste finnas i det sökta fältet (titel, sammanfattning och nyckelord). Den första termen relaterar till målorganismen och var densamma vid alla sökningar:

Term 1 = Mosquito* OR anopheles OR aedes OR culex OR culiseta OR limatus OR uranotaenia OR Psorophora OR Mansonia OR Armigeres OR Trichoprospon OR Coquillettidia OR Tripteroides

Orden i Term 1 är kombinerade med operatoren OR, vilket innebär att minst ett av orden måste förekomma i det sökta fältet. Det första ordet (mosquito) betyder mygga, och asterisken anger att även olika böjningar av ordet gäller. De andra orden i Term 1 är latinska namn för olika myggsläkter. Den andra termen relaterar till respektive alternativ metod och visas i tabell 1. Där visas också antalet

sökträffar och antalet träffar som bedömdes för varje fråga, samt under vilken tidsperiod de bedömda artiklarna publicerades.

Tabell 1. Söksträngar som använts i Web of Science Core Collection (field=topic). För ungefärlig översättning av sökord i term 2 se tabell 3 på sida 16.

Metod	Söksträng	Sökdatum	Träffar	Bedömda ¹⁾	Tidperiod ²⁾
a) Slätter	(Term 1) AND (mow* OR hay*)	2018-02-07	80	80	1984-2017
b) Bete	(Term 1) AND (graz* OR pastur*)	2018-02-23	129	129	1969-2018
c) Buskröjning	(Term 1) AND ((remov* OR control* OR disk*) near/5 (vegetation OR shrub))	2018-01-24	31	31	1947-2017
d) Dikesrensning	(Term 1) AND (ditch* OR drain*)	2018-02-23	466	100	2013-2018
e) Förändrad reglering av vattenflöden	(Term 1) AND ((regulat* near/5 water*) OR inundat*)	2018-02-26	116	116	1969-2017
f) Sterilisering av myggghanar	(Term 1) AND (steril* OR spay* OR neuter* OR geld*)	2018-02-26	764	100	2016-2018
		Totalt	1586	556	

¹⁾Antal artiklar som relevansbedömts baserat på titel och sammanfattning. ²⁾Tidperiod under vilken de bedömda artiklarna publicerades. Samtliga icke bedömda artiklar är äldre.

Sökresultaten sorterades på datum för publicering i fallande ordning. Titel och sammanfattning för sökträffarna lästes och kodades för relevans. Med anledning av projektets begränsade omfattning lästes och kodades de 100 första träffarna för metod d) och f). De artiklar som bedömdes relevanta för respektive metod laddades ner och lästes i sin helhet. Utöver de förutbestämda sex metoderna identifierades ett antal ytterligare metoder för minskning av myggförekomst. Dessa inkluderades som en separat kod och beskrivs kortfattat på sid. 14.

Totalt bedömdes 556 sökträffar från de 6 sökningarna. 46 av dessa bedömdes som potentiellt relevanta för en eller flera av de sex metoderna efter bedömning på titelnivå, alternativt att de studerade effektiviteten av ytterligare andra metoder (utöver de 6 i denna kunskapsöversikt) och därmed ansågs intressanta att ha med i en separat del av rapporten. Efter genomgång av sammanfattningen återstod 22 relevanta artiklar att läsas i sin helhet. Två av dessa var oåtkomliga eller inte nedladdningsbara. De återstående 20 artiklarna lästes i sin helhet och 13 av dessa ansågs relevanta att inkludera. Vi inkluderade även relevanta studier som identifierades med hjälp av referenslistorna från dessa 13 artiklar, i händelse av att relevanta studier skulle falla utanför söksträngarnas omfattning. Flera av de som listades från referenslistorna överlappade med de som redan listats genom sökningarna, och i flera fall noterades en slags cirkelreferering, där studier refererade till varandra. Baserat på genomgången av referenslistor inkluderades ytterligare 3 artiklar och således inkluderades totalt 16 studier i denna kunskapsöversikt (Tabell 2).

Någon kvalitetsgranskning av de inkluderade artiklarna har inte gjorts i denna översikt. Det innebär att resultatens tillförlitlighet inte har bedömts. I förekommande fall har dock författarnas egna bedömningar av studiernas begränsningar och tillkortakommanden lyfts fram.

Tabell 2. Lista över inkluderade artiklar.

Författare	Alternativ metod
de Szalay m.fl. 1996	Slåtter
Walton och Jiannino 2005	Slåtter
Grieco m.fl. 2005	Slåtter
Batzer och Resh 1992	Slåtter
de Szalay och Resh 2000	Slåtter
de Szalay och Resh 1997	Slåtter
Jiannino och Walton 2004	Slåtter
Östman m.fl. 2015	Slåtter, Bete
Walton 2012	Slåtter, Förändrad reglering av vattenflöden
Tonjes 2013	Dikesrensning
James-Pirri m.fl. 2009	Dikesrensning
Konradsen m.fl. 1998	Förändrad reglering av vattenflöden
Sanford m.fl. 2003	Förändrad reglering av vattenflöden
Schäfer och Lundström 2006	Förändrad reglering av vattenflöden
Mains m.fl. 2016	Sterilisering av mygghanar
Munhenga m.fl. 2016	Sterilisering av mygghanar

a) Slåtter

Sökningen för slåtter gav relativt få träffar (80), varav 6 (de Szalay m.fl. 1996; Walton och Jiannino 2005; Östman m.fl. 2015; Grieco m.fl. 2005; Batzer och Resh 1992; de Szalay och Resh 2000) bedömdes relevanta att läsa i sin helhet. Ytterligare 5 studier identifierades som potentiellt relevanta från referenslistorna. Tre av dem (Jiannino och Walton 2004; Walton 2012; de Szalay och Resh 1997) inkluderades men en (de Szalay m.fl. 1995) gick inte att hitta och en bedömdes som ej relevant (Leishnam m.fl. 2005). Således inkluderades totalt 9 studier genom denna söksträng. Som tidigare noterats av Östman m.fl. (2015) ska det nämnas att flera av de inkluderade artiklar som studerat skötsel av vegetation (t.ex. de Szalay m.fl. 1996; Jiannino och Walton 2004; Grieco m.fl. 2005) i huvudsak fokuserar på myggsläktena *Culex* och *Anopheles*, vilka lägger ägg på vattenytan och som främst förekommer i konstruerade våtmarker för växt- och djurliv eller för vattenrening. Flera av dessa studier har dessutom genomförts i små, isolerade våtmarker och, med undantag av Östman m.fl. (2015), saknas det studier som undersöker effekterna av skötsel av växtlighet för att minska förekomsten av myggarter som lägger ägg i marken och som produceras över stora ytor av översvämmade ängsmarker och träsk, såsom översvämningsarten vårsvämmygga, *Aedes sticticus*, som är vanligt förekommande i området kring Nedre Dalälven.

Översiktsartikel

En av de 9 studierna (Walton 2012) är en översiktsartikel vars mål var att utvärdera befintlig forskning om förekomst av mygg i konstruerade våtmarker, att diskutera befintlig kunskap om sambandet mellan förekomst av mygg och fyra variabler för vattenkvalitet (biologisk syreförbrukning, koliforma bakterier, kväve och fosfor), samt att diskutera potentiella effekter på förekomst av mygg beroende på design av våtmarker, såsom utformning och skötsel av växtlighet. Översiktsstudien fann bland annat

att även om det kan vara fördelaktigt att låta nedskuren växtlighet ligga kvar för att förse denitrifikationsbakterier med organiskt material för ökad kvävebortförsel, så är rekommendationen att man tar bort nedskuren växtlighet när en förbättrad kontroll av mygg behövs. Myggförekomsten ökar nämligen när man låter nedskuren växtlighet ligga kvar jämfört med obehandlad växtlighet i våtmarker (Walton och Giannino 2005).

Förutom att utvärdera hur slätter påverkar myggförekomsten, fann man också studier som kommit fram till att diversiteten av makrofyter och hur växtligheten i en våtmark är strukturerad kan påverka förekomsten av mygg. Det är faktorer som inte undersökts specifikt i denna kunskapsöversikt men som ändå är intressanta att nämna. Greenway m.fl. (2003) fann att makrofyters diversitet påverkar förekomsten av myggpredatorer vilka i sin tur effektivt kontrollerar antalet mygglarver och hindrar utvecklingen av puppor. Våtmarker med högst diversitet av makrofyter och makrovertebrater hade lägst förekomst av mygglarver. Den största förekomsten av mygglarver hittades i våtmarker med tät växtlighet av grässläktet tvillinghirser (*Paspalum*, förekommer mest i subtropiska och tropiska områden) och dött kaveldun. Studien visade att förekomsten av mygglarver kan minskas genom att öka diversiteten av makrovertebrater, samt att plantera flera olika makrofyter. Men det är inte lämpligt att plantera aggressiva arter som kaveldun och vassväxter som lätt tar över och under vattenytan bildar lager av döda stammar och blad. Dessutom kan det vara fördelaktigt att hålla minst 30 % av vattenytan öppen.

Dessutom fann Walton m.fl. (2012) att dödligheten av mygglarver är som störst i öppet vatten, mindre längs kanten mellan växtlighet – öppet vatten och lägst i områden med växtlighet. Smala zoner (<5 m breda) av växtlighet med öppet vatten emellan förser myggpredatorer med en tillflyktsort och främjar interaktioner mellan mygg och deras predatorer. Dessutom möjliggör det för kompletterande metoder för kontroll av myggförekomst, såsom biologisk bekämpning med *Bti*.

Studier om slätter i fält och på mindre skala

Trots experiment i varierande skala och med varierande försöksdesign genererade 4 av de 9 studierna resultat där förekomsten av mygg (oftast larver som en proxy för antalet vuxna mygg som utvecklas) minskade i områden där växtligheten behandlats med slätter jämfört med i kontrollområden som inte behandlats alls. Den sannolikt mest relevanta studien som identifierades i sökningen är den av Östman m.fl. (2015), som studerade effekten av slätter och bete på förekomsten av mygg i översvämmade områden i Nedre Dalälven, i syfte att undersöka om bete och slätter av växtlighet kan vara en möjlig och effektiv metod för minskning av myggförekomst i området. Experimentet genomfördes i ängsmarker som översvämmas regelbundet vid Nedre Dalälven. Studien fann att antalet mygglarver i genomsnitt var lägre i testområdena (slätter och bete sammanslagna) jämfört med kontrollområdena, både vid provtagningen i maj (71% lägre, $P < 0,001$) och i juli (35% lägre, $P < 0,001$). P-värdet är ett mått på statistisk signifikans, ju lägre värdet är desto större är sannolikheten att det finns en verklig skillnad, det vill säga att den inte enbart kan förklaras av slumpen. Om $P < 0,001$ är sannolikheten att det finns en verklig skillnad >99,9 %. Vid jämförelser mellan effekterna av slätter och bete på förekomsten av mygglarver visade studien att mängden larver av *Aedes sticticus* var densamma i båda typerna av testområden vid provtagningen i maj men att det vid provtagningen i juli i genomsnitt var färre larver i betesområdet än i slätterområdet (0,6 larver per provtagning från betesområdet jämfört med 1,86 larver i ängsmark utsatt för slätter, $P = 0,004$). Studien visar alltså positiva resultat för minskning av mygglarver vid såväl slätter som bete, men då försöken är helt baserade på jämförande resultat och då flera av de variabler som användes korrelerade med varandra, så är det svårt att skilja

associationer från varandra. Författarna drar således slutsatsen att trots att skötsel av växtlighet genom slätter och bete avsevärt kan minska förekomsten av mygglarver, så kan översvämmade ängsmarker fortfarande producera en stor mängd mygg och det går inte att säga baserat på denna studie om den uppmätta minskningen av mygglarver är tillräckligt stor för att minska obehag till följd av stora myggmängder. Enligt tidigare studier (Schäfer m.fl. 2008; Schäfer och Lundström 2009) skulle en minskning av myggor på så mycket som 98% krävas i Nedre Dalälvsområdet för att nå en rimlig nivå, så då skulle en minskning på 70% i maj och 35% i juli inte vara tillräckligt. Författarna sammanfattar med att fortsatt skötsel av växtlighet i ängsmarker kan vara en av flera metoder för att minska obehaget och eventuella hälsoproblem till en viss grad. Att minska mängden växtlighet på ängsmarker är sannolikt inte den enda lösningen, och resultaten från denna studie indikerar att slätter eller bete lokalt och delvis kan minska risken för stora problem med översvämningsmygg.

De resterande 3 studierna som funnit en minskning av mygg eller mygglarver till följd av slätter är genomförda mellan 1992 och 2000 i Suisunträsket i Solano County, Kalifornien, USA, ett område med medelhavsliknande klimat och därmed inte helt jämförbara med förhållandena i Nedre Dalälvsområdet. Studierna har i huvudsak fokuserat på myggsläktena *Culex* och *Culiseta*. De Szalay och Resh (2000) undersökte hur mängden växtlighet i träsket (i huvudsak ett gräs, *Distichlis spicata*) påverkar kolonisering av makroinvertebrater. Man använde 15 ytor för experimentet som var och en delades in i 4 områden á 5x5 m. I dessa skars 3 av ytornas växtlighet ner 3, 5 respektive 9 veckor innan översvämmning, och den fjärde ytan var obehandlad kontroll. Andelen mygg (*Culex tarsalis* och *Culiseta inornata*) av det totala antalet makroinvertebrater i de olika områdena var lägre ju lägre växtligheten var. Det vill säga, andelen mygg (båda arterna) var lägst i området som beskurits 3 veckor före översvämmning (0,3% för *Culex tarsalis* och 0,9% för *Culiseta inornata*), och högst i kontrollområdet där ingen beskärning gjorts (8,1% för *Culex tarsalis* och 11,9% för *Culiseta inornata*). Resultaten indikerar att mängden växtlighet är en viktig faktor som påverkar kolonisering av makroinvertebrater, såsom mygg, i våtmarker. Dessutom var knott, skalbaggar och ryggsimmare negativt korrelerade med andelen växtlighet. Detta i kombination med den positiva korrelationen med mygg visade studien att flera syften kunde uppnås med hjälp av slätter, nämligen att öka andelen föda tillgänglig för andfåglar och samtidigt minska förekomsten av mygg.

I en studie från 1996 studerade de Szalay m.fl. hur ryggradslösa djur, inklusive mygglarver (*Culiseta inornata*), i Suisunträsket reagerade på slätter (med hjälp av traktor) av 50% av vegetationen (*Salicornia virginica*, en salttålig perenn) och om det var någon skillnad i resultatet mellan makrokosm- och mesokosm-experiment. Mygglarver identifierades bara i makrokosm-experimentet, och där var tätheten av mygglarver hög i de bevuxna ytorna medan den var näst intill obefintlig i ytorna med öppet vatten. Totalt var tätheten av mygglarver i slätter-området 54% av den i kontrollområdet. I likhet med de Szalay och Resh (2000) visade resultaten från denna studie sammanfattningsvis att slätter av 50% av växtligheten i Suisunträsket genererade ökad mängd föda för sjöfåglar och minskade samtidigt myggpopulationen. Slutsatsen var att slätter kan vara ett värdefullt verktyg för att förbättra betingelser för växt- och djurliv och samtidigt kontrollera myggpopulationer i våtmarker.

Även den tredje studien i Suisunträsket (Batzer och Resh 1992) kom till liknande slutsatser som de två föregående. I detta experiment hade man konstruerat 12 försöksområden som syftade till att efterlikna säsongsoversvämmade träskmarker och innan området översvämmades skars växtligheten i halva delen av varje försöksområde ner mekaniskt till 50% av den ursprungliga växtlighetshöjden. Resultaten visade att antalet buksimmare och palpbaggar ökade i slätterområdena, vilket som sagt är en viktig källa till föda för många andfåglar. Samtidigt minskade det *totala antalet* knottlarver

(*Cricotopus sylvestris*) signifikant i samma områden jämfört med kontrollområdena. Även *koncentrationen* av knottlarver minskade signifikant i slätterområdena under en del av försöksperioden (november), men var dock högre (om än inte signifikant) under resten av perioden. I likhet med de Szalay och Resh (2000) och de Szalay m.fl. (1996) indikerar studiens resultat att aspekter för både andfåglar och allmänhetens folkhälsa kan tillgodoses med hjälp av att slätter appliceras på översvämningsbenägna träsk som Suisunträsket.

Grieco m.fl. (2005) utvärderade hur slätter och bränning av växtlighet påverkar förekomsten av mygg i Belize, beläget i Centralamerika med tropiskt klimat (temperatur kring 30°C och hög luftfuktighet) och därmed inte jämförbart med svenska förhållanden. Syftet var att förbättra kontrollen av malariavektorer, främst *Anopheles vestitipennis* men även 4 andra arter. 9 försök gjordes i ett träsk där myggarternas föredragna habitat (en kaveldunsväxt, *Typha domingensis*) dominerade. 3 försöksområden brändes, 3 behandlades med slätter (genom att växtligheten skars av 4-5 cm under vattenytan med en machete) och 3 lämnades orörda som kontroll. Studien fann att båda metoderna resulterade i signifikant minskad förekomst av larver av *Anopheles vestitipennis* jämfört med kontrollområdena ($p < 0,05$ för båda metoderna), men samtidigt ökade förekomsten av larver för tre andra vektorarter signifikant i en eller båda av behandlingarna (*Anopheles albimanus*, *Ochlerotatus taeniorhynchus* och *Culex coronator*) jämfört med kontrollområdena. Detta var troligtvis till följd av att de gavs utrymme att föröka sig när *Anopheles vestitipennis* minskade. För den femte arten (*Anopheles crucians*) ökade förekomsten av larver vid bränning men minskade vid slätter (ej signifikant i båda fallen). Studien drog slutsatsen att slätter, i jämförelse med bränning, var mest effektiv i att eliminera *Anopheles vestitipennis* i studieområdet. Slätter var mer effektiv än bränningen i att eliminera växtligheten vilket kan vara en anledning till att fler larver överlevde i de brända områdena. En nackdel med slättermetoden i denna studie var dock att den är arbets- och tidskrävande. Författarna föreslår att mekaniserat slätter är att föredra och bör undersökas i vidare försök.

En fjärde studie (de Szalay och Resh 1997) har inkluderats i översiktsstudien då även den undersökte hur kontrollerade bränder och slätter påverkade vattenlevande invertebrater (bland annat myggarten *Culiseta inornata*) som är viktig föda för övervintrande fåglar i Suisunträsket, Kalifornien, USA. Testytor á 10x10 m behandlades med antingen bränning eller slätter så att växtligheten minskade med totalt 50% i varje försöksområde. Slätter utfördes genom att man manuellt skar ner växtligheten helt i två rader á 2,5x10 m alternerat med 2,5x10 m obehandlad växtlighet. Nedskuret gräs lämnades liggande. För den andra metoden brändes den centrala delen av testytan (5x10 m) och omgavs av 2,5x10 m obehandlad yta. Resultaten visade att slätter inte hade någon effekt på förekomsten av *Culiseta inornata* (i snitt 26,6 st/m²), medan kontrollerad bränning resulterade i 64% färre (i snitt 9,6 st/m²) antal jämfört med kontrollområdet (i snitt 27,3 st/m²). Möjliga anledningar till resultatet, som står i kontrast mot de tre andra studierna utförda i Suisunträsket, kan vara att andelen öppet vatten var större i de brända områdena än i slätterområdena, samt att näringsnivåerna kan ha varit högre i slätterområdena till följd av att nedskurna växtdelar lämnades kvar i fältet. Det kan därför vara möjligt att dessa växtdelar behöver tas bort för att slätter ska ha önskad effekt på förekomsten av mygg.

I motsats till majoriteten av de inkluderade studierna (med undantag av de Szalay och Resh (1997) och till viss del Grieco m.fl. (2005)) fann Walton och Jiannino (2005) i en studie från Corona (Prado Wetland) utanför Los Angeles, USA, att en reduktion av växtlighet (främst bredkaveldun, *Typha latifolia*) resulterade i en ökad mängd mygglarver. Målet med studien var att undersöka förekomsten av mygg (*Culex*, *Culiseta* och *Anopheles*) i våtmarker där växtligheten hade fällt med hjälp av grävmaskin och bulldozer och sedan lämnats kvar vid översvämning för att stimulera

denitrifikationsbakterier. Under 9 veckor studerades 4 stora (3-5 ha) våtmarker där växtligheten antingen hade huggits ner eller inte. Förekomsten av mygglarver var större (i vissa fall signifikant) i områdena där växtligheten reducerats än i de obehandlade områdena. Studien visar således att denna typ av slätter med syfte att stimulera denitrifikationsbakterier i detta fall hade motsatt och oönskad effekt på förekomsten av mygg.

I ytterligare en studie från samma våtmark (Prado Wetland) fann Jiannino och Walton (2004) däremot att mängden växtlighet inte hade någon signifikant effekt alls på förekomsten av varken mygglarver eller totalt antal vuxna mygg, men däremot att typen av växtlighet spelade en signifikant roll. Studien undersökte hur förekomsten av mygg och mygglarver (främst arterna *Culex tarsalis* och *Anopheles hermsi*) påverkas av hur växtligheten i en konstruerad våtmark är distribuerad. Tre försöksområden användes med följande distribution: 100% av marken täckt av växtlighet, 50% av marken täckt av växtlighet i 5 meter breda rader, och 50% av marken täckt av växtlighet i 10 meter breda rader. Växtligheten i de två områdena med 50% växtlighet togs bort med hjälp av en grävmaskin. Resultaten indikerade att bredden på raderna utan växtlighet kan ha varit för breda för att predatorer skulle kunna kontrollera myggförekomsten, och en tidigare studie (Collins och Resh 1989) föreslog rader så smala som 1 meter. Jiannino och Walton (2004) hävdar dock att det kan vara för kostsamt och även opraktiskt att upprätthålla rader på 1 meter i större våtmarksområden. I denna studie visade det sig att snarare än mängd växtlighet var typ av växtlighet betydligt viktigare för förekomsten av mygg, då områden täckta av säv (*Schoenoplectus californicus*) genererade betydligt fler mygg än områden täckta av kaveldunsarter.

Sammanfattningsvis kan man säga att skötsel och kontroll av växtlighet i våt- och ängsmarker kan ha en signifikant effekt på förekomsten av mygg, men det är sannolikt bara en av flera metoder som behöver användas för att på ett effektivt och långsiktigt sätt minska förekomsten av mygg. Det verkar också som att hanteringen av växtligheten är en viktig faktor. I de fall där slagen växtlighet har fått ligga kvar har minskningen av myggförekomsten varit mindre eller uteblivit.

b) Bete

Sökningen för bete gav 129 träffar och samtliga bedömdes baserat på titel och sammanfattning. Majoriteten av sökträffarna undersökte frågeställningar som saknade relevans för denna metod, exempelvis ekologisk karaktärisering av olika habitat, hur kräftdjur påverkas av myggor, kartläggningar av myggförekomst, myggors beteende vid blodsugning, myggors resistens mot insekticider med mera. Det förekom även studier som undersökte hur avskogning och förändrad markanvändning påverkade förekomsten av mygg samt ett par studier om hur applicering av insekticider på boskap påverkade myggförekomsten. Dessa bedömdes dock inte som relevanta för den här kunskapsöversikten.

Endast en artikel i sökresultatet för bete ansågs relevant för att läsas i sin helhet, nämligen Östman m.fl. (2015). Denna beskrivs i avsnittet om slätter som metod för kontroll av myggor (se sid. 7).

c) Buskröjning

Sökningen för buskröjning som alternativ metod för minskad förekomst av mygg resulterade i endast 31 sökträffar. Av dessa bedömdes 6 som relevanta att läsas i sin helhet efter genomgång av titel och sammanfattning. I urvalet var det, i flera fall svårt att bedöma huruvida studierna specifikt hade

undersökt buskröjning som metod, då många använde generella termer som *vegetation management*, *vegetation treatment* och *habitat modification*. Av de 6 utvalda artiklarna gick två (Janousek och Olson 1994; Turner och Streever 1999) inte att hitta eller ladda ner, och vid närmare undersökning av de resterande 4 (de Little m.fl. 2012; Lawler m.fl. 2007; Muller m.fl. 2017; Vittor m.fl. 2006) bedömdes ingen av dem som relevant för just metoden buskröjning. Vid genomgång av referenslistorna till de 4 artiklarna listades ytterligare 12 artiklar som potentiellt relevanta, men 5 av dem gick inte att hitta eller ladda ner och de resterande bedömdes som ej relevanta, alternativt var de redan identifierade genom en av de andra söksträngarna. I denna sökning identifierades dock ett antal andra alternativa metoder utöver de 6 som inkluderats i den här översikten, se avsnittet nedan om ytterligare metoder för minskad myggförekomst (sid. 14).

d) Dikesrensning

Söksträngen för dikesrensning genererade 466 träffar – 100 av dessa bedömdes på titel och sammanfattning. En stor mängd av studierna var inte relevanta på grund av att de studerade något annat än dikesrensning som metod för att minska förekomsten av mygg, exempelvis hur man på bästa sätt föder upp mygg och vilken typ av föda de föredrar vid uppfödning i laboratorium. Många studier hamnade på resultatlistan sannolikt på grund av att de i sina försök hade hämtat mygg till sina försök ur diken (ditch* i söksträngen). En översiktsartikel (Tonjes 2013) befanns relevant från sökningen och från dess referenslista inkluderades ytterligare en studie av relevans (James-Pirri m.fl. 2009). Tre ytterligare studier från denna söksträng listades då de studerade alternativa metoder utöver de 6 inkluderade i denna kunskapsöversikt.

Tonjes (2013) är en sammanställning av litteratur om effekter på växt- och djurliv vid dikesrensning av salträsk i USA, där effekten på myggpopulationer är en del. Ett flertal äldre studier från första halvan och mitten av 1900-talet visade enligt artikeln på blandade och motsägande resultat, där en del observerade minskning av myggpopulationer till följd av dikesrensning medan andra fann begränsad, ingen eller negativ effekt. Studier i mer närtid (2000-tal) (Rochlin m.fl. 2009; Leisnham och Sandoval-Mohapatra 2011; Rochlin m.fl. 2012) som jämfört dikesrensning med kontrollområden utan dikesrensning, indikerar att metoden har begränsad förmåga att kontrollera myggpopulationer. Dock fann James-Pirri m.fl. (2009) positiva resultat i två kontrollerade fältstudier av saltvattenträsk vid Atlantkusten i New Jersey och Massachusetts i USA. Traditionellt hade myggbekämpning i de undersökta områdena bedrivits bland annat genom att dika ut våtmarkerna, men det har lett till sänkta grundvattennivåer och negativa effekter på ekosystemen. Nu har man övergått till en rad olika manipulationer av hydrologin (så kallat *open marsh water management*, *OMWM*) där målet är att försämrade betingelserna för myggreproduktion och samtidigt förbättra miljön för myggpredatorer, främst fisk. James-Pirri m.fl. (2009) undersökte effekten av två olika typer av OMWM, nämligen dammkonstruktioner i kombination med strålförmade diken som fångar upp och kvarhåller tidvatten, samt blockering av diken (så kallad *ditch-plugging*) som resulterar i långa rektangulära bassänger. I försöket med dikesblockering modifierades även dikeskanterna för att förbättra miljön för fåglar. Resultaten visade på effektiv minskning av mygglarver i båda typerna av OMWM. Det ska dock nämnas att en viss osäkerhet råder kring provtagningen för denna studie, då enkelt slumpmässigt urval vid provtagning applicerades. Detta tillvägagångssätt medför risken att information om mygglarvers rumsliga distribution inom försöksområdet inte fångats upp korrekt i studieresultaten, särskilt med tanke på att distribution av larver kan variera kraftigt från en plats till nästa. Mer intensiv provtagning skulle sannolikt tillföra starkare och mer tillförlitliga resultat. Författarna poängterar

också vikten av att inte tolka resultaten som generella och allmängiltiga, och att program som applicerar principer för OMWM bör anpassas till de lokala förhållandena som råder i respektive område.

e) Förändrad reglering av vattenflöden

Söksträngen för förändrad reglering av vattenflöden genererade 116 träffar. Av dessa ansågs fem relevanta att läsas i sin helhet. Tre av dessa inkluderades i översikten (Konradsen m.fl. 1998; Sanford m.fl. 2003; Schäfer och Lundström 2006). Även översiktsartikeln som beskrivs under avsnittet för slätter (Walton 2012) berörde reglering av vattenflöden för minskad förekomst av mygg. Ett par artiklar sparades också då de berörde ytterligare metoder utöver de 6 i denna översikt.

Konradsen m.fl. (1998) testade olika typer av vattenreglering i vattendraget Yan Oya i Sri Lanka för att minska förekomsten av stillastående vattenansamlingar och därmed reducera förökning av malariavektorer (främst *Anopheles culicifacies*). De två olika typerna av vattenflöden som testades var kontinuerligt flöde och periodiska spolningar. Studien indikerar att ett förändrat vattenflöde som undviker stillastående vattenansamlingar i vattendraget Yan Oya skulle kunna resultera i reducerad förökning av *Anopheles culicifacies* och därmed ett minskat behov av att använda larvicider i vattendraget. Av de två typerna av vattenflöden rekommenderades periodiska spolningar då detta krävde mindre mängder vatten. Regleringsmetoden var dock inte applicerbar under torrperiod, då vattenreserverna skulle bli för låga. En annan implikation av metoden skulle vara behovet av att ta bort större mängder död växtlighet längs vattendraget för att undvika att detta blockerar vattenflödet.

Sanford m.fl. (2003) undersökte i sin studie i Prado Wetland (Kalifornien, USA) hur förekomsten av mygg och andra invertebrater påverkas av hur länge växtlighet (kaveldun, *Typha* sp.), nedskuren för att stimulera denitrifikationsbakterier, torkas innan det översvämmas igen. Fyra olika scenarier jämfördes, nämligen växtlighet som torkats i 5, 2 respektive 0 (färsk) veckor innan översvämning, samt en kontroll som bestod av endast vatten (ingen växtlighet). Försöket utfördes i mindre plastbassänger (107,3 cm i diameter och 20,3 cm djupa). Resultaten visade att förekomsten av mygglarver (främst *Culex tarsalis*) påverkades signifikant beroende på hur länge växtligheten hade torkats innan översvämning. I bassängen där växtligheten torkats under 2 veckor var den genomsnittliga förekomsten av mygglarver två gånger så hög som i bassängerna med växtlighet torkad både 5 och 0 veckor innan översvämning, och 3 gånger så hög som i kontrollbassängen. Studien föreslår att förekomsten av mygg kan minskas om vattenflödet kan regleras så att översvämning sker antingen direkt efter eller >1 månad efter att växtlighet skurits ned. Dock noterar författarna att studier på större skala måste genomföras för att bekräfta resultaten i den här studien som gjorts i mindre skala.

Resultaten från ett laboratorieexperiment utfört av Schäfer och Lundström (2006) indikerar att vattentillgången har en stor betydelse för mygglarvers överlevnad till utveckling av vuxna myggor. I experimentet jämfördes överlevnaden av *Aedes vexans* och *Ochlerotatus sticticus* (vanligt förekommande i området kring Nedre Dalälven) vid konstant tillgång till vatten (91 % överlevnad), minskande tillgång till vatten (66 % överlevnad) och helt borttagen tillgång till vatten (3 % överlevnad). Även i den senare behandlingen hölls dock jorden fuktig under hela experimentet. Resultaten visade att *Aedes vexans* reagerade annorlunda på experimentet än *Ochlerotatus sticticus*, vilket kan vara en indikation på att de har olika överlevnadsstrategier. För *Aedes vexans* senarelades utvecklingen från larv till mygga för honor samtidigt som storleken på de vuxna myggorna, både hanar

och honor, blev mindre vid minskande tillgång till vatten. För *Ochlerotatus Sticticus* tidigarelades tvärtom utvecklingen till vuxna myggor för honor, och storleken hos de vuxna myggorna påverkades inte vare sig för hanar eller honor av minskande tillgång till vatten. Trots att överlevnaden sjönk kraftigt (från 91 till 3 %) med minskad tillgång till vatten, menade författarna att minskade vattennivåer följt av uttorkning av mygglarvers livsmiljöer inte nödvändigtvis innebär små förekomster av myggpopulationer. Detta förklarades dels av att antalet mygglarver kan vara så stort att även endast 3 % av dessa fortfarande kan utvecklas till många myggor, dels att de larver som överlever gör det under väldigt lång tid, och om det kommer mycket regn under den tid som vattentillgången är minskad genom flödesreglering kan förutsättningar för utveckling till vuxna myggor ändå uppstå. En slutsats av studien var att tiden det tar för larver att utvecklas är en avgörande faktor för att åtgärder för kontroll av myggpopulationer ska vara effektiva. Dock noteras det att fler studier på större skala behövs för att validera resultatet.

En mindre del av översiktsartikeln av Walton (2012) tar också upp reglering av vattenflöden som kan påverka förekomsten av mygg. Bland annat, och i likhet med Konradsen m.fl. (1998), visar forskning att ökade vattenflöden som eliminerar stillastående vatten och därmed minskar mängden föda tillgänglig för mygglarver kan sänka myggs överlevnad och minska produktionen (Russel 1999; Knight m.fl. 2003). Likaså kan växelvis flöden i en 7-dagarscykel (7 dagar blötlagt, 7 dagar torra) minska myggproduktionen (Mayhew m.fl. 2004). Denna metod är förmodligen dock mest effektiv i mindre våtmarksområden (ett tiotal m² eller mindre), då det kräver precis kontroll av blöt- och torrläggning.

f) Sterilisering av mygghanar

Sterile Insect Technique (SIT) är en bekämpningsmetod där hanar föds upp och steriliseras för att sedan släppas ut och konkurrera med de hanar som finns naturligt i ett visst område. Om en stor andel av honorna parar sig med sterila hanar kommer reproduktionen att minska eftersom dessa inte får någon avkomma. SIT har tillämpats på flera olika insekter, bland annat bananflugor, tsetseflugor, parasitmaskar (*Cochliomyia hominivorax*), mal och mygg (<https://www.iaea.org/topics/sterile-insect-technique>). Det finns olika sätt att sterilisera hanarna. Ett sätt är att bestråla dem med gamma- eller röntgenstrålning, och i forskningen kring detta har Internationella atomenergiorganet (IAEA) varit involverat.

Mer information om SIT tillämpad på mygg finns i en rad artiklar samlade i tidskriften *Malaria Journal*, volym 8, supplement 2. Dessa artiklar finns att ladda ner på <https://malariajournal.biomedcentral.com/articles/supplements/volume-8-supplement-2>. Dame m.fl. (2009) ger en översikt över olika fältstudier av tekniken, bland annat gällande *Anopheles albimanus* (El Salvador), *Aedes aegypti* och *Anopheles quadrimaculatus* (USA) och *Culex quinquefasciatus* (USA och Indien). Resultaten har varit varierande, vissa försök visade en mycket god effekt medan andra inte visade någon effekt alls. Till de faktorer som påverkade effektiviteten hörde försämrade konkurrensförmåga på grund av strålbehandling, immigration av befruktade honor från områden utanför behandlingsområdet och oförmåga hos de uppfödda myggorna att klara sig i det vilda. I en annan översikt konstaterade Malcolm m.fl. (2009) att de områden som har bäst förutsättningar för myggbekämpning med SIT är områden med isolerade, relativt glesa populationer av en enda art.

Söksträngen för sterilisering av mygghanar genererade 764 träffar. De 100 första bedömdes på titel och sammanfattning och av dessa lästes 2 (Mains m.fl. 2016; Munhenga m.fl. 2016) i sin helhet. En

stor del av sökträffarna var studier om hur mygg på bästa sätt bör födas upp, optimal typ och mängd av föda de föredrar i laboratorium, och en stor del handlade om modifiering av myggors gener snarare än sterilisering.

Munhenga m.fl. (2016) undersökte möjligheterna att använda sterilisering av mygg som en del av ett bekämpningsprogram mot *Anopheles arabiensis* i Sydafrika. För att metoden ska kunna användas på ett effektivt sätt så krävs det dock att sterila hanar som fötts upp i laboratorium kan konkurrera med vilda hanar om honor att para sig med. Därför studerades konkurrenskraftighet och känslighet för strålning hos *Anopheles arabiensis*. Försöken med strålning på puppor gjordes med doser mellan 70-100 Gy, och konkurrenskraftighet vid parning studerades genom att kombinera vilda respektive strålningsbehandlade sterila hanar med vilda honor i större burar utomhus. Resultaten visade att strålningen inte påverkade hur myggghanarna utvecklades till vuxna individer, däremot påverkades överlevnad och parningsförmåga något. Experimentet visade att hanmyggen som behandlats med strålning för att steriliseras var en tredjedel så konkurrenskraftiga i sin parningsförmåga som de hanar som inte utsatts för strålning. Slutsatsen var att utsläpp av steriliserade hanar av *Anopheles arabiensis* kan vara en effektiv metod för att minska förekomsten av mygg i Sydafrika om de släpps ut i förhållandet 3:1 mot vilda hanar. Författarna noterade dock att fortsatta studier på större skala än den här krävs för att validera slutsatserna.

En annan metod för att sterilisera mygg kan vara att infektera myggghanar med en bakterie, *Wolbachia*, vilket orsakar en typ av sterilitet som kallas cytoplasmisk inkompatibilitet och som kan reducera myggpopulationer. Tidigare studier har visat att denna metod kan vara ett alternativ till strålbehandling för sterilisering, eftersom eventuell nedsatt effektivitet på grund av strålningen kan undvikas. Mains m.fl. (2016) undersökte hur populationen av *Aedes albopictus* påverkades av utsläpp av mygg med nedsatt reproduktionsförmåga på grund av *Wolbachia*-smitta i ett område i Texas, USA. Experimentet visade en signifikant minskning av antalet mygg till följd av inplantering av *Wolbachia*-infekterade hanar jämfört med ett kontrollområde där ingen inplantering skett. Författarna poängterar att denna metod skulle kunna vara effektiv i kombination med andra typer av insatser för minskad myggförekomst, till exempel kemisk eller biologisk bekämpning, för att förbättra kostnader och effektivitet. Eftersom effekten av varje inkompatibel hane ökar ju färre konkurrerande icke-infekterade hanar det finns, så skulle en populationsminskning till följd av larvicider kunna ha synergistiska effekter. Slutligen poängteras också att givet de positiva resultaten av denna studie, bör fler studier göras i andra miljöer och på större skala. Eftersom det är känt att *Wolbachia* kan orsaka cytoplasmisk inkompatibilitet även hos andra myggarter, bör liknande försök också göras på dem, till exempel *Aedes aegypti* och *Culex pipiens*.

Ytterligare metoder för minskad myggförekomst

Vid sökningarna efter litteratur om de 6 alternativa metoderna för minskad förekomst av mygg beaktade i denna kunskapsöversikt identifierades även ett antal andra metoder som inte omfattas här. Vi fann det intressant att nämna och kort beskriva några då vissa av dem skulle kunna vara av relevans för en svensk kontext. Nedan följer ett urval av dessa ytterligare alternativa metoder, med en tillhörande kort beskrivning. Det ska dock poängteras att flera av dem mycket väl kan medföra bieffekter som är i nivå med eller överstiger de som eventuellt förekommer vid bekämpning med *Bti*.

Kontrollerade bränder

Denna metod för minskad förekomst av mygg går ut på liknande principer som slätter och bete, nämligen att reducera och/eller manipulera livsmiljöerna (d.v.s. främst växtlighet) för främst mygglarver, så att de blir suboptimala och minskar mängden larver som utvecklas till vuxna individer. Två studier som inkluderades under slätter (de Szalay och Resh 1997; Grieco m.fl. 2005) (se sid. 7), samt en artikel som inte var nedladdningsbar (Whittle m.fl. 1993) studerade kontrollerade bränder av växtlighet.

Eliminering av blommor från buskar

En studie i Mali (Muller m.fl. 2017) undersökte varifrån mygghonor hittade sin nektar och betydelsen av nektar från en specifik invasiv buskart (*Prosopis juliflora*). Blommorna plockades helt enkelt bort manuellt från busken och resultaten visade att andelen mygghonor och även mygghanar i byn minskade dramatiskt jämfört med tidigare och jämfört med byar där blommorna fanns kvar.

Applicering av insekticider på boskap

Denna metod går ut på att applicera insektsmedel på boskap, i syfte att bekämpa malariavektorer som är i huvudsak zoofiliska. Metoden har testats i bland annat Syd- och Västasien (Hewitt och Rowland 1999) och Tanzania (Mahande m.fl. 2007) som ett möjligt alternativ till malariabekämpning genom sprejning av insektsmedel inomhus.

Attractive Toxic Sugar Baits (ATSB)

Denna metod går ut på att placera myggfällor som avger en doft som imiterar den som kommer från växter som producerar socker, vilket är en viktig föda för blodsugande myggor. Fällorna innehåller även ett insektsmedel, och de kan placeras både inomhus och utomhus samt appliceras på växtlighet. ATSB har framförallt testats som ett komplement eller substitut för myggnät och sprejning av insektsmedel mot malariavektorer (t.ex. Stewart m.fl. 2013; Khallaayoune m.fl. 2013).

Larvasonic™ units

Detta är en relativt ny metod som testats i bland annat Texas, USA (Fredregill m.fl. 2015). Med hjälp av enheter (Larvasonic™ Field Arm Mobile Wetlands Unit eller Larvasonic SD-Mini) överförs förstärkta ultraljudsvågor på 18-36 kHz genom vattnet. Detta minskar förekomsten av mygg antingen genom att de dör direkt av ljudvågorna, genom drunkning eller att de inte kan utvecklas till vuxna individer.

Extrakt från neemträd (*Azadirachta indica*) som larvicid

Applicering av ett larvdödande biologiskt medel baserat på extrakt från neem-trädet (*Azadirachta indica*), som härstammar från Sydasiens och växer i tropikerna. Metoden liknar den för *Bti*-applicering och är en så kallad *larval source management (LSM)* metod, det vill säga en metod som syftar till att reducera antalet larver innan de utvecklats till fullvuxna individer. Fältförsök har gjorts bland annat i Kenya (Imbahale och Mukabana 2015) och i laboratorium (Merabti m.fl. 2017).

Förändrad vattentemperatur

Mohammed och Chadee (2011) undersökte hur ökad vattentemperatur (konstant och varierande) påverkade utveckling av *Aedes aegypti* i laboratorium i Trinidad. Resultaten visade bland annat att en högre vattentemperatur minskade kläckningsgraden, och att fler honor än hanar kläcktes i försöket med varierande temperatur.

Nanopartiklar

Med hjälp av nanoteknologi är det möjligt att producera metalliska nanopartiklar från växtbaserade ämnen. Några av dessa har visat sig effektiva för bekämpning av mygg, till exempel silver-nanopartiklar extraherade från indiskt vildmandelträd (*Sterculia foetida*). Benelli m.fl. (2017) sammanfattar och beskriver metoden närmare.

Transgena mygg

Denna metod går ut på att förse myggor med vissa gener. Exempelvis har Criscione m.fl. (2016) undersökt en specifik gen som finns i mygghanars Y-kromosom. När denna gen tillförs en honas X-kromosom dör honmyggan. Om genen i fråga introduceras till en hanes X-kromosom kan den föras vidare till dess avkomma, och i så fall kommer färre honor att produceras. På så sätt kan stora populationer undertryckas, och precis som vid sterilisering av mygghanar kräver denna metod kontinuerliga utsläpp av mygghanar som bär de undertryckande generna. En fördel jämfört med sterilisering är dock att hanar med den undersökta genen i X-kromosomen har visat bättre reproduktionsförmåga än hanar som saknar genen i X-kromosomen (Criscione m.fl., 2016). Det kan betyda att inte lika många hanar behöver släppas ut som vid sterilisering med strålbehandling. Fler studier av transgena mygg har utförts av Harris m.fl. (2012) och Carvalho m.fl. (2015).

Slutsatser

Den här kunskapsöversikten har undersökt vad tidigare forskning kommit fram till vad gäller sex olika metoder för minskning och bekämpning av mygg, nämligen slätter, bete, dikesrensning, buskröjning, förändrad reglering av vattenflöden samt sterilisering av mygghanar. Studierna som inkluderats i översikten har presenterat resultat som visar på varierad effektivitet av de olika metoderna, men har generellt indikerat att samtliga metoder kan ha en positiv effekt på myggpopulationer, det vill säga en minskad förekomst. Föga förvånande tycks bland annat lokala miljöförhållanden, de undersökta myggarternas överlevnadsförmåga och livsbetingelser samt när på året (säsongsbaserat) och på vilket sätt åtgärder utförts spela en viktig roll i hur effektiva fältexperimenten varit.

Många av de studier som inkluderats i kunskapsöversikten drar två viktiga slutsatser; dels att det är avgörande att anpassa åtgärder till lokala förhållanden i det område där man vill minska förekomsten av mygg och att det därmed krävs mer forskning i olika kontexter och i större skalor än de som gjorts hittills; dels att det i de flesta fall sannolikt krävs ett integrerat förhållningssätt till bekämpningen av mygg. Det innebär att det förmodligen inte finns en metod som är den optimala, utan att det mest effektiva angreppssättet är ett där man använder sig av flera olika bekämpningsmetoder som kan komplettera varandra och generera synergistiska effekter.

Tabell 3. Översättning av sökord i sökterm 2.

Term 2	Översättning
(mow* OR hay*)	(klipp* OR slå*)
(graz* OR pastur*)	(bet* OR betesmark*)
((remov* OR control* OR disk*) near/5 (vegetation OR shrub))	((borttag* OR regler* OR plöj*) near/5 ¹ (vegetation OR buske))
(ditch* OR drain*)	(dike* OR drän*)
((regulat* near/5 water*) OR inundat*)	((regler* near/5 vatten*) OR översväm*)
(steril* OR spay* OR neuter* OR geld*)	(steril* OR steril* OR kastrer* OR kastrer*)

¹ Near/5 betyder att något av orden i den första parentesen måste finnas högst fem ord ifrån något av orden i den andra parentesen.

Referenser

- Batzer DP och Resh VH (1992). Macroinvertebrates of a California seasonal wetland and responses to experimental habitat manipulation, *Wetlands*, 12(1), pp. 1-7.
- Benelli G, Caselli A och Canale A (2017). Nanoparticles for mosquito control: Challenges and constraints, *Journal of King Saud University – Science*, 29(4), pp. 424-435.
- Carvalho DO, McKemey AR, Garziera L, Lacroix R, Donnelly CA, Alphey L, Malavasi A och Capurro ML (2015). Suppression of a field population of *Aedes aegypti* in Brazil by sustained release of transgenic male mosquitoes. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 9, e0003864.
- Collins JN och Resh VH (1989). Guidelines for the ecological control of mosquitoes in nontidal wetlands of the San Francisco Bay Area, Sacramento, CA: California Mosquito Vector Control Association, Inc., och University of California Mosquito Research Program.
- Criscione F, Qi Y och Tu Z (2016). GUY1 confers complete female lethality and is a strong candidate for a male-determining factor in *Anopheles stephensi*, *eLife*, 5:e19281.
- Dame, D.A., Curtis, C.F., Benedict, M.Q., Robinson, A.S., Knols, B.G.J., 2009. Historical applications of induced sterilisation in field populations of mosquitoes. *Malaria Journal*, 8.
- de Little SC, Williamson GJ, Bowman DMJS, Whelan PI, Brook BW, Bradshaw JA (2012). Experimental comparison of aerial larvicides and habitat modification for controlling disease-carrying *Aedes vigilax* mosquitoes, *Pest Management Science*, 68, pp. 709-717.
- de Szalay FA, Batzer DP, Schlossberg EB och Resh VH (1995). A comparison of small and large scale experiments examining the effects of wetland management practices on mosquito densities, *Proceedings of the California Mosquito and Vector Control Association*, 63, pp.86–90.
- de Szalay FA, Batzer DP och Resh VH (1996). Mesocosm and macrocosm experiments to examine effects of mowing emergent vegetation on wetland invertebrates, *Environmental Entomology*, 25(2), pp. 303-309.
- de Szalay FA och Resh VH (1997). Responses of wetland invertebrates and plants important in waterfowl diets to burning and mowing of emergent vegetation, *Wetlands*, 17(1), pp. 149-156.
- de Szalay FA och Resh VH (2000). Factors influencing macroinvertebrate colonization of seasonal wetlands: responses to emergent plant cover, *Freshwater Biology*, 45, pp. 295-308.
- Fredregill CL, Motl GC, Dennett JA, Bueno R Jr och Debboun M (2015). Efficacy of two Larvasonic™ units against *Culex* larvae and effects on common aquatic nontarget organisms in Harris County, Texas, *American Mosquito Control Association*, 31(4), pp. 366-370.
- Greenway M, Dale P, Chapman H (2003). An assessment of mosquito breeding and control in four surface flow wetlands in tropical-subtropical Australia, *Water Sci Technol*, 48(5), pp. 249–256.
- Grieco JP, Vogtsberger RC, Achee NL, Vanzie E, Andre RG, Roberts DR och Rejmankova E (2005). Evaluation of habitat management strategies for the reduction of malaria vectors in northern Belize, *Journal of Vector Ecology*, 30(2), pp. 235-243.
- Harris AF, McKerney AR, Nimmo D, Curtis Z, Black I, Morgan SA, Oviedo MN, Lacroix R, Naish N, Morrison NI, m.fl. (2012). Successful suppression of a field mosquito population by sustained release of engineered male mosquitoes, *Nat. Biotechnol*, 30, pp. 828–830.
- Hewitt S och Rowland M (1999). Control of zoophilic malaria vectors by applying pyrethroid insecticides to cattle, *Tropical medicine & international health*, 4(7), pp. 481-486.
- Imbahale SS och Mukabana WR (2015). Efficacy of neem chippings for mosquito larval control under field conditions, *BMC Ecology*, 15(8).

- James-Pirri MJ, Ginsberg HS, Erwin RM och Taylor J (2009). Effects of Open Marsh Water Management on Numbers of Larval Salt Marsh Mosquitoes *Aedes* eggs in Kenya, *Journal of medical entomology*, 46(6), pp. 1392-1399.
- Janousek TE och Olson JK (1994). Effects of a natural marsh fire on larval populations of *Culex Salinarius* in east Texas, *Journal of The American Mosquito Control Association*, 10 (2 Pt 1), pp. 233-5.
- Jiannino JA och Walton WE (2004). Evaluation of vegetation management strategies for controlling mosquitoes in a southern California constructed wetland, *Journal of The American Mosquito Control Association*, 20(1), pp. 18-26.
- Khallaayoune K, Qualls WA, Revay EE, Allan SA, Arheart KL, Kravchenko VD, Xue RD, Schlein Y, Beier JC och Muller GC (2013). Attractive Toxic Sugar Baits: Control of Mosquitoes with the Low-Risk Active Ingredient Dinotefuran and Potential Impacts on Nontarget Organisms in Morocco, *Environmental Entomology*, 42(5), pp. 1040-1045.
- Knight RL, Walton WE, O'Meara GF, Reisen WK och Wass R (2003). Strategies for effective mosquito control in constructed treatment wetlands, *Ecol Eng*, 21, pp. 211–232.
- Konradsen F, Matsunol Y, Amerasinghe FP, Amerasinghe PH och van der Hoek W (1998). *Anopheles culicifacies* breeding in Sri Lanka and options for control through water management, *Acta Tropica*, 71(E 2), pp. 131-138.
- Land M och Miljand M (2015). Biologisk bekämpning av mygg med *Bti*: effekter på målorganismer, icke-målorganismer och människor. En kunskapsöversikt. EviEM, Stockholm.
- Lawler SP, Reimer L, Thiemann T, Fritz J, Parise K, Feliz D och Elnaiem DE (2007). Effects of Vegetation Control on Mosquitoes in Seasonal Freshwater Wetlands, *Journal of The American Mosquito Control Association*, 23(1), pp. 66-70.
- Leishnam PT, Slaney DP, Lester PJ och Weinstein P (2005). Increased Larval Mosquito Densities from Modified Landuses in the Kapiti Region, New Zealand: Vegetation, Water Quality, and Predators as Associated Environmental Factors, *Ecohealth*, 2(4), pp. 313-322.
- Leishnam PT, och Sandoval-Mohapatra S (2011). Mosquitoes associated with ditch-plugged and control tidal salt marshes on the Delmarva peninsula, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 8, pp.3099–3013.
- Mahande AM, Mosha FW, Kweka EJ och Mahande JM (2007). Role of cattle treated with deltamethrine in areas with a high population of *Anopheles arabiensis* in Moshi, Northern Tanzania, *Malaria Journal*, 6.
- Mains JW, Brelsfoard CL, Dobson SL och Rose RI (2016). Female Adult *Aedes albopictus* Suppression by Wolbachia-Infected Male Mosquitoes, *Scientific Reports*, Sep 23, pp. 6-7.
- Malcolm, C.A. et al., 2009. Field site selection: getting it right first time around. *Malaria Journal*, 8.
- Mayhew CR, Raman DR, Gerhardt RR, Burns RT och Younger MS (2004). Periodic draining reduces mosquito emergence from free-water surface constructed wetlands, *Trans ASAE*, 47, pp. 567–573.
- Merabti B, Lebouz I och Ouakid ML (2017). Larvicidal Activity and Influence of Azadirachtin (Neem Tree Extract) on the Longevity and Fecundity of Mosquito Species, *Acta Zoologica Bulgarica*, 69(3), pp. 429-435
- Mohammed A och Chadee DD (2011). Effects of different temperature regimens on the development of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: *Culicidae*) mosquitoes, *Acta Tropica*, 119(1), pp. 38-43.
- Muller GC, Junnila A, Traore MM, Traore SF, Doumbia S, Sissoko F, Dembele SM, Schlein Y, Arheart KL, Revay EE, Kravchenko VD, Witt A och Beier JC (2017). The invasive shrub *Prosopis juliflora* enhances the malaria parasite transmission capacity of *Anopheles* mosquitoes: a habitat manipulation experiment, *Malaria Journal*, 16, pp. 1-9.
- Munhenga G, Brooke BD, Dandalo LC, Wood OR, Lobb LN, Koekmoer LL, Gilles JRL, Slabbert K, Kemp A, Govender D och Renke M (2016). Mating competitiveness of sterile genetic sexing strain males (GAMA) under laboratory and semi-field conditions: Steps towards the use of the Sterile Insect Technique to control the major malaria vector *Anopheles arabiensis* in South Africa, *Parasites & Vectors*, mars 2, pp. 2-9.

- Rochlin I, Iwanejko T, Dempsey ME, och Ninivaggi DV (2009). Geostatistical evaluation of integrated marsh management on mosquito vectors using before-after-control-impact design. *Int. J. Health Geographics*, pp. 8-35.
- Rochlin I, James-Pirri MJ, Adamowicz SC, Dempsey ME, Iwanejko T och Ninivaggi DV (2012). The effects of integrated marsh management (IMM) on salt marsh vegetation, nekton, and birds, *Estuaries Coasts*, 35(3), pp. 727–742.
- Russell RC (1999). Constructed wetlands and mosquitoes: health hazards and management options: an Australian perspective, *Ecol Eng*, 12, pp. 107–124.
- Sanford MR, Keiper JB och Walton WE (2003). The impact of wetland vegetation drying time on abundance of mosquitoes and other invertebrates, *Journal of the American Mosquito Control Association*, 19(4), pp. 361-366.
- Schäfer ML, Lundström JO, Petersson E (2008). Comparison of mosquito (Diptera: *Culicidae*) faunas by wetland type and year in the lower River Dalälven region, central Sweden. *Journal of Vector Ecology*, 33, pp. 150–157.
- Schäfer ML och Lundström JO (2006). Different responses of two floodwater mosquito species, *Aedes vexans* and *Ochlerotatus sticticus* (Diptera: *Culicidae*), to larval habitat drying, *Journal of Vector Ecology*, 31(1), pp. 123-128.
- Schäfer ML, Lundström JO (2009). The present distribution and predicted geographic expansion of the floodwater mosquito *Aedes sticticus* in Sweden. *Journal of Vector Ecology*, 34, pp. 141–147.
- Stewart ZP, Oxborough RM, Kirby MJ, Rowland MW, Irish SR och Tungu PK (2013). Indoor Application of Attractive Toxic Sugar Bait (ATSB) in Combination with Mosquito Nets for Control of Pyrethroid-Resistant Mosquitoes, *PLOS One*, dec 19, pp. 8-12.
- Tonjes DJ (2013). Impacts from ditching salt marshes in the mid-Atlantic and northeastern United States, *Environmental Reviews*, 21(2), pp. 116-126.
- Turner PA och Streever WJ (1999). Changes in productivity of the saltmarsh mosquito, *Aedes vigilax* (Diptera: *Culicidae*), and vegetation cover following culvert removal, *Australian Journal of Ecology*, 24(3), pp. 240-248.
- Walton WE (2012). Design and management of free water surface constructed wetlands to minimize mosquito production, *Wetlands Ecology and Management*, 20(3), pp. 173-195.
- Walton WE, Popko DA, Van Dam AR, Merrill A, Lythgoe J och Hess B (2012). Width of planting beds for emergent vegetation influences mosquito production from a constructed wetland in California (USA), *Ecological Engineering*, 42, pp. 150-159.
- Walton WE och Jiannino JA (2005). Vegetation management to stimulate denitrification increases mosquito abundance in multipurpose constructed treatment wetlands, *Journal of the American Mosquito Control Association*, 21(1), pp. 22-27.
- Whittle RK, Linthicum KJ, Thande PC, Wagati JN, Kamau CM och Roberts CR (1993). Effect of controlled burning on survival of floodwater *Aedes* eggs in Kenya, *Journal of the American Mosquito Control Association*, 9(1), pp. 72-77.
- Vittor (2006). The effect of deforestation on the human-biting rate of *Anopheles darlingi*, the primary vector of falciparum malaria in the Peruvian Amazon, *American Journal Of Tropical Medicine And Hygiene*, 74(1), pp. 3-11.
- Östman Ö, Wengström Å, Lundström JO, Gradin U, Wissman J och Schäfer M (2015). Lower abundance of flood water mosquito larvae in managed wet meadows in the lower Dalälven floodplains, Sweden, *Wetlands Ecology and Management*, 23(2), pp. 257-267.

Alternativa metoder för myggbekämpning

RAPPORT 6840

NATURVÅRDSVERKET
ISBN 978-91-620-6840-0
ISSN 0282-7298

KAROLIN ANDERSSON OCH MAGNUS LAND

Rapporten uttrycker nödvändigtvis inte Naturvårdsverkets ställningstagande. Författaren svarar själv för innehållet och anges vid referens till rapporten.

Stickmyggor kan orsaka problem både som överförare av sjukdomar och som irritationsmoment. En vanlig metod för myggbekämpning är applicering av det biologiska bekämpningsmedlet Bti. Men hur effektiva är andra metoder för minskad förekomst av översvämningsmygg? EviEM har på uppdrag av Naturvårdsverket gjort en kunskapsöversikt som redogör för forskning som bedrivits kring sex alternativa metoder för minskning och bekämpning av mygg.

En EviEM Kunskapsöversikt ger en översiktlig bild av kunskapsläget inom en viss miljöfråga. Den baseras på en begränsad litteratursökning och gör därför inte anspråk på att vara heltäckande. Mer information finns på EviEMs hemsida www.eviem.se.

