34 Vragen en antwoorden over steekmuggen en knutten in relatie tot vernatting

Piet F.M. Verdonschot

Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research
Augustus 2018

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Auteurs
Piet F.M. Verdonschot *(correspondentie: piet.verdonschot@wur.nl)*

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Projectgroep
Namen

Wijze van citeren
Verdonschot P.F.M. (2018) 34 Vragen en antwoorden over steekmuggen en knutten in relatie tot vernatting. Notitie Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 27 pp.

Trefwoorden
steekmug, knut, verspreiding, overlast, vernatting, ziekte, maatregel

Beeldmateriaal
Naam

ISBN: xxxx
DOI: xxxxx

Dit project is uitgevoerd in opdracht van de Provincie Overijssel

© 2018 Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Notitie Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research

Wageningen, oktober 2018

Inhoud

1 Inleiding, doel en werkwijze 6
1.1 Achtergrond 6
1.2 Probleemstelling 6
1.3 Vraagstelling en doel 7
1.4 Werkwijze 7

2 Vragen en antwoorden over stekende insecten 8
Vraag 1: Wat is de verspreiding van steekmuggen en knutten in Nederland? 8
Vraag 2: Waar leven de larven van steekmuggen en knutten? 8
Vraag 3: Waar leven volwassen steekmuggen en knutten? 9
Vraag 4: Komen steekmuggen en knutten ook voor in beken? 9
Vraag 5: Waarom zijn steekmuggen en knutten vaak talrijk in moerasgebieden? 10
Vraag 6: Komen er ook steekmuggen voor in een vijver met permanent water? 10
Vraag 7: Op welke plaatsen gedijen steekmuggen goed? 10
Vraag 8: Wat is de rol van droogval bij optreden van steekmuggen en knutten? 11
Vraag 9: Hoe ver verspreiden steekmuggen en knutten zich? 12
Vraag 10: Hoe snel en wanneer ontwikkelen steekmuggen en knutten zich? 12
Vraag 11: Wat is de invloed van voedselrijkdom op de ontwikkeling van larven? 13
Vraag 12: Hoe groot is de actieradius van steekmuggen en knutten? 14
Vraag 13: Welke invloed heeft het weer (bv. wind) op de actieradius? 14
Vraag 14: Hoe verspreiden volwassen stekende insecten zich i.r.t. begroeiing? 15
Vraag 15: Hoe beïnvloedt een broedgebied de aantallen stekende insecten? 16
Vraag 16: Wanneer is sprake van overlast? 16
Vraag 17: Dragen steekmuggen ziekten over? 17
Vraag 18: Hoe gevaarlijk is de loodgrijze malariamug? 18
Vraag 19: Welk percentage knutten is drager van Blauwtong en Schmallenberg? 18
Vraag 20: Levert vernatting extra risico op voor vogelpest? 19
Vraag 21: Zijn inentingen en preventieve maatregelen mogelijk? 19
Vraag 22: Levert vernatting extra overlast op voor recreanten? 20
Vraag 23: Waardoor is er vaak sprake van overlast rond bebouwing? 20
Vraag 24: Treedt er verschil op tussen de bestaande en toekomstige natuur? 21
Vraag 25: Zijn maatregelen mogelijk als er gegronde risico's ontstaan? 21
Vraag 26: Hoe kan ik op fysieke omstandigheden (bij)sturen? 22
Vraag 27: Hoe kan ik op waterkwaliteit sturen? 23
Vraag 28: Kan ik sturen op predatoren van steekmuggen en knutten? 23
Vraag 29: Moet ik extra maatregelen nemen vlak na een (her)inrichting? 23
Vraag 30: Heeft het terreinbeheer invloed op steekmuggen en knutten? 24
Vraag 31: Hoe zit het met kriebelmuggen in Nederland? 25
Vraag 32: Kunnen we in Nederland overlast van kriebelmuggen verwachten? 26
Vraag 33: Hoe zit het met dazen in Nederland? 26
Vraag 34: Kunnen we in Nederland overlast van dazen verwachten? 26

3. Conclusies 28

4. Literatuur 30

1 Inleiding, doel en werkwijze

1.1 Achtergrond

De neerslag van stikstof (stikstofdepositie) is één van de belangrijkste belemmeringen om de Europese natuurdoelen te halen. De huidige neerslag in een groot aantal Natura 2000-gebieden is veel hoger dan leefgebieden van planten en dieren kunnen verdragen. Het Programma Aanpak Stikstof (PAS) moet de gevolgen van teveel stikstof, door bijvoorbeeld mest, in Nederland oplossen.

De provincie Overijssel is eindverantwoordelijk voor de PAS-maatregelen in Overijssel. Voor elk Natura 2000-gebied is een aanwijzingsdocument opgesteld, met hierin de doelen (instandhouding of uitbreiding van habitattypen en leefgebieden van soorten). Deze doelen moeten bereikt worden met beheers- en herstelmaatregelen en staan per Natura 2000-gebied beschreven in een gebiedsanalyse en een beheerplan. In beide beleidsstukken zijn kaarten opgenomen waarop is aangegeven waar in het gebied maatregelen moeten worden uitgevoerd en binnen welke termijn. Daarnaast staan in de beheerplannen ook maatregelen die niet voortkomen uit de PAS, maar verband houden met regulier natuurbeheer, ontsnippering, beleid rondom andere (economische) activiteiten die in of rondom het natuurgebied plaatsvinden (landbouw, recreatie, natuuractiviteiten, delfstoffenwinning, jacht). Binnen het samenwerkingsakkoord "Samen werkt beter (Swb)" is het programma Ontwikkelopgave N2000 opgezet. Het programma Ontwikkelopgave N2000 zorgt voor het uitvoeren van de maatregelen zoals deze zijn opgenomen in de beheerplannen. In het samenwerkingsverband werken alle relevante partijen in het landelijk gebied samen om de Natura2000-opgave te realiseren, waarbij aandacht is voor een goede balans tussen ecologie en economie. Een bijzonderheid hierbij is dat naast de provincie Overijssel, ook meerdere Swb partners trekker zijn van één of meer gebiedsprocessen.

Vanwege de uitvoering van PAS-herstelmaatregelen worden de komende jaren projecten uitgevoerd waarbij onder meer:

- Vernatten van (grond)waterafhankelijke natuur (habitattypen, soorten), o.a. door dempen/verondiepen van sloten, verwijderen drainage, etc. Hierdoor kan water gedurende een korte of langere tijd op maaiveld komen te staan;
- Aanleg van waterretentiegebieden in de bovenloop van beken om beken langer watervoerend en met een hoger waterpeil te laten zijn, waarmee meer tegendruk kan worden geleverd aan uittredend grondwater;
- Aanleg van waterbergingsgebieden in de benedenloop van beken om inundatie van omliggende agrarische gronden en van kwetsbare habitattypen te voorkomen bij hoosbuien;
- Aanleg van bufferstroken met randdammen, zodat retentiebekkens ontstaan op plaatsen waar hellende agrarische percelen natuurgebieden raken, om te voorkomen dat nutriëntrijk water van agrarische percelen natuurgebieden instroomt.

Zodra het definitieve pakket aan PAS-herstelmaatregelen per N2000-gebied bekend is, wordt het maatregelenpakket vastgelegd in een inrichtingsplan, dat juridisch en planologisch wordt geborgd in bestemmingsplannen of (bij forse wijzigingen) in Provinciale Inpassingsplannen (PIP).

1.2 Probleemstelling

Door bovengenoemde hydrologische of vernattingsmaatregelen kunnen er plekken ontstaan waar stagnant water gedurende een korte of een wat langere tijd op of aan maaiveld staat. De aanleiding voor dit rapport komt voort uit de inspraakreacties op twee voorontwerp-PIP's, te weten N2000-gebied Dinkelland en N2000-gebied Landgoederen Oldenzaal. . Deze inspraakreacties hadden betrekking op het mogelijk optreden van steekmuggen- of knuttenoverlast als gevolg van de vernattingsmaatregelen, specifiek ook in relatie tot het optreden van dierziekten (Schmallenberg, Blauwtong, Vogelgriep, etc.). De Provincie verwacht dat in andere gebieden waar de komende tijd voorontwerp-PIP's voor gemaakt worden, dergelijke vragen te verwachten zijn.

De Provincie wil graag meer kennis over steekmuggen, knutten, dazen en kriebelmuggen binnenhalen, om zo een gedegen en onderbouwde reactie te kunnen geven op dergelijke inspraakreacties. Daarnaast wil de Provincie deze informatie omzetten in een 'deskundigenrapport' wat bij een eventuele rechtsgang aan de Raad van State kan worden overhandigd. Met dit rapport moeten mogelijke vragen omtrent steekmuggen en knutten, die in combinatie met vernattings- en retentiemaatregelen kunnen worden verwacht~~en~~, beantwoord kunnen worden.

1.3 Vraagstelling en doel

De Provincie wil graag concrete en zoveel mogelijk gekwantificeerde antwoorden op de belangrijkste vragen rondom steekmuggen en knutten.

Het onderzoek heeft als doel 'het geven van compleet beeld ('best available knowledge') van conclusies en aanbevelingen, in de vorm van antwoorden op vragen, over de aanwezigheid en (over)last van steekmuggen en knutten in relatie tot de PAS-herstelmaatregelen in N2000-gebieden'.

1.4 Werkwijze

Deze studie is uitgevoerd als korte bureaustudie gebaseerd op bestaande en snel beschikbare kennis.

De antwoorden zijn gebaseerd van direct beschikbare (grijze) literatuur. Een belangrijk deel van de informatie in de antwoorden is afkomstig en soms direct overgenomen uit de rapporten 'Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijksvenen' (Verdonschot et al. 1988) en 'Verkenning van de steekmuggen- en knutten-problematiek bij klimaatverandering en vernatting' (Verdonschot 2009). Daarnaast zijn delen overgenomen uit de vier artikelen: Bloedzuigende insecten deel 1. Steekmuggen. (Verdonschot 2012a), Bloedzuigende insecten deel 2. Knutten (Verdonschot 2012b), Bloedzuigende insecten deel 3. Dazen. (Verdonschot 2013a) en Bloedzuigende insecten deel 4. Kriebelmuggen. (Verdonschot 2013b).

Waar nodig is aanvullend gezocht naar nieuwe direct beschikbare kennis over de periode 2009-nu.

2 Vragen en antwoorden over stekende insecten

Vraag 1: Wat is de verspreiding van steekmuggen en knutten in Nederland?

Er komen 37 soorten steekmuggen en meer dan 103 soorten knutten voor in Nederland (Beuk 2002). De meeste soorten komen min of meer verspreid over geheel Nederland voor. Er bestaan echter geen verspreidingskaarten van de diverse soorten steekmuggen en knutten in Nederland. Er zijn ook geen landsdekkende inventarisaties uitgevoerd. Van een groot aantal knuttensoorten is nauwelijks iets bekend over de ecologie en verspreiding. Ook zijn hoogstwaarschijnlijk niet alle soorten knutten bekend die in Nederland daadwerkelijk voorkomen.

Steekmuggen ontwikkelen zich meestal in oppervlaktewateren met een grote dynamiek in milieuvariabelen, zoals temperatuurswisseling, uitdroging, organische verontreiniging en een wisselend zuurstofgehalte. Dit in tegenstelling tot veel van hun potentiële predatoren, die dergelijke milieus vermijden. Knutten ontwikkelen zich in een groot scala aan habitats, van natte organisch rijke graslanden, ~~tot~~ moerassen tot aan diepe meren.

Vraag 2: Waar leven de larven van steekmuggen en knutten?

Broedgebieden zijn de plaatsen waar steekmuggen en of knutten hun eitjes afzetten en waar de larven zich ontwikkelen tot volwassen dieren. De eitjes kunnen door zowel steekmuggen en knutten worden afgezet op natte grond of op oppervlaktewater. Dit is soort afhankelijk. De larven van steekmuggen leven altijd in de waterkolom, die van knutten in de waterkolom, de natte oeverzone, het litoraal of in natte gronden. Steekmuggen en knutten hebben beide een popstadium dat zich ontwikkelt in hetzelfde milieu als de larve. De volwassen dieren leven in het terrestrische milieu. De leefgebieden van volwassen steekmuggen en knutten bestaan vaak uit houtige of opgaande gewassen waar een hoge luchtvochtigheid heerst en waar prooien aanwezig zijn.

Om de informatie van broed- en leefgebieden overzichtelijk te houden zijn de steekmuggen en knutten ingedeeld in ecologische groepen. In de discussies rondom de steekmuggen en knutten problematiek in vernattingsgebieden spelen deze ecologische groepen steekmuggen en knutten een belangrijke differentiërende rol.

Huissteekmuggen ontwikkelen zich in alle semipermanente, temporaire en antropogene wateren. Het betreft meestal kleine, vaak tijdelijke waterpartijen (vrijwel alle tijdelijke wateren, emmers, badkuipen, regentonnen, blikjes, autobanden, dakgoten en overige antropogene waterpartijen) met sterke wisselingen in milieuomstandigheden. Voorbeelden zijn sterk organisch belaste wateren of wateren met een korte bestaansduur, zoals regenwaterplassen. Predatoren ontbreken in deze wateren.

De ontwikkeling van de ***moerassteekmuggen*** is sterk gebonden aan waterpeilfluctuaties. De larven leven in temporaire moeras- en drassituaties (meestal in geïsoleerde, ondiepe wateren zoals moerassen, greppels en inundatiezones). Het tijdelijk droogvallende substraat (meestal semipermanent en geïsoleerd van permanente water), al dan niet beschaduwd door bomen/hogere begroeiing en met veel organisch materiaal op de bodem waardoor mogelijk lage zuurstofconcentraties optreden en een arme gemeenschap aan overige insecten en ongewervelden (weinig predatoren aanwezig), dient als locatie voor het afzetten van de eitjes die overwinteren. Deze situatie kan het gevolg zijn van een weinig doorlatende ondergrond, eventueel in combinatie met een terreinreliëf waarin water stagneert, of een meer doorlatende of 'lekkende' ondergrond in combinatie met een tijdelijk hogere grondwaterstand.

Slootsteekmuggen ontwikkelen zich in allerlei permanente, stilstaande, ondiepe wateren (sloten, kanalen, poeltjes, plassen) met veel ondergedoken of emergente vegetatie (vooral drijvende draadalgen en kroossloten of sloten met een ruige oevervegetatie (achterstallig onderhoud)) en in verlandende sloten en verlandingszones. De wateren hebben een diverse gemeenschap van overige insecten en ongewervelden. Een rijke vegetatie dient als schuilmogelijkheid om een te grote predatiedruk te vermijden. De larven hebben geen ademhalingsbuis en hangen horizontaal tegen het wateroppervlak en voeden zich in tegenstelling tot andere steekmuggen ook aan het wateroppervlak.

Plantenboorsteekmuggen ontwikkelen zich aan dieper groeiende emergente (boven het water uitstekende) water- en oeverplanten. De larve boort in zachte plantendelen en blijft aan de plant aangehecht. Het betreft vaak kraagvegetaties van lisdodde, riet, liesgras en dergelijke.

De ***boomholtesteekmuggen***, ook wel containersteekmuggen genoemd, danken hun naam aan het oorspronkelijk habitat, de boomholte. Boomholtesteekmuggen ontwikkelen zich in boomholten rijk aan blad en water. Predatoren ontbreken in deze kleine wateren. Deze groep kan zich echter in allerlei zeer kleine, tijdelijke wateren ontwikkelen, waaronder autobanden, blikjes, schaaltjes, boomholten, regentonnen, dakgoten en overige antropogene waterpartijen met een hoog organisch stofgehalte en met sterke wisselingen in andere milieuomstandigheden. De eieren ontwikkelen zich wanneer een dergelijk 'micro'-oppervlaktewater zich met water vult, bijvoorbeeld na een regenbui. Bij voldoende hoge temperaturen vliegen de larven na korte tijd uit. Boomholtesteekmuggen komen ook voor in permanente 'containermilieus', waar ze meerdere generaties ontwikkelen waarbij ook predatoren aanwezig kunnen zijn die de aantallen slechts enigszins verlagen.

Knutten ontwikkelen zich afhankelijk van de soort in allerlei habitats, zoals mest, mierennesten, rottend hout, plantensappen, meren, oeverzones, rivieren, temporaire wateren, boomholten, natte graslanden, laagveenwateren, brakke en zoute wateren en zoute bodems. Overlast voor mensen wordt vooral veroorzaakt door soorten uit het geslacht *Culicoides*. Dit geslacht ontwikkelt zich eveneens in een brede range aan habitats.

Vraag 3: Waar leven volwassen steekmuggen en knutten?

Voor volwassen steekmuggen zijn opgaande (al dan niet lijnvormige) houtige en hoge kruidachtige begroeiingen aantrekkelijk om te schuilen en geschikt om zich doorheen te verplaatsen. De begroeiing biedt bescherming tegen wind en wordt over het algemeen gekenmerkt door een hoge luchtvochtigheid (geschikt microklimaat). Hiermee vormt de begroeiing een verbindingszone tussen de plaats waar de larven zich ontwikkelen en eventuele gebieden waar prooien zich ophouden (waaronder bebouwing), waar de vrouwtjesmuggen op zoek gaan naar een bloedmaaltijd. Het verspreidingsvermogen van steekmuggen verschilt per soort. Sommige soorten kunnen zich in halfopen terrein verspreiden, terwijl andere soorten sterk gebonden zijn aan bossen. Deze laatste groep van volwassen steekmuggen mijden open terrein volledig, onder andere vanwege de lagere luchtvochtigheid en de invloed van wind. Sommige soorten steekmuggen dringen ook woonhuizen binnen maar dit geldt lang niet voor alle soorten. Volwassen vrouwtjes van sommige soorten huissteekmuggen overwinteren op vochtige plekken in huizen (bijvoorbeeld kruipgaten), schuren en andere bouwwerken.

Vraag 4: Komen steekmuggen en knutten ook voor in beken?

Steekmuggen zijn voor hun ontwikkeling afhankelijk van stilstaand water, ze komen niet voor in stromende wateren. De larven en poppen van steekmuggen zijn zeer gevoelig

voor stroming en golfslag, en worden wanneer dit optreedt in hun ontwikkeling beperkt. In grotere oppervlaktewateren met een brede ondiepe oeverzone zal tussen de oevervegetatie nauwelijks stroming of golfslag optreden. In deze delen is de aanwezigheid van predatoren (zoals roofkevers, libellenlarven en amfibieën) een belangrijkere factor die de ontwikkeling van de steekmuggen beperkt.

Knutten komen in allerlei wateren voor. Stroming en golfslag spelen echter een geringe rol ten aanzien van het voorkomen, behalve indien daadwerkelijk sprake is van stroming, omdat ze meestal in het bodemsubstraat leven. De oeverzone is voor veel soorten geschikt.

Vraag 5: Waarom zijn steekmuggen en knutten vaak talrijk in moerasgebieden?

Moerassen kenmerken zich door een sterke afwisseling tussen droog en nat in ruimte en tijd. Deze afwisselingen zijn een gevolg van een rond maaiveld wisselende waterstand in een reliëfrijk terrein. Met het reliëf van het terrein wordt een afwisseling van hogere en lagere delen van het maaiveld bedoeld. Deze afwisseling kan van nature aanwezig zijn (zoals langs beken en rivieren, in duinvalleien en moerasgebieden) of het gevolg zijn van inrichtingsmaatregelen (zoals plaggen of onregelmatig afgraven). Langs grotere beken en rivieren kan door erosie en sedimentatie tijdens inundaties ook een bepaald reliëf ontstaan. In vernattings- en moerasgebieden ontstaat reliëf als gevolg van bultvorming door de aanwezige (ruigte)vegetatie. Tijdens perioden met veel neerslag of na inundatie kan water achterblijven in laagten, putjes en kuilen in dergelijk reliëfrijk terrein. De verblijftijd van het water is afhankelijk van de doorlaatbaarheid van de bodem en de terreinhelling (deze laatste factor vooral in vlakke gebieden). Wanneer veel kleiafzettingen in de bodem aanwezig zijn, kan water lange tijd blijven staan. Bestaat de bodem voornamelijk uit zand, dan zal het water sneller inzijgen, behalve wanneer sprake is van een hoge grondwaterstand (bijvoorbeeld zo hoog als het maaiveld). Wanneer in het voorjaar plassen en poelen langer water bevatten, is dit in het voordeel van steekmuggen in het ondiepe water en voor knutten in de natte drogere delen. In combinatie met de ontwikkeling van hogere vegetatie (hogere luchtvochtigheid en windluwte) is dit een gunstige uitgangssituatie voor hoge(re) aantallen steekmuggen en knutten.

Vraag 6: Komen er ook steekmuggen voor in een vijver met permanent water?

In open water houden predatoren (zoals vissen, amfibieën, roofkevers, libellenlarven, enz.) de populaties van steekmuggen klein. Echter als er een verlandingszone of breed en dicht begroeide oeverzone in een water aanwezig is kunnen stekende insecten wel talrijker optreden. Verlanding van ondiepe oppervlaktewateren en oeverzones bevorderen de ontwikkeling van de habitat voor steekmuggen en knutten. Tussen de dichte submerse en emergente watervegetaties hebben larven van steekmuggen namelijk meer schuil- en ontsnappingsmogelijkheden voor predatoren. Ondiepe delen warmen daarnaast ook sneller op, hetgeen de groeisnelheid van larven van steekmuggen sterk bevordert. In de droog-nat overgangen van oeverzones gedijen knuttenlarven uitstekend, vooral als er veel organisch materiaal aanwezig is.

Vraag 7: Op welke plaatsen gedijen steekmuggen goed?

Een sterke wisseling van milieuomstandigheden, bijvoorbeeld een afwisseling van zout (brak) naar zoet water of van neutraal naar een lage zuurgraad, heeft tot gevolg dat de meeste waterdieren sterven. Met een wisseling naar brak of zoet wordt een nieuw watermilieu gecreëerd waar, als gevolg van afwezigheid van predatoren, steekmuggen

zich goed in kunnen ontwikkelen. Extreme milieus zoals regentonnen en natte kruipgaten leveren een voor veel aquatische organismen onleefbaar milieu op, maar een habitat dat echter wel weer zeer geschikt is voor steekmuggen.

Een ander type extreem milieu zijn plaatsen waar het tijdelijk nat en tijdelijk droog is, zoals overstromingsgebieden enerzijds tot aan containermilieus anderzijds. Het moment in de tijd, de frequentie en de duur van inundatie (in feite het water bevatten) in samenhang met het terreinreliëf of vorm van het waterhoudend bekken/object zijn sterk bepalend voor de permanentie van het achterblijvende water. Overstroming van rivieruiterwaarden en beekbegeleidende gronden treedt vooral op in de winter en het voorjaar (beek- of rivierinundatie) maar kan bij extreem nat weer in de zomer ook voorkomen. In onregelmatige terreinen met een slecht doorlatende bodem (veen- en kleigebieden, zoals veel aanwezig in de laagveenregio in het westen van Nederland) of terreinen met een hoge grondwaterstand (bijvoorbeeld duinvalleien, laagten en veenweidepolders) treden als gevolg van intense neerslag in de zomer ook (regen)inundaties op. Water zal in vlakke gebieden na (regen)inundatie langer aanwezig blijven, zeker in onregelmatig terrein. Wanneer gedurende langere tijd water in een terrein achterblijft, biedt dit een semipermanent milieu dat geschikt is voor de ontwikkeling van steekmuggen. Dit geldt ook voor alle containermilieus, zoals bekertjes, boomholten, emmers, kruipgaten, regenwatergoten, enz.

Vraag 8: Wat is de rol van droogval bij optreden van steekmuggen en knutten?

De permanentie of omgekeerd de mate van droogval van een oppervlaktewater wordt bepaald door de neerslag, de grondwaterstand, en de mate en frequentie van inundatie. Op basis van waterdiepte en hydrologische isolatie van een al dan niet tijdelijk oppervlaktewater zijn verschillende watertypen te onderscheiden.

In ***permanente oppervlaktewateren***, zoals plassen, boezems, nooit droogvallende sloten, kanalen, beken of rivieren, kunnen populaties van predatoren van steekmuggen hun levenscyclus voltooien en door predatie zorgen dat steekmuggen zich niet massaal kunnen ontwikkelen. Steekmuglarven zijn uiterst kwetsbaar voor predatie, mede omdat ze zich vaak aan het wateroppervlak bevinden. Ook in tijdelijk onder water staande terreinen die met permanente wateren verbonden zijn, kunnen steekmuglarven zich moeilijk ontwikkelen, omdat deze toegankelijk zijn voor predatoren uit het permanente water. Een permanent nat moeras kan dus ook arm zijn aan larven van steekmuggen doordat predatoren kunnen overleven en grazen.

Geïsoleerde semipermanente en temporaire oppervlaktewateren hebben een geringe waterdiepte en zijn niet verbonden met permanente oppervlaktewateren. Dergelijke oppervlaktewateren hebben een grote kans om jaarlijks droog te vallen. Droogvalling is bij uitstek een gunstige uitgangspositie voor de ontwikkeling van grote aantallen steekmuggen. Als gevolg van droogval delen de steekmuggen het water met weinig andere organismen, dit is gunstig voor steekmuggen, omdat de larven een uiterst geringe concurrentiekracht hebben. Ook kunnen de meeste predatoren van steekmuglarven hun levenscyclus niet voltooien in droogvallende wateren en ontbreken dan ook. Lage concurrentie en predatie leiden tot het massaal optreden van steekmuggen in dit type wateren.

Knutten leven vaak in de ***oeverzone van permanente wateren*** of in ***natte gronden*** waar het water bijna het gehele jaar, en vooral in de winter en het voorjaar, aan maaiveld staat. In dit habitat leven weinig predatoren en kunnen knuttenlarven gedijen.

Vraag 9: Hoe ver verspreiden steekmuggen en knutten zich?

Van veel Nederlandse soorten stekende insecten is de vliegcapaciteit niet bekend. Het verspreidingsvermogen van steekmuggen verschilt per soort. Sommige soorten kunnen zich verspreiden in halfopen terrein, terwijl andere soorten sterk gebonden zijn aan bossen en open terrein geheel vermijden. Overlast gerelateerde of niet-georiënteerde vluchten zijn soort specifiek en bestrijken afstanden tussen 25 m en 6 km voor 23 geanalyseerde soorten (Verdonschot & Lototskaya 2013). Steekmuggen zijn in 4 groepen vliegers te verdelen: sterke (>3 km), goede (>800 m), matige (400-800 m) en zwakke (tot 400 m) vliegers. Knutten behoren veelal tot goede en sterke vliegers. De vliegcapaciteit wordt beïnvloed door de landschapsstructuur, meteorologische omstandigheden (temperatuur, vochtigheid en verlichting) en de fysiologie van de soort (beschikbare energie voor de vlucht).

Er is een mismatch tussen ecologische groepen van huissteekmuggen, slootsteekmuggen, moerassteekmuggen en plantenboorsteekmuggen en de vier vlieggroepen. Met andere woorden: binnen iedere ecologische groep van steekmuggen kunnen zowel zwakke als sterke vliegers zitten. Voorspellingen over overlast kunnen alleen worden gemaakt wanneer soort en dichtheid van stekende dieren, prooidichtheid en structuur van het landschap tussen broedplaats en doelgebied (bv. bebouwing) bekend zijn. Dit laatste resultaat betekent dat het van de lokale omstandigheden afhangt of het inrichten van een barrière, een voor stekende insecten ongunstige structuur in het landschap (zoals open water of een korte grazige vegetatie) zinvol is omdat het van de lokale omstandigheden afhangt welke soort zich ontwikkelt. Wanneer bekend is welke soort of soorten zich ontwikkelen of kunnen ontwikkelen en welke vliegcapaciteit die hebben, kan pas aangegeven worden of een barrière meer of minder effectief zal zijn. Bosmoerassteekmuggen bijvoorbeeld zijn zwakke vliegers en daartegen kan een smalle barrière al veel effect oogsten.

Vraag 10: Hoe snel en wanneer ontwikkelen steekmuggen en knutten zich?

De levenscyclus van steekmuggen en knutten wordt gekenmerkt door een zogenaamde volkomen gedaantewisseling (metamorfose). Het insect (larve) dat uit het ei komt, verschilt morfologisch en fysiologisch volledig van het volwassen dier van de soort. Om het volwassen stadium te bereiken is een ruststadium nodig (pop), gedurende welke de omvorming plaats vindt. De eieren kunnen zich in 2-10 dagen ontwikkelen. De larve doorloopt 4 stadia en ontwikkelt zich in 1 tot 8 weken. Steekmuggen en knutten ontwikkelen zich, zoals de meeste organismen, sneller bij hogere temperaturen. Ondiepe wateren warmen in de zomer snel op en vormen daarmee een uitstekend milieu voor de zich dan zeer snel (tot binnen 10 dagen) ontwikkelende steekmug. Opeenvolgende jaren met warme zomers kunnen de omvang van de aanvangspopulaties doen toenemen. De levenscyclus ziet er bij de ecologische groepen enigszins verschillend uit en zo hun respons op temperatuur.

De ***huissteekmug*** overwintert als volwassen dier en heeft 4-6 generaties nodig om tot hoge aantallen te komen. De optimum temperatuur ligt voor de larve tussen 24-27°C. De larven ontwikkelen zich bij gunstige temperatuur in circa 8 dagen tot volwassen dier. De dieren komen van april tot –november voor.

Moerassteekmuggen overwinteren als ei en ontwikkelen zich het meest gesynchroniseerd in het voorjaar waarbij hoge aantallen kunnen worden bereikt. Soms treedt een tweede (en mogelijk meer) generatie in de nazomer op. De volwassen dieren leven 4-6(8) weken. De optimum temperatuur ligt voor de larve bij circa 25°C. Bij hogere temperaturen ontwikkelen ze zich sneller maar liggen de aantallen lager. De larvale

ontwikkeling is 8-10 dagen bij warm weer tot twee maanden bij koud weer. De dieren komen van mei tot –september voor.

Slootsteekmuggen ontwikkelen zich vanaf het voorjaar (mei) en bereiken de hoogste aantallen (circa 3de generatie) in de nazomer (hogere temperaturen; juli-september). Ze overwinteren als volwassen dieren.

Plantenboorsteekmuggen overwinteren als larve, dicht bij de bodem vastgehecht aan de wortels van waterplanten. De soort heeft maar een generatie per jaar. De dieren komen van mei tot –september voor.

Boomholtesteekmuggen overwinteren als ei maar overleven droogteperioden eveneens als ei. Wanneer water aanwezig is ontwikkelen de eitjes zich snel.

Knutten ontwikkelen zich bij hoge temperaturen (28-30°C) in 3-4 weken tot volwassen dier. De meeste soorten van het genus *Culicoides* ontwikkelen zich bij 20-25°C in circa 1 maand van ei (in 4-6 dagen), via larf (in 20-25 dagen), via pop (in 3-5 dagen) tot volwassen dier (Gutsevich 1973). Deze volwassen dieren leven 1-2 maanden. De gehele levenscyclus neemt daarmee ongeveer 1.5 maand (range 2-6 weken) in beslag. De meeste knutten overwinteren in het derde of vierde larvale stadium, soorten met maar een generatie per jaar vaak als ei.

Overigens is de kans aanwezig dat met de klimaatverandering het 'warmere' seizoen wordt opgerekt van nu mei tot en met september tot straks april tot en met oktober.

Vraag 11: Wat is de invloed van voedselrijkdom op de ontwikkeling van larven?

Veel wateren in agrarisch gebied zijn door uitspoeling van landbouwkundige meststoffen in meer of mindere mate voedselverrijkt geraakt (eutrofiëring). Verrijking met voedingsstoffen leidt onder andere tot een sterk wisselende zuurstofhuishouding. Hierdoor treden periodes op waarin het water zeer weinig zuurstof bevat. Steekmuggen hebben onder zuurstofarme condities meer overlevingskansen ten opzichte van veel andere waterdieren, zoals hun predatoren. Dit is het gevolg van een aangepaste ademhaling. Steekmuglarven zijn namelijk in staat via een adembuis zuurstof uit de lucht te gebruiken. Eutrofiëring leidt ook tot meer algenontwikkeling en eventueel een groter aantal dierlijke micro-organismen. Beide dragen bij aan een verhoogd voedselaanbod voor de steekmuglarven.

Saprobiëring (=verrijking met dood organisch materiaal) treedt op wanneer organisch materiaal in een oppervlaktewater terecht komt. In geval van lozingen is er vaak sprake van het plotseling optreden van voor steekmuggen gunstige zuurstofarme omstandigheden. In poelen en greppels in bosgebieden leidt bladval tot saprobiëring. In deze wateren vormt het organisch materiaal ook de basis voor het voedsel voor veel steekmuggen, namelijk de bacteriën en algen die op deze bladeren voorkomen.

Samenvattend betekent dit dat naarmate de voedselrijkdom in een water hoger is er meer voedsel en minder concurrentie voor de steekmuggen is. Hierdoor worden steekmuggen bij toenemende voedselrijkdom talrijker.

De larven van aquatische knutten leven voornamelijk als predatoren op kleine dieren zoals chironomiden, steekmuglarven, kokerjuffers, nematoden, rotiferen, wormen, protozoën of andere knuttenlarven (kannibalisme). Er zijn ook soorten die zich voeden met – dood organisch materiaal, algen of bacteriën. De aquatische larven zijn goede en snelle zwemmers. Larven van aquatische knutten worden vooral door vissen gegeten. Semiterrestrische larven bevinden relatief ondiep (2-5 cm) in de bodem en worden door vogels gepredeerd (Blackwell & King 1997). Ook larven van knutten ontwikkelen zich afhankelijk van het voedselaanbod. Bij een hogere voedselrijkdom gaat de ontwikkeling sneller en meer larven bereiken het popstadium.

Vraag 12: Hoe groot is de actieradius van steekmuggen en knutten?

In vraag 9 is al ingegaan op de vliegcapaciteit van steekmuggen en knutten. Er is een onderverdeling gegeven in 4 groepen vliegers te weten: sterke (>3 km), goede (>800 m), matige (400-800 m) en zwakke (tot 400 m) vliegers. Maar de dieren vliegen vaak niet verder dan noodzakelijk omdat vliegen ook een risico inhoudt. De feitelijk actieradius van steekmuggen en knutten is sterk afhankelijk van lokale omstandigheden. De paring treedt meestal op tijdens soortspecifieke paarvluchten die plaats vinden in de omgeving van de broedplaats. Na de paring gaan soorten die bloed nodig hebben voor de ei-rijping op zoek naar prooi. De actieradius die dan wordt bestreken is erg variabel. De huissteekmug *Culex pipiens* bijvoorbeeld heeft een beperkte actieradius van circa 30 m. Echter lokale omstandigheden van luchtvochtigheid, temperatuur, licht (zoals de schaduw van bomen), wind, topografie, vegetatietype of begroeiing, plaats van de broedplaats, aanwezigheid van prooien, fysiologie van het individu, vliegcapaciteit, en populatiedichtheid hebben belangrijke invloed op de daadwerkelijk afgelegde afstand.
In het algemeen is de normale actieradius vrij onafhankelijk van de wind omdat vliegen bij hogere windsnelheden wordt vermeden en gecompenseerd op 'windstille' dagen. Veel meteorologische factoren hangen samen met de begroeiing. Veel stekende insecten vliegen dan ook tussen de vegetatie vlak bodem de grond of in de toppen.
Becker et al. (2003, 2010) onderscheiden drie groepen:

- Soorten die meestal opgroeien, rusten en eieren afzetten in de nabije afstand van hun prooien en die dus gewoonlijk korte afstanden afleggen (huissteekmuggen, boomholtesteekmuggen).
- Soorten die matig lange afstanden afleggen tussen de broedplaatsen, rustplaatsen en prooihabitats (sommige moeras- en slootsteekmuggen en plantenboorsteekmuggen).
- Soorten die redelijk lange tot lange afstanden afleggen tussen de verschillende habitats (sommige moerassteekmuggen (vooral soorten die hun broedplaats in open gebieden, zilte moerassen en langs rivieren hebben).

Knutten komen in alle drie de groepen voor.

Vraag 13: Welke invloed heeft het weer (bv. wind) op de actieradius?

Steekmuggen en knutten worden sterk door de weersomstandigheden gestuurd. Wind, luchtvochtigheid (incl. neerslag) en temperatuur zijn de sturende weersfactoren bij de verspreiding van volwassen steekmuggen en knutten. De volwassen dieren zoeken altijd warmere, vochtigere windarme plaatsen op omdat het gevaar van uitdrogen zoveel mogelijk wordt vermeden. Een hogere temperatuur leidt tot een snellere groei en ontwikkeling. Hogere temperaturen leiden echter tot lagere luchtvochtigheid en dus risico op uitdroging. Vegetaties bieden een vochtiger microklimaat t.o.v. open vlaktes en worden daarom door volwassen steekmuggen en knutten geprefereerd. Wind leidt tot passieve verspreiding als de windkracht groter is dan de vliegkracht van het dier. Steekmuggen en knutten vermijden sterke wind door tussen de vegetatie of vlak boven de grond te gaan vliegen (Snow 1982). Steekmuggen zijn voor hun steekactiviteit afhankelijk van reukpluimen die door de wind worden getransporteerd. Windsnelheden van 0.3–1.0 m/s verminderen succesvolle oriëntatie, zeker voor zwakke vliegers (Gillies & Wilkes 1981, Bidlingmayer et al. 1995). De hoogste windsnelheden waarin steekmuggen vlogen variëren van 0.8-2.8 m/s voor subarctische soorten (Grimstad & DeFoliart 1975, Bidlingmayer et al. 1995). Wind kan de actieradius van stekende insecten aanmerkelijk verkleinen.

Vraag 14: Hoe verspreiden volwassen stekende insecten zich i.r.t. begroeiing?

Voor volwassen steekmuggen en knutten zijn opgaande (al dan niet lijnvormige) houtige en hoge kruidachtige begroeiingen aantrekkelijk om te schuilen en geschikt om zich doorheen te verplaatsen. De begroeiing biedt bescherming tegen wind en wordt over het algemeen gekenmerkt door een hoge luchtvochtigheid (geschikt microklimaat). Hiermee vormt de begroeiing een verbindingszone tussen de plaats waar de larven zich ontwikkelen en eventuele bebouwing, waar de vrouwtjesmuggen op zoek gaan naar een bloedmaaltijd. Het verspreidingsvermogen van steekmuggen verschilt per soort. Sommige soorten kunnen zich in half-open terrein verspreiden, terwijl andere soorten sterk gebonden zijn aan bossen. Deze volwassen steekmuggen mijden open terrein volledig, onder andere vanwege de lagere luchtvochtigheid. De rol van de begroeiing is dus afhankelijk van de soort steekmug of knut.

De afstand waarover steekmuggen zich op eigen kracht verspreiden is variabel. Wanneer er open terrein tussen menselijke bebouwing, recreatieverblijven of stallen en het leefgebied van steekmuggen aanwezig is, blijft het aantal 'overstekende' stekende insecten vaak beperkt, omdat maar weinig volwassen dieren deze gebouwen zullen bereiken. Wanneer het gebied tussen broedplaats en bebouwing steekmug- en knut-onvriendelijk wordt ingericht gaat het tussenliggende gebied als barrière werken. De aanwezigheid van vee in het tussenliggend gebied van broedplaats en bebouwing speelt hierbij geen rol van betekenis. Een ruime afstand tussen mogelijke broedgebieden van steekmuggen en knutten en bebouwing (de plaats waar de volwassen stekende insecten naar toe vliegen) kan effectief werken tegen bepaalde soorten en overlast beperken. Barrières verminderen altijd het aantal stekende insecten dat woningen of dierverblijven bereikt ~~altijd~~. De effectiviteit van barrières (de daadwerkelijke aantalsvermindering) hangt echter samen met drie verschillende aspecten: de vliegcapaciteit, de staat van het tussenliggende gebied en de geschiktheid van het broedgebied.

De ***vliegcapaciteit*** is van veel Nederlandse soorten stekende insecten niet bekend. Van sommige knutten is bekend dat het zeer goede vliegers zijn. Daarbij is er, zoals eerder opgemerkt geen een-op-een relatie tussen ecologische groepen en vlieggroepen m.a.w. binnen iedere ecologische groep kunnen zowel zwakke als sterke vliegers zitten. Dit laatste resultaat betekent dat het van de lokale omstandigheden afhangt of een barrière zin heeft, omdat het van deze omstandigheden afhangt welke soort zich ontwikkelt. Wanneer bekend is welke soort of soorten zich ontwikkelen of kunnen ontwikkelen en welke vliegcapaciteit die hebben, kan pas aangegeven worden of een barrière meer of minder effectief zal zijn. Bosmoerassteekmuggen bijvoorbeeld zijn zwakke vliegers en daar kan een smalle barrière al veel effect oogsten terwijl riviermoerassteekmuggen sterke vliegers zijn waar barrières niet tegen werken.

Ook speelt **de *afstand en inrichting van het tussenliggende gebied of de barrière*** een belangrijke rol. De overlast veroorzaakt door zwakke en matige vliegers kan met smallere barrières, die op een juiste manier zijn ingericht, worden beperkt. Een barrière van 50-70 m geeft een 90% vermindering in aantallen zwakke vliegers terwijl dit bij matige vliegers met 140- 200 m wordt bereikt. Voor de goede en sterke vliegers zijn veel bredere barrières nodig om een 90% vermindering te bereiken.

Omgekeerd als de ***geschiktheid (oppervlak en kwaliteit) van het broedgebied*** verre van optimaal is en er dus maar lage aantallen steekmuggen/knutten optreden is een 90% reductie niet nodig om toch geen overlast te krijgen.

In het algemeen is de inrichting van een barrière erop gericht om een lage luchtvochtigheid (te bereiken met zeer korte vegetatie of open water) en vrijheid voor windwerking (wind beperkt de vliegmogelijkheden sterk) te bereiken. Verplaatsingsmogelijkheden (corridors) in de vorm van linten van bosschages of

opgaande ruigten tussen broedplaatsen en bebouwing (woningen, recreatiebedrijven, stallen) moeten onderbroken of verwijderd worden. Een extra versterking van een barrière is het aanleggen van bosschages aan de binnenzijde van het broedgebied om volwassen steekmuggen en knutten juist het gebied in te trekken i.p.v. het gebied uit richting bebouwing, te laten vliegen. Deze zogenoemde 'muggenbosjes' versterken de barrièrewerking.

Vraag 15: Hoe beïnvloedt een broedgebied de aantallen stekende insecten?

De habitataard en -kwaliteit en het oppervlak van broedplaatsen is van groot belang bij de inschatting van aantallen steekmuggen en knutten. Het ligt voor de hand dat hoe groter de oppervlakken aan potentieel broedgebied, hoe groter de kans op overlast zal zijn omdat er dan meer larven volwassen worden. Als dan ook de habitatkwaliteit van de specifieke broedplek optimaal is dan kunnen zich nog hogere aantallen stekende insecten ontwikkelen. Vaak zijn wisselend droog-natte situaties of voedselrijke wateren met wisselend zuurstofloos-zuurstofrijke omstandigheden, dus dynamische landschapstypen, de belangrijkste bon voor overlast van steekmuggen, omdat daar kwaliteit en kwantiteit van broedgebied het hoogst zijn. Dynamische omstandigheden treden bijvoorbeeld ook op na afgraven of plaggen omdat op dergelijke 'maagdelijke' locaties nog geen predatoren leven. Voor knutten is het moeilijker te definiëren wanneer de kwaliteit van het broedgebied het hoogst is, maar het hangt samen met grondwater aan maaiveld en voedselrijkdom.

Een ander voorbeeld bij oppervlak zijn de broedplaatsen van slootsteekmuggen, die vooral te vinden zijn in permanente oppervlaktewateren met veel plantengroei of flabontwikkeling. De ruimtelijk spreiding van dergelijke vegetaties zal in gebieden met sloten vaak beperkt zijn terwijl een grote, brede moeraszone langs een meer aanzienlijk kan zijn.

Vraag 16: Wanneer is sprake van overlast?

Wanneer we spreken over overlast wordt voor menselijke overlast niet gerefereerd aan ziekten maar aan aantallen steken. Ieder mens ervaart overlast verschillend en wordt ook in verschillende mate gebeten. Overlast vanuit veterinair oogpunt is wel gekoppeld aan het optreden van ziekten of verwondingen. Bij ziekten is het gekoppeld aan overdracht door stekende insecten en dat is minder duidelijk gekoppeld aan aantallen terwijl verwondingen juist direct samenhangen met aantallen. Bij de risicoanalyse op steekmuggen en knutten is het begrip overlast wel van groot belang. Een referentienorm voor overlast is voor Nederland niet opgesteld. Belangrijk is daarom een bestaande situatie zo kwantitatief mogelijk vast te stellen om deze in de toekomst met de nieuwe situatie te kunnen vergelijken.

Als vertegenwoordigers uit de families van de steekmuggen en knutten zich massaal ontwikkelen, kunnen deze plaatselijke overlast veroorzaken. Bij overlast is sprake van: 'het hinderlijk voorkomen van één of meer organismen voor mens, gewas of bezit'. Onder een plaag wordt verstaan: 'het in zulke grote aantallen aanwezig zijn van één of meer organismen, dat ze schade veroorzaken of dreigen te veroorzaken voor de mens, zijn gewassen of zijn bezittingen'. Of een organisme overlast of een plaag veroorzaakt, hangt niet zozeer af van zijn aantal, als wel van de mate waarin het schade (overlast) veroorzaakt. Ook organismen die in geringe aantallen voorkomen, kunnen overlast of een plaagsituatie teweegbrengen. Voor een massale ontwikkeling van steekmuggen en knutten zijn een aantal randvoorwaarden nodig. De volgende voorwaarden dragen bij aan overlast en plaagvorming:

a. een gunstig leefmilieu;

b. een geringe dichtheid van parasieten en predatoren;
c. een voldoend voedselaanbod;
d. een bepaalde aanvangspopulatie van plaaginsecten;
e. pathogenen (ziekteverwekkers) die muggen en of knutten als vector kunnen overdragen.

Vraag 17: Dragen steekmuggen ziekten over?

Vector-overdraagbare ziekten worden veroorzaakt door pathogenen of ziekteverwekkers, die tussen dieren en/of mensen worden overgebracht door steekmuggen en knutten, de zogenaamde vectoren. Steekmuggen zijn bekende vectoren voor een groot aantal van de ziekteverwekkers wereldwijd. Echter in Nederland hebben zich sinds de uitroeiing van malaria eind jaren '50 geen epidemieën meer voorgedaan van ziekten die door steekmuggen worden overgedragen. Er komen hier echter wel steekmuggen voor die in potentie ziekteverwekkers kunnen overgedragen.

Malaria is in Nederland aan het einde van de vijftiger jaren uitgeroeid. Sindsdien hebben zich geen uitbraken meer voorgedaan van ziekten die door steekmuggen worden overgedragen. De momenteel in Nederland aanwezige soorten steekmuggen spelen vooralsnog geen rol van betekenis in de verspreiding van ziekten onder mens of dier (Braks & Stroo 2016). Dat betekent niet dat er in potentie geen ziekteverwekkers kunnen worden overgedragen. Van de 37 in Nederland aanwezige steekmuggensoorten is van slechts enkele aannemelijk dat ze geen rol spelen in de overdracht van ziekten. Daarom heeft het toenmalige Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) het Rijks Instituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) gevraagd om samen met het Centrum Monitoring Vectoren (CMV) een beleidsadvies te schrijven over de mogelijke verspreiding door steekmuggen van voor Nederland nieuwe ziekten voor mens en dier. Een belangrijk deel van deze mogelijke verspreiding hangt samen met kennis van de vector; de steekmug. In het advies is een inschatting gemaakt van mogelijk humane pathogenen die kunnen worden overgedragen (Braks & Stroo 2016). Na evaluatie van verschillende aspecten van mogelijke risico's noemt de nota vier belangrijke overdraagbare ziekteverwekkers: vivax-malaria, Westnijlkoorts, Riftdalkoorts, *Francisella tularensis* (tularemie).

Vivax-malaria, veroorzaakt door de protozo *Plasmodium vivax*, is een infectieziekte die uitsluitend bij mensen voorkomt en die wordt overgebracht door de inheemse slootsteekmug *Anopheles atroparvus*, een soort binnen het complex *An. maculipennis s.l.*. Deze soort is niet in staat om *P. falciparum*, verwekker van de meer ernstige vorm van malaria, over te brengen. Het aantal gevallen waarin dragers van *P. vivax* in Nederland terugkeren is zeer laag en in combinatie met het nog slechts zeldzaam voorkomen van de vector *An. atroparvus*, die in brak water leeft, en de goede Nederlands gezondheidszorg wordt het risico als zeer laag ingeschat. Wanneer alle feiten in acht genomen worden lijkt de kans dat malaria op korte termijn terugkeert in Nederland verwaarloosbaar (Braks & Stroo 2016).

Het WestNijlVirus (WNV), de veroorzaker van Westnijlkoorts, wordt gehandhaafd in een cyclus tussen vogels en huissteekmuggen (vooral soorten in het geslacht *Culex*). De laatste 15 jaar is het optreden van Westnijlkoorts in Europa sterk toegenomen maar er zijn geen aanwijzingen dat er WNV-overdracht in Nederland heeft plaatsgevonden (Braks & Stroo 2016). Duijster et al. (2016) concluderen: "Gezien de lage kans op introductie van het West-Nijlvirus door trekvogels en de lage muggendichtheid in het voorjaar is het risico op introductie en vestiging van dit virus in Nederland laag (Tran et al. 2014). Daarnaast wordt de kans op vestiging, verspreiding en overdracht van het virus op mensen in Nederland beperkt door de temperatuur. Temperatuur is nu zeker een beperkende factor, maar misschien niet de enige. Zelfs als

de temperatuur stijgt in de toekomst, is dit geen garantie dat een West-Nijl-cyclus op gang komt in Nederland".

Riftdalkoorts (Rift Valley fever of RVF) wordt door steekmuggen overgedragen op zoogdieren (incl. de mens) en vooral herkauwers, niet op vogels. In Europa is er nog nooit een uitbraak van RVF geweest (Braks & Stroo 2016). Deze auteurs concluderen dat "het moeilijk is te zeggen wat de kans op een uitbraak in Nederland is. Naast de aanwezigheid van de juiste vectoren/insecten zijn er ook andere factoren, zoals de insleep van het virus of de temperatuur, van invloed op het ontstaan van een uitbraak. Het is aannemelijk dat RVF zich kan vestigen in Europa en in Nederland".

Tularemie wordt veroorzaakt door *Francisella tularensis*, een bacterie die in veel landen in Europa voorkomt. Er ontbreekt echter in Europa en ook in Nederland nog veel kennis over de rol die steekmuggen spelen in de overdracht.

Vraag 18: Hoe gevaarlijk is de loodgrijze malariamug?

De loodgrijze malariamug (*Anopheles plumbeus*) kwam oorspronkelijk als larve alleen voor in boomholtes. Dit bijzondere en kleine habitat leidde ook nooit tot grote dichtheden. De soort heeft zich echter aangepast aan een nieuw habitat, namelijk gierkelders en mestgoten van verlaten stallen. In deze ruimten blijven vaak resten van mest achter en deze mest mengt zich met opwellend grondwater of insijpelend regenwater. Hierdoor ontstaat een habitat wat vergelijkbaar is met een boomholte, schoon water op een organisch rijke bodem, echter met een veel groter oppervlak. In dit habitat blijken zich zeer hoge aantallen larven te kunnen ontwikkelen. Overigens vindt verspreiding van 'kelder' naar 'kelder' alleen plaats door volwassen vrouwtjes die eitjes afzetten en niet door andere vectoren. Dit habitat ontstaat vaak enkele jaren na het leegpompen van de kelder of goot. Mensen in een straal van circa 500-1000 m rondom de broedplaats worden zowel overdag als in de schemering gestoken. De overlast is in dergelijke zones groot.

Van de loodgrijze malariamug is met zekerheid bekend dat ze onder laboratoriumomstandigheden in staat is om de tropische malariaparasiet *P. falciparum* over te brengen. Echter de zeer lage contactkans tussen loodgrijze malariamug en een besmette patiënt maakt de kans op een uitbraak minimaal (Braks & Stroo 2016). De toename in aantal casussen en de overlast van deze soort vraagt echter wel bijzondere aandacht.

Vraag 19: Welk percentage knutten is drager van Blauwtong en Schmallenberg?

De laatste decennia hebben uitbraken van door knutten van het geslacht *Culicoides* overdraagbare veterinaire ziekten voorgedaan in Nederland, zoals Blauwtong en Schmallenberg (beide virusziekten). Knutten zijn echter in staat een groot aantal virussen over te dragen. Naast de genoemde zijn dit onder andere Lumpy Skin Disease (LSD), Akabane virus (AKAV), Equine Encephalosis Virus (EEV), Afrikaanse paardenpest (APP) en Epizootic Haemorrhagic Disease (EHD).

Het ***BlauwTongVirus*** (BTV) veroorzaakt de dierziekte blauwtong en wordt overgedragen door *Culicoides* knutten. Er zijn wereldwijd 24 serotypes van het BTV bekend, waarvan de meeste vooral voorkomen in tropische en subtropische gebieden. De meeste types blauwtong geven hoofdzakelijk ziektetekens bij herkauwers. Tot 2006 kwamen in Europa alleen de serotypen 1, 2, 4, 9 en 16 voor. Het serotype 8 is in ons land en de rest van Europa sinds 2006 opgedoken en veroorzaakt niet alleen ziektesymptomen bij schapen, maar ook bij runderen. Bij de uitbraak van blauwtong serotype 8 in NW Europa in 2006 en 2007 is bewezen dat de knuttensoorten *C. obsoletus, C. dewulfi, C. pulicaris* en *C. chiopterus* BTV kunnen overbrengen. Deze

soorten maken een belangrijk deel uit van de knutten die voorkomen in het landelijk agrarisch gebied. Knutten overwinteren meestal als ei. Het virus wordt niet via eitjes overgedragen. Dat betekent dat het virus niet tot nauwelijks voorkomt tijdens de winterperiode. Pas als in het voorjaar knutten besmette dieren steken kan besmetting optreden en begint overdracht. Soms overwinteren volwassen knutten in zeer lage aantallen en ook blijft het virus minstens 60 dagen aanwezig in besmette dieren. Dat zijn twee routes waarlangs het virus de winter kan doorkomen. Grote aantallen besmette knutten komen alleen voor na een periode van doorgifte en bij herhaald steken. De bestrijding van blauwtong in Nederland is gebaseerd op Europese regelgeving, en vaccinatie is hierbij een belangrijk onderdeel.

Het ***Schmallenbergvirus*** (SBV) werd in 2011 voor het eerst in Europa vastgesteld. Het virus veroorzaakt aangeboren afwijkingen bij kalveren en lammeren. Inmiddels is bekend dat zowel gehouden als in het wild levende herkauwers gevoelig voor het SBV. Het virus wordt overgedragen door knutten (*Culicoides* species). Vooral de soorten *Culicoides obsoletus* complex en *Culicoides dewulfi* die gevangen zijn in 2011, bevatten hoge concentraties SBV (Elbers et al. 2013). In Nederland en België waren de gevonden virusconcentraties vijf tot tienmaal hoger dan werd gezien bij blauwtong (van der Poel 2013). Het lijkt erop dat met SBV geïnfecteerde dieren (tijdelijk?) een goede immuniteit ontwikkelen tegen de ziekte. Sinds de komst van het SBV circuleert het jaarlijks. De kans op een uitbraak hangt echter af van het aantal knutten dat zich in de loop van het jaar ontwikkelt en de besmettingsgraad van die knutten. Over dat laatste is echter weinig bekend. Ook het SBV wordt niet via knutteneitjes overgedragen en de aantallen aanwezige besmette knutten is vergelijkbaar met blauwtong besmettingen.

Vraag 20: Levert vernatting extra risico op voor vogelpest?

Vogelpest is een ziekte veroorzaakt door het influenza A-virus en die voorkomt bij vogels, voornamelijk hoenderachtigen. Het virus kan zich verspreiden door de lucht, via direct contact tussen vogels en indirect via bijvoorbeeld uitwerpselen en transportmiddelen. Het virus wordt niet door steekmuggen of knutten overgedragen.

Het ***Usutuvirus*** daarentegen is een virus waar vogels ziek van kunnen worden. Het virus wordt door steekmuggen, voornamelijk uit het geslacht *Culex,* overgedragen. Vermoedelijk is het virus door trekvogels vanuit Afrika naar Europa overgebracht. Ondanks de grote uitbraken onder vogels, zijn in Europa van slechts enkele mensen met een verlaagde weerstand bekend dat ze besmet waren met het usutuvirus.

Vraag 21: Zijn inentingen en preventieve maatregelen mogelijk?

In het algemeen kunnen veehouders preventieve maatregelen nemen om de kans op besmetting met virussen overgebracht door knutten te verkleinen, door bijvoorbeeld de kans dat hun dieren in aanraking komen met de knutten, te verminderen. Dit kan door de dieren in de schemering en 's nachts op te stallen en door insecticiden te gebruiken.

Blauwtongvirus: Een echte behandeling voor blauwtong bestaat niet: tegen het veroorzakende virus is geen medicijn beschikbaar. Virusremmende middelen zijn er voor herkauwers evenmin. Vaccinatie is het enige echt effectieve middel bij hoefdieren. Het vaccin is alleen effectief tegen het serotype-8 en -1(?). Niet uitgesloten kan worden dat er een ander type blauwtong de kop opsteekt. Het vaccin biedt in dat geval geen bescherming. Blauwtong is niet overdraagbaar op de mens.

Schmallenbergvirus: Uit onderzoek van het RIVM blijkt dat het zeer onwaarschijnlijk is dat mensen ziek worden van het Schmallenbergvirus. Er is op dit moment geen vaccin of medicijn beschikbaar. Een vaccin is wel in ontwikkeling.

Usutuvirus: Er zijn geen specifieke medicijnen beschikbaar. De behandeling van vogels bestaat uit het bestrijden van de symptomen. Een vaccin voor vogels is

vooralsnog niet beschikbaar. Het is zeer uitzonderlijk dat mensen met het Usutuvirus besmet raken. In de zeldzame gevallen dat dit gebeurde betrof het personen met verzwakte weerstand.

Vraag 22: Levert vernatting extra overlast op voor recreanten?

Vernatting van een gebied kan het risico vergroten dat steekmuggen en knutten talrijker gaan optreden. De factoren en processen die dat risico bepalen kunnen worden beoordeeld. Het betreft factoren of processen die van invloed zijn op de vorming van habitats, inclusief het aanwezig zijn van hun predatoren, die geschikt zijn voor de verschillende levensstadia van steekmuggen en knutten. Hiertoe is de 'Leidraad Risicomanagement overlast steekmuggen en knutten' (Verdonschot & Lototskaya 2012) ontwikkeld (bijlage 1). Met deze tool kunnen de risico's van inrichtingsmaatregelen worden ingeschat.

In Nederland is geen onderzoek gedaan naar de relatie tussen recreatieve activiteiten en de mate van aanwezigheid van overlast veroorzakende stekende insecten. Internationaal is wel een verband aangegeven tussen beide zaken, waarbij de tijd dat mensen in een dergelijk gebied verkeren korter is bij overlast. Veel inheemse steekmuggen zijn vooral in de ochtend- en avonduren actief en hebben daardoor overdag geen invloed op recreatieve activiteiten. Alleen de dagactieve soorten, zoals de tijgermug, leveren wel overlast. Uit onderzoek in twee dorpen in Italië bleek dat het percentage geïnterviewde personen dat aangaf minder activiteiten in de open lucht te ontplooien in het dorp Rovigo, een gebied met een hoge dichtheid van de tijgermug (*Ae. Albopictus*) 54% bedroeg ten opzichte van 31% in het dorp Villadose (Carrieri et al. 2008).

Knutten daarentegen zijn dagactief en kunnen in hoge dichtheden voorkomen. Van veel laagveengebieden in Nederland is bekend dat in de periode half mei-half juni waterrecreatie gehinderd wordt door hoge aantallen knutten. In het Verenigd Koninkrijk is deze overlast nog erger en wordt van een 'midge-season' gesproken (Kettle 1951, Boorman 1986, Blackwell 2000). Bosarbeiders zijn in die periode circa 20% minder effectief (Hendry & Godwin 1988). De overlast wordt vooral door de knut *C. impunctatus* veroorzaakt (Blackwell & Page 2003), een soort die ook in Nederland wijd verspreid is. Hoge aantallen *C. impunctatus* zijn negatief gecorreleerd met veedichtheid, maar positief met lichtbegraasd grasland of natte biezen (de habitat van de larve; Purse et al. 2012). Vergelijkbare overlastsituaties zijn van alle continenten bekend (Marsh 1986).

In het algemeen is de belangrijkste remedie het gebruik van een DEET-houdend middel tijdens openluchtrecreatie.

Vraag 23: Waardoor is er vaak sprake van overlast rond bebouwing?

De bebouwde of urbane omgeving omvat woonhuizen, recreatieverblijven, bedrijven, kantoorpanden, boerderijen met stallen en hun directe omgeving. Juist voor steekmuggen en knutten speelt de bebouwde omgeving een belangrijke rol. Veel tijdelijke restwatertjes blijven op en rondom bebouwing achter en fungeren zo als een tijdelijk watermilieu dat uitermate geschikt is voor steekmuggen. Vochtige graslanden zijn uitermate geschikt voor de culicoide knutten. Verschillende watertypen aanwezig rondom bebouwing kunnen worden onderscheiden.

Permanent water met zoninval, zoals vijvers, drinkpoelen en bassins zijn vergelijkbaar met ondiep open water mits het niet, zoals soms bij bassins het geval is, regelmatig droogvalt of wordt leeggepompt.

Permanent van licht afgesloten water, zoals regentonnen, ondergrondse bergingen en kruipruimten, ontvangen geen licht wat de ontwikkeling van een

watersysteem met daarin rovers en andere organismen hindert. Het is een biologisch relatief 'leeg' maar permanent oppervlaktewater.

Tijdelijk water omvat droogvallende kunstmatige waterpartijen zoals die ontstaan in oude badkuipen en drinkbakken. Het peil is sterk wisselend en er treedt op onregelmatige tijden droogval op.

Onvoorzien water betreft zeer kleine tot grotere waterpartijen die vaak na perioden met neerslag ontstaan in bijvoorbeeld autobanden, bloembakken, emmers, speciekuipen, jampotjes, verstopte dakgoten, slecht afwaterende platte daken, depressie in afdekplastics, enz.

Vraag 24: Treedt er verschil op tussen de bestaande en toekomstige natuur?

Deze vraag betreft het verschil tussen de bestaande situatie (droogvallende beken en vennen, verdroogde blauwgraslanden, kalkgraslanden, trilvenen, etc.) en de nieuwe situatie (waterretentiegebieden, waterbergingsgebieden, vernatting, etc.) en het aantal steekmuggen en knutten die in de nieuwe situatie extra te verwachten zijn.

Door het uitvoeren van de verschillende vernattingsopgaven worden eveneens grotere delen van gebieden meer geschikt als leefmilieu voor steekmuggen en knutten. Vooral de gebiedstypen van moeras, plas-dras en nat grasland zijn van belang in een dergelijke toename. De vraag is echter of deze toename ook aanleiding geeft voor extra overlast. Wanneer sprake is van natuurdoelen dan betreft dat vaak het nastreven van stabiele milieu-omstandigheden in hydrologie (bijvoorbeeld het ontwikkelen van hoogveen betekent het stimuleren van de groei van veenmossen, wat weer betekent dat de hydrologie nauwelijks wisselingen mag vertonen). Ook betekent het soms het nastreven van matig tot zeer voedselarme omstandigheden en soms het creëren van waterbergingsgebieden, waterretentiegebieden en bufferstroken met randdammen die juist voedselrijker zijn en slechts tijdelijk water bevatten (instabiele milieu-omstandigheden). Naarmate de voedselrijkdom afneemt zal het aantal stekende insecten dat zich kan ontwikkelen worden beperkt. Dit geldt minder voor de aan voedselarmere omstandigheden aangepaste soorten, maar die profiteren juist van een hydrologische dynamiek. Stabiliteit in milieu-omstandigheden is in het algemeen zeer ongunstig voor het talrijk worden van stekende insecten, instabiliteit juist niet. Belangrijk bij ieder project is of stabiliteit ook daadwerkelijk kan worden gerealiseerd of dat juist instabiliteit ontstaat. De deelvraag over toename in aantallen of indicatie daarvan is dus niet eenduidig te beantwoorden en is weer locatie en omstandigheden specifiek. De mate van stabiliteit en voedselrijkdom bepaald in belangrijke mate de aanwezigheid van specifieke soorten en van toe- of afnames.

Vraag 25: Zijn maatregelen mogelijk als er gegronde risico's ontstaan?

Bij het herinrichten of nieuw aanleggen van natte terreinen staat altijd voorop 'het voorkomen van situaties waar massale ontwikkeling van steekmuggen en knutten kan plaats vinden'. Voor een verantwoorde (her)inrichting geldt daarbij dat kennis van de ecologie van mogelijk optredende soort(en) steekmuggen en of knutten noodzakelijk is om een locatiespecifieke risicoanalyse vooraf mogelijk te maken. Bij de (her)inrichting van gebieden is vooraf vaak ook sprake van een vraag naar het potentieel optreden van steekmuggen en knutten. Deze vraag kan worden beantwoord wanneer naast de potentieel optredende steekmuggen en knutten ook kennis is over de bij (her)inrichting gewenste en vanuit optiek van steekmuggen en knutten mogelijke fysische (habitatstructuur en waterhuishouding), chemische (waterkwaliteit, voedselrijkdom) en biologische milieu-omstandigheden.

Daarnaast zijn ook aanvullende maatregelen op gebied van fysieke inrichting, waterkwantiteit en waterkwaliteit mogelijk om bij te sturen.

Vraag 26: Hoe kan ik op fysieke omstandigheden (bij)sturen?

Bij het (her)inrichten van natte gebieden wordt altijd ingegrepen op de fysische omstandigheden van het terrein en het houdt bijna altijd een wijziging van de structuur van het aanwezige ecosysteem in. Ten aanzien van ontwikkeling van steekmuggen en knutten zijn hierbij twee uitersten mogelijk. Enerzijds het voorkómen of verminderen van het ontstaan van oppervlaktewater (vooral tijdelijke aquatische milieus) en anderzijds het volledig en permanent onder water zetten (van delen) van een gebied. Dit zijn vaak doeltreffende methoden gebleken om omvangrijke leefmilieus van steekmuggen en knutten te minimaliseren. Het nadeel bij het voorkómen van grote drassige oppervlakken en moerassen of het egaliseren van potentieel drassige terreinen is dat hierdoor ook de temporaire aquatische milieus zelf met hun eigen flora en fauna verdwijnen. Bij het volledig onder water zetten van deelgebieden geldt hetzelfde nadeel, echter door het graven van bijvoorbeeld sloten en plassen kan nog een redelijke aquatische diversiteit ontstaan.

Bij de aanleg van permanente wateren dient rekening te worden gehouden met:

1. De potentiële ontwikkeling van waterplanten als substraat voor de plantenboorsteekmug *Coquillettidia*.
2. Een eventuele golfslagzone ter voorkoming van kolonisatie door *Anopheles* en *Culex* (malariamug respectievelijk huissteekmug)
3. Een steilere oever ter voorkoming van ei-afzeting door *Aedes* (moerassteekmug).

Dit dient echter steeds in relatie met de plaats, de aanwezigheid van predatoren, de doelstellingen en de ontwikkelingsmogelijkheden van het gebied te worden bekeken. Minder drastische mitigerende maatregelen omvatten een meer ecologische inrichting van de potentiële (tijdelijke) aquatische milieus door bijvoorbeeld:

- Het over grote afstanden voorkómen of regelmatig weghalen van overhangende vegetatie ter voorkoming van ei-afzettingsmogelijkheden voor schaduwminnende soorten.
- Het niet aanplanten of laten ontwikkelen, of het kappen van bomen en struiken waardoor de toevoer van organische voedingsstoffen voorkomen of verminderd wordt en de schuil- en dispersiemilieus voor volwassen dieren verminderen.
- Het verwijderen van watervegetatie (stevige helofyten zoals lisdodde, egelskop, kalmoes, gele lis, mannagras en dergelijke) waaraan *Coquillettidia* gebonden is voor de luchtademhaling.
- Het (laten) optreden van onregelmatige waterstandwisselingen waardoor tijdelijk aquatische milieus in aanraking komen met permanente milieus of juist verder indrogen. Hierbij moet wel gezorgd worden dat juist geen extra tijdelijke aquatische milieus ontstaan.
- Het eind februari instellen van een hoog waterpeil (minimaal 20 cm) en in mei van een lager peil waardoor geen synchronisatie van Aedes populaties kan optreden en predatie een kans krijgt.
- Het voorkómen van brede ondiepe, onregelmatig en te flauw aflopende oevers waar veel tijdelijke aquatische milieus zich kunnen vormen.
- Het voorkómen van het optreden van teveel restwateren (kleine poelen) na waterstanddaling in het voorjaar door bijvoorbeeld het egaliseren van de flauw aflopende oevers of een steilere oevervorm.
- Het aanbrengen van voldoende waterbeweging.

Al deze methoden hangen samen met de aanwezige ecologische kennis van de plaag veroorzakende soorten. Elke situatie vraagt om een eigen interpretatie van het aanwezige gebiedstype en de te beïnvloeden fysische factoren. Daarbij is het nodig om te weten welke soorten steekmuggen aanwezig zijn dan wel te verwachten zijn.
Timing is hierbij een extra factor. Bij waterretentiegebieden bijvoorbeeld hangt het sterk af van de door het weer gestuurde mate van natheid (het optreden van tijdelijk water) en de temperatuur. Herhaling van tijdelijk water in combinatie met hogere temperaturen bevordert bijvoorbeeld het massaal optreden van huissteekmuggen.

Vraag 27: Hoe kan ik op waterkwaliteit sturen?

Het sturen op de waterkwaliteit van het potentiële leefmilieu van steekmuggen en knutten omvat vaak drastische maatregelen, zoals:

- Het omvormen van een zoutwater in een zoetwaterhabitat of omgekeerd.
- Het omvormen van een zuur in een neutraal milieu of omgekeerd.
- Het omvormen van een voedselrijk in een meer voedselarm milieu of omgekeerd.

Dergelijke ingrepen hangen vaak nauw samen met mogelijke hydrologische maatregelen en of saneringsmaatregelen. Hierbij gelden dezelfde nadelen ten aanzien van biodiversiteitsverlies als genoemd onder sturing op habitat en waterkwantiteit. Een bijkomend risico is dat juist bij omvorming de nieuwe leefmilieus mogelijk geschikt worden voor andere soorten steekmuggen en knutten. Minder drastische inrichtingsmogelijkheden omvatten bijvoorbeeld:

- Het verminderen of stopzetten van toevoer van voedselrijk water.
- Het verminderen of stopzetten van organische belasting.
- Bij voedselrijk water het voorkomen van het ontstaan van langdurige tijdelijke wateren.

Bij het inlaten van water of wijzigen van kwelstromen moet er rekening me worden gehouden dat sulfaatrijk water kan leiden tot interne eutrofiëring (veenrot).

Vraag 28: Kan ik sturen op predatoren van steekmuggen en knutten?

Eén van de meest kansrijke biologische factoren houdt de introductie van of het scheppen van randvoorwaarden voor het optreden van predatoren om zo de aantallen larven van steekmuggen en knutten te verminderen. Meestal zijn de leefmilieus van steekmuggen en knutten ongeschikt voor kolonisatie door (potentiële) predatoren als gevolg van de aanwezige dynamische milieuomstandigheden (onder andere periodieke uitdroging, wisseling in chemische samenstelling). Het met succes doen optreden van of doen koloniseren met predatoren betekent in veel gevallen ook vermindering van een groot deel van de steekmuggen en knutten. Een voorbeeld is een (tijdelijke) koppeling aan een permanent oppervlaktewater. Specifieke predatoren van steekmuggen en knutten zijn niet bekend, maar generieke des te meer. Sommige planten (*Eleocharis sp., Scirpus sp*.) remmen de ei-afzetting van bepaalde soorten. Het stimuleren van de ontwikkeling van deze planten kan waar mogelijk zinvol zijn.

Het sturen met predatoren op volwassen steekmuggen en knutten is veel minder kansrijk. Gebieden met hoge aantallen stekende insecten blijken niet sterk te kunnen worden uitgedund door vogels, vleermuizen of andere predatoren op volwassen dieren.

Vraag 29: Moet ik extra maatregelen nemen vlak na een (her)inrichting?

Het antwoord is ja. Bij (her)inrichting ontstaan vaak nieuwe al dan niet tijdelijke oppervlaktewateren. Dergelijke wateren zijn mogelijk nog niet gekoloniseerd met predatoren, met andere woorden: de levensgemeenschap is nog niet ontwikkeld. Dit

biedt een ruimte voor kolonisatie van snelgroeiende soorten zoals steekmuggen. Vaak treedt na ingreep binnen korte tijd een massale ontwikkeling van steekmuggen op. Bij de (her)inrichting kan aandacht gegeven worden om dergelijke tijdelijke uitbraken te verminderen:

- Het uitvoeren van de aanleg in de nazomer waardoor meer fauna tussen de nazomer en het voorjaar van het volgende jaar tijd krijgt om het nieuwe of heringerichte milieu te koloniseren.
- Het in verbinding brengen van het nieuw aangelegde of heringerichte water met reeds bestaande permanente wateren zoals plassen of brede sloten. Deze koppeling versnelt de kolonisatie met predatoren van het (ver)nieuw(d)e milieu.
- Het monitoren van nieuw aangelegde natte gebieden om, indien daar aanleiding voor is, plaatselijk en gericht te bestrijden.

Vraag 30: Heeft het terreinbeheer invloed op steekmuggen en knutten?

De uiteindelijk ontwikkelde toestand van vernat of van een om andere reden (her)ingericht gebied kan een verhoging op het aantal steekmuggen en knutten tot gevolg hebben. Echter door kleinschalige herinrichtingsmaatregelen en aanpassingen aan beheer kan overlast voor direct omwonenden worden verkleind. Een aantal mogelijkheden zijn:

- Het ervoor zorgen dat een afstand tussen nat terrein en bebouwing van 80 tot enkele honderden meters wordt gehandhaafd (zie vraag 9 en 12). In deze strook zijn geen verbindende stroken van ruigtekruiden, opgaande begroeiingen of bosschages aanwezig. Door deze corridors voor steekmuggen en knutten te vermijden zullen veel minder volwassen muggen de bebouwing kunnen bereiken. Het aanleggen van dergelijke barrières helpt altijd maar dat de effectiviteit is niet alleen afhankelijk is van (1) de soort met een bepaalde vliegcapaciteit (4 vlieggroepen), maar ook van (2) de inrichting van de buffer ('Hoe onneembaar is de barrière voor de steekmug of knut?'), (3) de aard (in relatie tot de ecologische groepen steekmuggen en knutten), het oppervlak en kwaliteit van het broedgebied en (4) de ruimtelijke positionering t.o.v. bosschages en woningen, recreatieverblijven, stallen en overige bebouwing. Dit betekent dat bovengenoemde 4 aspecten in relatie tot de weersomstandigheden, omdat die uiteindelijk de dynamiek van het water sturen, in de discussies rondom buffers en barrières meegenomen moeten worden. Deze complexiteit vraagt om een lokale benadering.
- Het ervoor zorgen dat vernatte, moerassige of plas-dras situaties op veel plaatsen - al dan niet tijdelijk - in open verbinding komen te staan met permanent open water.
- Het ervoor zorgen dat oeverzones geleidelijk aflopen naar permanent water zodat bij verlaging van het waterpeil er nauwelijks tot geen restwater achterblijft, en het water dat wel achterblijft zo gering is dat het binnen tien dagen is verdampt.
- Waar mogelijk het permanent, zeer ondiep en vaak voedselrijk en plantenrijk water te laten bewegen, bijvoorbeeld bij bemalen, om zo steekmuggen veel minder kans te geven zich te ontwikkelen.
- Het streven, ook bij moeras- en plas-dras situaties of verbrede oevers, naar stabiele, matig-voedselrijke omstandigheden. In het agrarisch gebied is water echter vaak eutroof of hypertroof. Stabiele waterecosystemen hebben een beter ontwikkelde levensgemeenschap met meer veerkracht waarin groepen zoals steekmuggen en knutten veel minder kans hebben zich massaal te ontwikkelen. Minder voedselrijke wateren zullen ook veel minder snel verlanden.

- Begrazing door runderen of paarden vergroot het terreinreliëf. Afhankelijk van de bodemgesteldheid en vegetatiestructuur kunnen plekken (pootafdrukken, kuilen, ligplekken van vee) ontstaan waarin water achterblijft. Dit geldt vooral bij een slechte draagkracht van de bodem, bijvoorbeeld bij natte veenbodems. Begrazing onder dergelijke omstandigheden dient zoveel mogelijk te worden voorkomen.
- Ook het maaibeheer speelt een rol in het leefgebied van steekmuggen. Extensief beheerde weidegebieden hebben veelal hogere vegetaties met een hogere luchtvochtigheid en luwte, wat in het voordeel is van volwassen steekmuggen die daarin rustplaatsen vinden en zich daardoor kunnen verplaatsen.
- Verrijking van oppervlaktewater met voedingsstoffen (eutrofiëring) leidt onder andere tot een sterk wisselende zuurstofhuishouding. Steekmuggen hebben, in geval van zuurstofarme condities, door een aangepaste ademhaling meer overlevingskansen ten opzichte van veel andere waterdieren zoals hun predatoren. Voldoende strenge eisen aan de waterkwaliteit kan bijdragen aan de verkleining van de kans op steekmuggen.
- Er voor zorg dragen dat kleinere, ondiepe wateren (vaak sloten) niet te ver verlanden. De verlandingscyclus moet tijdig wordt gestopt of teruggezet door maaien een baggeren.
- Waar terreinreliëf geen rol speelt bij de functie van een gebied, kan ervoor worden gezorgd dat er minder laagten aanwezig zijn, zodat achterblijvend water na inundatie of neerslag, vooral bij slechter doorlatende bodems, zich niet in tijdelijke plasjes ophoopt.

Vraag 31: Hoe zit het met kriebelmuggen in Nederland?

Er komen 17 soorten kriebelmuggen (Simuliidae) voor in Nederland. De larven van kriebelmuggen leven in stromend water (beken en rivieren). Meestal komen ze alleen in ondiep water voor, tot op een diepte van zo'n 30 cm vastgehecht aan waterplanten, takken en stenen, met uitzondering van een aantal soorten dat karakteristiek is voor grote rivieren. Ze worden vooral enorm talrijk in voedselrijkere beken en rivieren waarin zich veel algen ontwikkelen. Ook worden ze in grote aantallen gevonden in overlopen en cascades na poelen, zandvangen of reservoirs. In dit stilstaande water ontwikkelen zich veel algen en bij de uitstroom vinden de kriebelmuggen de combinatie van stromend water en veel voedsel in de vorm van de algen.

Het meest opvallende aan deze stekende insecten is hun steek- of bloedzuiggedrag. Zo zijn van kriebelmuggen indrukwekkende cijfers bekend over het aantal landingen op een mens: twaalf landingen per vierkante centimeter huid per minuut met 2,6 steken tot gevolg. Dergelijke dichtheden treden vooral op als de dieren massaal gelijktijdig uitvliegen. In Nederland komen plagen in deze vorm niet voor. Behalve lokaal in de snelstromende Zuid-Limburgse beken komt ook geen overlast voor.

De levensduur van kriebelmuggen is variabel. Zo doorloopt de larve van *Simulium damnosum* de larvale periode in zes dagen en wordt de hele levenscyclus in minder dan twee weken voltooid. De larven vervellen zes tot negen keer (meestal zeven keer). Het aantal vervellingen is mede afhankelijk van de watertemperatuur en de voedselkwaliteit. Het popstadium duurt bij de meeste soorten ongeveer één week. De eitjes worden in pakketten van dertig tot 800 stuks afgezet. Nadat de larven uit de eitjes kruipen, verspreiden ze zich en hechten zich aan vaste substraten, zoals plantenstengels, hout of stenen.

Vraag 32: Kunnen we in Nederland overlast van kriebelmuggen verwachten?

Kriebelmuggen zijn belangrijke verspreiders van rivierblindheid, een tropische ziekte die veroorzaakt wordt door een nematode en blindheid tot gevolg heeft. Noch in Nederland, noch in Europa worden door kriebelmuggen ziekten op de mens overgedragen. Desalniettemin kan de overlast in de omgeving van stromend water groot zijn. Langs de Donau zijn in 1923 op één dag 22 duizend stuks vee de dood ingejaagd. Echte plagen zijn in Nederland niet gedocumenteerd, wel plaatselijke overlast. Het meest hinderlijke is dat kriebelmuggen vaak in zwermen rondom iemands hoofd zwermen zonder te steken. Kriebelmuggen dragen wel enkele dierziekten over zoals bovine onchocerciasis bij vee en myxomatose bij konijnen.
Het beheer richt zich veelal op de larven. Benedenstrooms van zandvangen kan door het verwijderen van de watervegetatie of het laten wisselen van de waterstand de dichtheid van kriebelmuggen sterk worden verminderd. Normale DEET-houdende smeermiddelen beschermen de mens tegen steken.

Vraag 33: Hoe zit het met dazen in Nederland?

Dazen behoren tot de meest bekende stekende insecten. Ze zijn groot, hebben vaak opvallende kleuren en de vrouwtjes bijten overdag. Deze beet is meestal pijnlijk.
De ogen van dazen zijn opvallend met gele, oranje of paarse kleurpatronen. De kleur van het achterlijf heeft geleid tot namen zoals gele vlieg of blauwstaartvlieg, de oogkleur tot de benaming groenkop. Dazen worden in de volksmond vaak verward met horzels. Horzels behoren echter tot een andere groep van vliegen en kunnen niet steken of bijten. De larven van horzels parasiteren levende dieren, meestal hoefdieren, terwijl de larven van dazen zich in het water of op andere vochtige plekken ontwikkelen. De larven kunnen in verschillende habitats gevonden worden, bijvoorbeeld in modderbodems en rottend plantenmateriaal in allerlei watersystemen maar ook onder stenen in beken, in rottend hout of op het land in strooisel. Feitelijk zijn de meeste larven aquatisch omdat ze of in het water of in waterverzadigde bodem leven. Vaak worden de dazen op basis van de natheid van het leefmilieu ingedeeld in waterminnend, semi-waterminnend, vochtminnend en droogteminnend. De ontwikkelingsduur van de larve is afhankelijk van de voedselbeschikbaarheid, de temperatuur en de vochtigheid. Als de larve uit het ei komt vervelt ze éénmaal voordat ze gaat bewegen. De tweede vervelling vindt 3 tot 6 dagen later plaats. Daarna vinden nog 5 tot 9 vervellingen plaats. De larven kunnen maanden overleven zonder voedsel. Dazen overwinteren meestal als larve. Meestal verpoppen de dazen in het voorjaar. Het popstadium duurt, afhankelijk van de soort en de temperatuur, 1 tot 4 weken. Volwassen dazen leven ongeveer 6 weken. Dazen zijn hele goede vliegers die dagelijks kilometers kunnen afleggen. Hun verspreiding hangt vooral van de prooidichtheid af. De meeste dieren blijven echter meestal dichtbij hun broedgebied. De vliegactiviteit wordt sterk beïnvloed door het weer. Ze vliegen vooral op warme, windstille dagen. Dan wordt ook de hoogste steekactiviteit waargenomen, vooral als de lucht ook nog vochtig is. Na het bloedmaal ontwikkelen de eitjes in het vrouwtje zich in 3 tot 13 dagen. Deze worden enkele dagen later afgezet. De eitjes van dazen zijn 1 tot 3 mm groot en worden in klompjes van 50 tot 800 stuks afgezet, bij waterminnende soorten op blad van emergente of drijvende vegetatie (op 20 tot 70 cm boven het wateroppervlak) of op bladeren of bast van overhangende takken langs beken en bij landminnende soorten op kruidige vegetatie of de strooisellaag.

Vraag 34: Kunnen we in Nederland overlast van dazen verwachten?

Op enkele soorten na steken alle dazenvrouwtjes, vooral overdag. De periode van de dag waarop ze steken is afhankelijk van de soort. De belangrijkste aantrekking gaat uit

van kooldioxide, warmte en bij sommige soorten dierlijke urine. Dazen steken vooral runderen, paarden, herten en andere grote zoogdieren, maar kunnen ook andere gewervelden zoals vogels en reptielen steken. Soms keren vrouwtjes na circa 3 dagen terug om dezelfde prooi te steken. Wanneer de bloedstroom op gang is verlaat het vrouwtje de gastheer niet meer. Door de sterke antistollingsmiddelen die de dazen uitscheiden blijft het bloed minutenlang uit de wond stromen. Dit trekt weer andere vliegen aan met extra kans op bijkomende infecties voor de gastheer. Het is ook dit antistollingsmiddel dat jeuk en bulten veroorzaakt. Het herhaald bijten leidt tot het uitwisselen van bloed tussen prooidieren en daarmee tot verspreiding van in bloed aanwezige ziekten. Na een bloedmaal blijft namelijk altijd een klein residu in de monddelen achter. Dazen kunnen virussen, bacteriën, protozoa en nematoden overbrengen. Gelukkig gebeurt dat in Nederland niet en veroorzaken dazen alleen overlast en zo nu en dan een plaag. De bijtwonden die dazen veroorzaken kunnen wel gemakkelijk geïnfecteerd raken hetgeen tot ontstekingen kan leiden. Het belangrijkste beheerprobleem is dat in een gebied bijna altijd meerdere soorten leven in verschillende habitats en dat die soorten ook nog eens actief zijn in verschillende seizoenen. Beschermende maatregelen op de huid van het vee zijn daarom alleen effectief bij continue behandeling. Ook bij mensen is het effect van insecten werende middelen, inclusief DEET-houdende stoffen, weinig effectief tegen dazen. Omdat dazen niet door kleding heen steken is voor mensen het dragen van een lange broek en kleding met lange mouwen het meest effectief om dazenbeten te voorkomen.
Voor vee is het meest effectief om de dieren in schuren te houden en niet in de buurt van overgangen tussen bos en grasland te laten grazen. Echter, gesloten omheiningen of houtwallen hoger dan 2 m kunnen wel de aantallen dazen beperken. Dazen vliegen namelijk niet hoog en zullen eerder om dergelijke omheiningen heen vliegen dan eroverheen gaan.
De larven bestrijden is moeilijk omdat bestrijdingsmiddelen nauwelijks in natte bodems doordringen. Waterbeheer kan bijdragen. Wanneer de soort bekend is dan kan de pop worden verdronken door op het juiste moment het grondwaterpeil te laten stijgen. Omgekeerd kan bij andere soorten verdroging uitkomst bieden. Omdat dazen vooral goed gedijen in geroerde venige gronden is het aan te bevelen bij herinrichtingen dergelijke gronden in de eerste jaren te verdrogen om de aantallen larven te beperken.

3. Conclusies

Bij het uitvoeren van vernattingsmaatregelen en de aanleg van waterretentiegebieden, waterbergingsgebieden en bufferstroken met retentiebekkens kunnen er plekken ontstaan waar stagnant voedselrijk water gedurende een korte of een wat langere tijd op of aan maaiveld staat. Op dergelijke plekken kan overlast ontstaan van stekende insecten.
De Provincie Overijssel wil graag meer kennis over stekende insecten (steekmuggen, knutten, dazen en kriebelmuggen) hebben, om zo een gedegen en onderbouwde reactie te kunnen geven op inspraakreacties naar aanleiding van voorgenomen vernattings- en retentiemaatregelen. Daarnaast wil de Provincie deze informatie omzetten in een 'deskundigenrapport' wat bij een eventuele rechtsgang aan de Raad van State kan worden overhandigd.
De bovengenoemde 34 vragen en antwoorden hebben betrekking op het mogelijk optreden van overlast door stekende insecten als gevolg van de vernattings- en retentiemaatregelen. Overlast voor de mens (bewoner, recreant, campingeigenaar etc.) en overlast in relatie tot het optreden van dierziekten (Schmallenberg, Blauwtong, Vogelgriep, etc.).

Overlast voorkomen begint bij een brongerichte aanpak. De bron van overlast door stekende insecten begint daarom bij het ervoor zorgen dat deze insecten niet massaal kunnen ontwikkelen. Daarvoor moet gezorgd worden dat broedplaatsen van larven tot een minimum worden beperkt. Broedplaatsen zijn altijd locatie- en soort-specifiek. Steekmuggen ontwikkelen zich meestal in oppervlaktewateren met een grote dynamiek in milieuvariabelen, zoals temperatuurswisseling, uitdroging, organische verontreiniging en een wisselend zuurstofgehalte. Knutten ontwikkelen zich in een groot scala aan habitats, van natte organisch rijke graslanden, tot moerassen tot aan diepe meren. Dazen ontwikkelen zich in natte tot aquatische organische habitats. Kriebelmuggen leven in stromende wateren. Het massaal ontwikkelen van larven hangt altijd samen met een dynamische verstoorde omgeving.

Hoofdfactoren in het dynamische larvenmilieu zijn hydrologie, weer en water- en bodemsamenstelling. Bij vernattings- en retentiemaatregelen is vaak sprake van tijdelijk voedselrijk water. Dat water is vooral bevorderlijk voor steekmuggen en knutten. Kriebelmuggen leveren in Nederland nauwelijks overlast en dazen alleen zeer lokaal, vooral bij gewoelde natte, organische bodems. Voor steekmuggen is periode van het jaar in relatie tot water- en moerastype van belang terwijl bij knutten periode van het jaar en water tot maaiveld het belangrijkste is. Kernregels zijn het niet laten ontstaan van langdurig tijdelijke voedselrijke wateren in de zomer om huissteekmuggen en in het voorjaar om moerassteekmuggen geen kans te geven, en het zorgen dat water aan maaiveld voor half april uitzakt om knutten geen kans te geven.

Volwassen stekende insecten zoeken altijd hoog opgaande kruiden, bosschages en struikgewas op om te rusten, te ontwikkelen en te verspreiden. Op deze plekken is de luchtvochtigheid hoog genoeg om te overleven. Overlast kan daarom ook aanvullend verminderd worden door in het gebied dat tussen de maatregellocaties en de bebouwing ligt, verplaatsing van vooral steekmuggen en knutten zoveel mogelijk te beperken. Dit kan door het treffen van beheer- en inrichtingsmaatregelen zoals het inperken van hoog opkomende begroeiingen (bosschages, houtwallen, singels, ruigten in bermen, langs

akkers en slootkanten). Door vegetaties in dit verspreidingsgebied kort te houden wordt voorkomen dat steekmuggen en knutten zich richting bebouwing kunnen verplaatsen. Omgekeerd kan het aanbrengen van opgaande begroeiing in de tegenovergestelde richting ertoe leiden dat steekmuggen en knutten juist naar de andere zijde van de vernattingsmaatregelen worden geleid.

Omdat mogelijke overlast altijd locatie- en soortspecifiek is wordt aanbevolen om bij nieuwe projecten de nulsituatie vooraf vast te leggen, de toekomstige ontwikkeling te voorspellen (uitvoeren van een risico-analyse) en na uitvoering van maatregelen te monitoren.

4. Literatuur

Becker N., Petrić D., Boase C., Lane J., Zgomba M., Dahl C. & Kaiser A. (2003). Mosquitoes and their control (Vol. 2). New York: Springer.

Becker N., Petrić D., Zgomba M., Boase C., Madon M., Dahl C. & Kaiser A. (2010). Mosquito Research Techniques. In Mosquitoes and their Control (pp. 43-61). Springer, Berlin, Heidelberg.

Beuk P.L.T. (2002). Checklist of the Diptera of the Netherlands. KNNV Uitgeverij.

Bidlingmayer W.L., Day J.F. & Evans D.G. (1995). Effect of wind velocity on suction trap catches of some Florida mosquitoes. J. Am. Mosq. Control Assoc. 11: 295–301.

Blackwell A. & Page S.J. (2003). Biting midges and tourism in Scotland. Managing tourist health and safety in the new millennium, 67-84.

Blackwell A. (2000). Scottish biting midges: tourist attraction or deterrent? Antenna (London), 24(3), 144-150.

Blackwell A., & King F.C. (1997). The vertical distribution of *Culicoides impunctatus* larvae. Medical and veterinary entomology, 11(1), 45-48.

Boorman J. (1986). British Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae): notes on distribution and biology. Entomological Gazette, 1986.

Braks M.A.H. & Stroo C.J. (2016). Bestrijding van inheemse muggen in Nederland: Mogelijkheden en uitdagingen.

Carrieri M., Bellini R., Maccaferri S., Gallo L., Maini S., & Celli G. (2008). Tolerance thresholds for Aedes albopictus and Aedes caspius in Italian urban areas. Journal of the American Mosquito Control Association, 24(3), 377-386.

Duijster J.W., Stroo C.J. & Braks M.A.H. (2016). Van vogels, muggen en West-Nijl-virus. Weinig kans op West-Nijl-koorts in Nederland. NED TIJDSCHR GENEESKD, 160, A9899.

Elbers A.R., Meiswinkel R., van Weezep E., et al. (2013). Schmallenberg virus in Culicoides spp. Biting midges, the Netherlands, 2011. Emerg Infect Dis. 19(1):106-9. doi: 10.3201/eid1901.121054

Gillies M.T. & Wilkes T.J. (1981). Field experiments with a wind tunnel on the flight speed of some West African mosquitoes (Diptera: Culicidae). Bull. Entomol. Res. 71: 65–70.

Grimstad P.R. & DeFoliart G.R. (1975). Mosquito nectar feeding in Wisconsin in relation to twilight and microclimate. J. Med. Entomol. 11: 691–698.

Gruys P., Van Lenteren J.C., Parlevliet J.E., Scheepens P.C. en Van Zon J.C.J. (1985). Oecologische achtergronden van plagen en hun bestrijding: In: 'Inleiding tot de oecologie', Bohn, Scheltema en Holkema, Utrecht, 465 492.

Gutsevich A.V. (1973). bloodsucking midges (Ceratopogonidae). Fauna SSSR Nasekomye Dvukrylye.

Hendry G. & Godwin G. (1988). Biting midges in Scottish forestry: a costly irritant or a trivial nuisance? Scottish Forestry, 1988.

Kettle D.S. (1951). The spatial distribution of *Culicoides impunctatus Goet.* under woodland and moorland conditions and its flight range through woodland. Bulletin of Entomological Research, 1951.

Marsh P.M. (1986). Ecological studies on Culicoides impunctatus (Diptera Ceratopogonidae) with reference to its control in the Highlands of Scotland.

Purse B.V., Falconer D., Sullivan M.J., Carpenter S., Mellor P.S., Piertney S.B., Mordue (luntz) A.J., Albon S., Gunn G.J. & Blackwell A. (2012). Impacts of climate, host and landscape factors on *Culicoides* species in Scotland. Medical and veterinary entomology, 26(2), 168-177.

Snow W.F. (1982). Further observations on the vertical distribution of flying mosquitoes (Diptera: Culicidae) in West African savanna. Bull. Entomol. Res. 72: 695–708.
Tran A., Sudre B., Paz S., et al. (2014). Environmental predictors of West Nile fever risk in Europe. Int. J. Health Geogr. 2014;13:26.
van der Poel, W. H. M. (2013). Beheersing van het Schmallenbergvirus. Tijdschrift voor Diergeneeskunde, 138(11), 28-32.
Verdonschot P.F.M., & Besse-Lototskaya A.A. (2014). Flight distance of mosquitoes (Culicidae): a metadata analysis to support the management of barrier zones around rewetted and newly constructed wetlands. Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters, 45, 69-79.
Verdonschot Piet F.M (2009). Verkenning van de steekmuggen- en knutten-problematiek bij klimaatverandering en vernatting. Alterra rapport 1856. 76 pp.
Verdonschot, P.F.M. & A. Besse-Lototskaya (2012). Leidraad Risicomanagement overlast steekmuggen en knutten. Alterra-rapport 2298, 57 pp.
Verdonschot, P.F.M. (2012a). Bloedzuigende insecten deel 1. Steekmuggen. Dierplagen informatie 3: 4-7.
Verdonschot, P.F.M. (2012b). Bloedzuigende insecten deel 2. Knutten. Dierplagen informatie 4: 16-20.
Verdonschot, P.F.M. (2013a). Bloedzuigende insecten deel 3. Dazen. Dierplagen informatie 1: 16-19.
Verdonschot, P.F.M. (2013b). Bloedzuigende insecten deel 4. Kriebelmuggen. Dierplagen informatie 4: 6-9.
Verdonschot, P.F.M., Schmidt, G., Leeuwen, P.H.J. van & Schot, J.A. (1988). Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijksvenen. RIN, Leersum, rapp. 88/31: 1-109.
Zadoks J.C. (1985). Landbouw tussen oecologie en economie. In 'Inleiding tot de Oecologie'. Bohn, Scheltema en Holkema, Utrecht. 375 421.

Bijlage 1. Leidraad Risicomanagement overlast steekmuggen en knutten (Verdonschot & Lototskaya 2012)

Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting

In opdracht van het ministerie van LNV, uitgevoerd in het cluster Ecologische Hoofdstructuur, thema Ecologische doelen en maatlatten waterbeheer (BO-02-007).

Projectcode [5235477]

Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting

Piet F.M. Verdonschot

Alterra-rapport Groene Hart v3_0.doc

Alterra, Wageningen, 2008

REFERAAT

Verdonschot Piet F.M. 2009. *Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport Groene Hart v3_0.doc. 71blz.; 9 tab.; 50 ref.

Steekmuggen ontwikkelen zich vooral talrijk in moerassen, plas-dras situaties (al dan niet oever) en zeer tijdelijke milieus. Knutten ontwikkelen zich vooral in natte graslanden. Voor beide groepen zijn de factoren permanentie, dynamiek en temperatuur cruciaal. Een verhoogde voedselrijkdom draagt extra aan de ontwikkeling van deze dieren bij. Dit rapport geeft een overzicht van bestaande kennis en een risicosleutel waarmee het risico op 'overlast' door steekmuggen en knutten per gebiedstype kwalitatief in beeld kan worden gebracht. In het rapport worden achtereenvolgens de huidige situatie, de effecten van internationalisering en globalisering, de klimaatverandering en de effecten van de implementatie van de vernattingsopgaven beschreven in het licht van de reeds aanwezige soorten steekmuggen en knutten en met het oog op eventuele nieuwkomers.

Trefwoorden: steekmug, knut, laag-Nederland, klimaatverandering, vernattingsopgave, arbovirus, malaria, exoot

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice

© 2009 Alterra
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Tel.: (0317) 480700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf 39

Samenvatting 41

1 Inleiding 43
1.1 Aanleiding 43
1.2 Doel 43
1.3 Vragen 44

2 Nulsituatie 45
2.1 Steekmuggen en knutten in Nederland 45
2.2 Overlast en plaagvorming 52
2.3 Ziekten 61
2.4 Huidige situatie 64

3 Autonome ontwikkeling met klimaatverandering 67
3.1 Klimaatverandering in Nederland 67
3.2 Gevolgen klimaatverandering voor steekmuggen en knutten 69
3.3 Nieuwkomers 71
3.4 Gevolgen voor de gezondheid 73

4 Toekomstige ontwikkelingen met vernattingsopgaven 75
4.1 Vernattingsopgaven 75
4.2 Effecten op steekmuggen en knutten 75
4.3 Vernatting en gezondheid 75

5 Mitigerende maatregelen 77
5.1 Inleiding 77
5.2 Herinrichting 77
5.3 Beheer 80
5.4 Bestrijding 81

6 Conclusies en aanbevelingen 84
6.1 Conclusies 84
6.2 Aanbevelingen 85

Literatuur 89
Bijlage 1 Ecologie van steekmuggen 1
Bijlage 2 Ecologie van knutten (Ceratopogonidae) 4
Bijlage 3 Overzicht van (mogelijk) in Europa voorkomende arbovirussen en andere ziekteverwekkers 6

Woord vooraf

Vernatting, klimaatverandering, internationalisering en globalisering brengen allemaal veranderingen mee. Een veel gehoorde zorg bij het natter worden van onze leefomgeving is de opkomst van steekmuggen en knutten met de daarbij behorende bestaande of nieuwe ziekten. Dit rapport zet de kennis op een rij die op dit moment voor dit onderwerp beschikbaar is.

Dit rapport is tot stand gekomen naar aanleiding van een helpdeskvraag van Nico Bos (ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Directie Regionale Zaken (LNV, DRZ)). De uitvoering is uitgevoerd in opdracht van LNV en gefinancierd uit het helpdesk budget van het cluster Ecologische Hoofdstructuur (BO-02) in het thema Ecologische doelen en maatlatten waterbeheer (BO-02-007).

Het schrijfproces is begeleid door Nico Bos (LNV, DRZ), Rob Ligtenberg (provincie Zuid-Holland), Marianne Wuite (LNV, DC) en Pim Jansen (provincie Zuid-Holland).

Het rapport is van commentaar voorzien door Prof. Dr. ir. W. Takken (WUR), Prof. dr. M. Koopmans (RIVM), ir. N.W. Bos (LNV, DRZ), drs. E. van Well (LNV, DRZ), J. le Rutte (LNV, DC) en ir. R. Verdonschot (Alterra, WUR). Alle bovengenoemde personen worden hartelijk bedankt voor hun inzet en constructieve bijdragen.

Samenvatting

Steekmuggen ontwikkelen zich vooral talrijk in moerassen, plas-dras situaties (al dan niet oever) en korte tijd aanwezige watermilieus. Knutten ontwikkelen zich vooral in natte graslanden. Voor beide groepen zijn de het al dan niet permanent aanwezig zijn van water, de wisselingen daarin en de temperatuur van groot belang. Een verhoogde voedselrijkdom draagt extra bij aan de ontwikkeling van deze dieren. Dit rapport geeft een overzicht van de bestaande kennis en een risicosleutel waarmee het risico op 'overlast' door steekmuggen en knutten per gebiedstype kwalitatief in beeld kan worden gebracht.

In de huidige situatie, bij het huidige klimaat, is in veel gebieden in laag-Nederland reeds sprake van 'overlast' door steekmuggen en knutten. De aard en omvang van deze 'overlast' is echter niet bekend. Bij een ongewijzigd klimaat blijft deze 'overlast' aanwezig en in geval van verdere inklinking van bodems zou als gevolg van het huidige waterbeheer de 'overlast' zelfs enigszins kunnen toenemen (autonome vernatting).

Door de verdere internationalisering en globalisering van het handelsverkeer vindt er meer uitwisseling van goederen en daarmee ongewild ook van steekmuggen, knutten en ziektekiemen plaats.

Door klimaatverandering verandert de temperatuur en de neerslagverdeling in Nederland. Het warmere klimaat en de nattere winters en heftige zomerbuien tijdens droge, warme zomers dragen bij aan verstekte wisselingen in waterpeilen. Dit betekent ook dat klimaatverandering leidt tot uitbreiding van geschikte leefmilieus voor steekmuggen en knutten. Dit betreft niet specifiek gebiedstypen aanwezig in het landelijk gebied, maar betreft alle situaties waar tijdelijke, ondiepe wateren kunnen ontstaan. Omdat klimaatverandering inmiddels een gegeven is, wordt deze ontwikkeling als autonoom beschouwd.

Om de effecten van klimaatverandering op de mate van ontwikkeling van steekmuggen en knutten te sturen en verminderen zijn diverse herinrichtings- en beheermaatregelen mogelijk.

Door het uitvoeren van de verschillende vernattingsopgaven worden eveneens grotere delen van gebieden meer geschikt als leefmilieu voor steekmuggen en knutten. Vooral de gebiedstypen van moeras, plas-dras en nat grasland zijn van belang.

Om de effecten van vernatting op de mate van ontwikkeling van steekmuggen- en knuttenpopulaties te sturen en verminderen zijn diverse herinrichtings- en beheermaatregelen mogelijk. Een overzicht van deze herinrichtings- en beheermaatregelen is in dit rapport opgenomen. Om onvoorziene 'overlast' of tijdelijk locale 'overlast' als gevolg van herinrichting tegen te gaan is bestrijding mogelijk.

Tot op heden worden de in West-Europa door steekmuggen overgedragen virussen en andere ziekteverwekkers niet als een groot gezondheidsprobleem (h)erkend. Een groot aantal van de genoemde virussen brengen geen grote gezondheidsrisico's mee.

Klimaatverandering en internationaal verkeer dragen bij aan vergroting van de kans op vestiging van nieuwe soorten steekmuggen en knutten. Deze soorten kunnen nieuwe ziekten overdragen. Voor zover nu bekend betreft dit vooral soorten die talrijk ontwikkelen in en nabij de bebouwde omgeving. De komst van deze soorten is onafhankelijk van het Nederlandse waterbeheer, maar een gevolg van de autonome ontwikkelingen geïnitieerd door klimaatverandering.

De bijdrage van vernatting aan de vestiging en uitbreiding van nieuwe soorten steekmuggen en knutten is onzeker omdat de kennis van de ecologie van deze nieuwkomers en hun specifieke gedrag onder de toekomstige Nederlandse condities nog onvoldoende bekend is. In hoeverre nieuwkomers of nieuwe ziekten die ook overgedragen kunnen worden door inheemse steekmuggen en knutten baat bij vernatting hebben is eveneens onzeker.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Enkele jaren geleden is op verzoek van het ministerie van Verkeer en Waterstaat een onderzoek gedaan naar de effecten van muggen en knutten op de volksgezondheid. Dit heeft geresulteerd in de brochure: Muggen & Knutten (2002). Deze brochure geeft een vrij algemeen beeld van de stand van dat moment. Klimaatverandering en de vernattingsopgave geven beide aanleiding om opnieuw naar deze brochure te kijken.
Klimaatverandering leidt tot opwarming, nattere winters en drogere zomers met korte perioden van intense regen. Het gevolg hiervan is dat het watersysteem dynamischer wordt. Leidt klimaatverandering hiermee tot verbetering van het milieu voor steekmuggen en knutten?
Bij de uitvoering van de vernattingsopgave zijn projecten geïnitieerd die gericht zijn op:

- Het vernatten van het landgebruiksysteem in het kader van het tegengaan van bodemdaling.
- Het tegengaan van verdroging van belangrijke natuurgebieden.
- De aanleg van nieuwe boezems.
- De aanleg van nieuwe natuur, bijvoorbeeld in het kader van de Ecologische Hoofdstructuur en de aanleg van de robuuste verbinding Groene Ruggengraat door het Groene Hart.

Hierbij speelt steeds de vraag of bij dit type projecten een voor steekmuggen en knutten geschikt milieu ontstaat. In discussies over vernatten en wijzigen van de waterhuishouding blijkt elke keer dat dit vraagstuk wordt gebruikt als argument tegen dergelijke projecten.
Het ministerie van LNV heeft daarom opdracht gegeven aan Alterra, Wageningen UR tot een aanvullende helpdeskvraag, bedoeld om een specifiekere verkenning uit te voeren naar de effecten van klimaatverandering en vernatting op steekmuggen en knutten. Het resultaat daarvan is dit rapport.

1.2 Doel

Het doel van het te verrichten onderzoek is inzicht te krijgen in het optreden van 'overlast' veroorzaakt door steekmuggen en knutten onder de huidige omstandigheden en in de nabije toekomst door klimaatveranderingen en bij de uitvoering van vernattingsopgaven. Daarnaast worden eventuele maatregelen in beeld gebracht die kunnen bijdragen aan vermindering van genoemde 'overlast' onder betreffende omstandigheden.

1.3 Vragen

Deze verkenning is uitgevoerd als korte bureaustudie gebaseerd op bestaande en snel beschikbare kennis. De antwoorden op onderstaande vragen vormen een eerste indicatie van de mogelijkheden:

1. Welke 'overlast' door steekmuggen en knutten treedt in de huidige situatie, bij het huidige klimaat, op?
2. Welke veranderingen in 'overlast' door steekmuggen en knutten zijn te verwachten door klimaatveranderingen, onafhankelijk van eventuele vernattingsopgaven?
3. Met welke maatregelen kunnen de effecten van de te verwachten klimaatveranderingen op 'overlast' door steekmuggen en knutten worden verminderd?
4. Welke veranderingen in 'overlast' door steekmuggen en knutten zijn te verwachten door het uitvoeren van vernattingsopgaven?
5. Met welke maatregelen kunnen de effecten van de vernattingsopgaven op 'overlast' door steekmuggen en knutten worden verminderd?

Als vertegenwoordigers uit de families van de steekmuggen en knutten zich massaal ontwikkelen, kunnen deze plaatselijke overlast veroorzaken. Bij overlast is sprake van: 'het hinderlijk voorkomen van één of meer organismen voor mens, gewas of bezit'. Onder een plaag wordt verstaan: 'het in zulke grote aantallen voorkomen van één of meer organismen, dat ze schade veroorzaken of dreigen te veroorzaken voor de mens, zijn gewassen of zijn bezittingen'. Of een organisme overlast of een plaag veroorzaakt, hangt niet zozeer af van zijn aantal, als wel van de mate waarin het schade (overlast) veroorzaakt. Ook organismen die in geringe aantallen voorkomen, kunnen overlast of een plaagsituatie teweegbrengen (Gruys et al. 1985). Voor een massale ontwikkeling van steekmuggen en knutten zijn een aantal randvoorwaarden nodig. De volgende voorwaarden dragen bij aan overlast en plaagvorming (Zadoks 1985):

a. een gunstig leefmilieu,
b. een geringe dichtheid van parasieten en predatoren,
c. een voldoende voedselaanbod,
d. een bepaalde aanvangspopulatie van plaaginsecten.

2 Nulsituatie

2.1 Steekmuggen en knutten in Nederland

2.1.1 Leefmilieus van steekmuggen en knutten

Steekmuggen ontwikkelen zich meestal in oppervlaktewateren met een grote dynamiek in milieuvariabelen, zoals temperatuurswisseling, uitdroging, organische verontreiniging en een wisselend zuurstofgehalte. Dit in tegenstelling tot veel van hun potentiële predatoren, die dergelijke milieus vermijden. Knutten ontwikkelen zich in een groot scala aan habitats, van natte organisch rijke graslanden tot moerassen tot aan diepe meren.
Voor overlast gevende of plaagvormende populaties van steekmuggen en knutten kan onderscheid worden gemaakt tussen de habitateisen van de verschillende levensstadia van (Tabel 1; Bijlage 1, 2):

- huissteekmuggen
- moerassteekmuggen
- malariamuggen
- boomholtesteekmuggen (de twee mogelijk in de nabije toekomst te verwachten risicodragende soorten *Aedes albopictus* en *A. aegypti* zijn onder deze groep opgenomen)
- knutten (de knutten zijn in lijn met de opdracht als gehele groep opgenomen alhoewel een nadere differentiatie in de toekomst gewenst is)

Tabel 1. Habitateisen van levenstadia van steekmuggen en knutten als groep.

levensstadium	genus	habitat
malariamuggen (1)		
eieren van malariamuggen	*Anopheles*	ei-afzetting enkelvoudig op het wateroppervlak
larven van malariamuggen	*Anopheles*	verlandende sloten, plas-dras bermen met dichte verlandende vegetaties
volwassen malariamuggen	*Anopheles*	rust- en schuilplaats: bosschages, ruigtebegroeiing overwintering: als volwassenen in o.a. veestallen
moerassteekmuggen (2)		
eieren van moerassteekmuggen	*Aedes* *Culiseta (Culicella)*	ei-afzetting: semi-aquatisch of terrestrisch (vochtige bodems) ei is het overwinteringsstadium
larven van moerassteekmuggen	*Aedes* *Culiseta (Culicella)*	randen van vochtige bossen, moerasbossen, open en gesloten veenmoerassen en overstromingsplassen in rivier- en beekdalen
volwassen moerassteekmuggen	*Aedes* *Culiseta (Culicella)*	rust- en schuilplaats: hoog opgaande begroeiing zoals bos, struikgewas, ruigtebegroeiing
huissteekmuggen (3)		
eieren van huissteekmuggen	*Culex* *Culiseta (Culiseta)*	ei-afzetting: in vlotjes op het wateroppervlak
larven van huissteekmuggen	*Culex* *Culiseta (Culiseta)*	vrijwel alle semi-permanente en temporaire wateren, ook massale ontwikkeling in

		boomgaten, regentonnen, blikjes, autobanden, dakgoten en overige antropogene waterpartijen
volwassen huissteekmuggen	*Culex* *Culiseta (Culiseta)*	rust- en schuilplaats: hoog opgraande begroeiing zoals bos, struikgewas, ruigten overwintering: in boomholten, kruipgaten, stallen en schuren
boomholtesteekmuggen (4)		
eieren *Aedes albopictus, Aedes aegypti*	*Aedes*	ei-afzetting: net boven waterlijn ei is het overwinteringsstadium ei is droogteresistent
larven van *Aedes albopictus, Aedes aegypti*	*Aedes*	massale ontwikkeling in boomgaten, regentonnen, blikjes, autobanden, dakgoten en overige antropogene waterpartijen
volwassen *Aedes albopictus, Aedes aegypti*	*Aedes*	rust- en schuilplaats: opgaande begroeiing
knutten(5)		
knutten	*familie Ceratopogonidae*	rust- en schuilplaats: opgaande begroeiing overwintering: als ei of larve ei-afzetting: allerlei wijzen

Toelichting:

(1) Het habitat van de **malariamug** bestaat uit allerlei stilstaande ondiepe wateren (sloten, kanalen, poeltjes, plassen) met veel ondergedoken of emergente vegetatie, verlandende sloten en verlandingszones. De larven hebben geen ademhalingsbuis en hangen horizontaal tegen het wateroppervlak en voeden zich in tegenstelling tot andere steekmuggen ook aan het wateroppervlak. Malariamuggen ontwikkelen zich vanaf het voorjaar (mei) en bereiken de hoogste aantallen (circa 3de generatie) in de nazomer (hogere temperaturen; juli-september). Ze overwinteren als volwassenen.

(2) De ontwikkeling van de **moerassteekmug** is sterk gebonden aan waterpeilfluctuaties. De larven leven in temporaire moeras- en drassituaties en het tijdelijk droogvallende substraat dient als locatie voor het afzetten van de eitjes. Deze situatie kan het gevolg zijn van een weinig doorlatende ondergrond, eventueel in combinatie met een terreinreliëf waarin water stagneert, of een meer doorlatende of 'lekkende' ondergrond in combinatie met een tijdelijk hogere grondwaterstand.

(3) De **huissteekmug** kan zich vrijwel in alle semi-permanente, temporaire en antropogene wateren ontwikkelen. De larven leven in kleine waterpartijen met sterke fluctuaties in milieuomstandigheden. Voorbeelden zijn sterk organisch belaste wateren of wateren met een korte bestaansduur, zoals regenwaterplassen.

(4) De **boomholtesteekmug**, ook wel containersteekmug genoemd, dankt haar naam aan het oorspronkelijk habitat, de boomholte. Deze groep kan zich echter in allerlei zeer kleine, tijdelijke wateren ontwikkelen, waaronder autobanden, blikjes, schaaltjes en boomholten. De eieren ontwikkelen zich wanneer een dergelijk 'micro'-oppervlaktewater zich met water vult, bijvoorbeeld na een regenbui. Bij voldoende hoge temperaturen vliegen de larven na korte tijd uit. Boomholtesteekmuggen komen ook voor in permanente 'containermilieus', waar ze meerdere generaties ontwikkelen waarbij ook predatoren aanwezig kunnen zijn die de aantallen slechts enigszins verlagen.

(1 t/m 4) Voor **alle volwassen steekmuggen** zijn opgaande (al dan niet lijnvormige) houtige en hoge kruidachtige begroeiingen aantrekkelijk om te schuilen en om zich doorheen te verplaatsen. Ze bieden bescherming tegen wind en hebben over het algemeen een hoge luchtvochtigheid (geschikt microklimaat). Ze vormen ook een verbindingszone tussen het leefgebied van steekmuggen en eventuele bebouwing.
Het verspreidingsvermogen van steekmuggen verschilt per soort. Sommige soorten kunnen zich verspreiden in half open terrein, terwijl andere soorten sterk gebonden zijn aan bossen en open terrein geheel vermijden.

(5) **Knutten** kunnen zich, afhankelijk van de soort, in allerlei milieus ontwikkelen. Vooralsnog gaan we ervan uit dat in ieder geval vochtig grasland habitat is voor de soorten van het genus *Culicoides*. Dit is het genus dat bloed zuigt en o.a. blauwtong overdraagt. Of hier ook aquatische milieus aan bijdragen is nog onbekend.

2.1.2 Risicobepalende factoren en processen

Voor een bestaand of her in te richten gebied kan op basis van kennis van risicobepalende factoren en processen worden beoordeeld hoe groot het risico is dat steekmuggen en knutten massaal gaan optreden. De volgende factoren of processen zijn van invloed op de vorming van habitats die geschikt zijn voor ten eerste de verschillende levensstadia van steekmuggen en ten tweede het voorkomen van hun predatoren. Daarmee bepalen ze de risico's van inrichtingsmaatregelen. Predatoren of rovers ontbreken wanneer milieuomstandigheden sterk wisselen (bijvoorbeeld droogval) of in extremen verkeren. Over de biologie van knutten is onvoldoende bekend om deze factoren voldoende te kunnen invullen.

2.1.1.1.1 Permanentie van het oppervlaktewater

De permanentie of omgekeerd de mate van droogval van een oppervlaktewater wordt bepaald door de neerslag, de grondwaterstand, en de mate en frequentie van inundatie. Op basis van waterdiepte en hydrologische isolatie van een al dan niet tijdelijk oppervlaktewater zijn verschillende watertypen te onderscheiden.

Permanente oppervlaktewateren. Dit betreft wateren zoals plassen, boezems, nooit droogvallende sloten, kanalen, beken of rivieren In dergelijke permanente wateren kunnen populaties van predatoren van steekmuggen hun levenscyclus voltooien en door predatie voorkomen dat steekmuggen zich massaal ontwikkelen. Steekmuglarven zijn uiterst kwetsbaar voor predatie, mede omdat ze zich vaak aan het wateroppervlak bevinden. Ook in tijdelijk onder water staande terreinen die met permanente wateren verbonden zijn, kunnen steekmuglarven zich moeilijk ontwikkelen, omdat deze toegankelijk zijn voor predatoren uit het permanente water.

Geïsoleerde semi-permanente en temporaire oppervlaktewateren. Deze wateren hebben een geringe waterdiepte en zijn niet verbonden met permanente oppervlaktewateren. Dergelijke oppervlaktewateren hebben een grote kans om jaarlijks droog te vallen. Droogvalling is bij uitstek een gunstige uitgangspositie voor de ontwikkeling van grote aantallen steekmuggen. Als gevolg van droogval delen de steekmuggen het water met weinig andere organismen, dit is gunstig voor steekmuggen, omdat de larven een uiterst geringe concurrentiekracht hebben. Ook kunnen de meeste predatoren van steekmuglarven hun levenscyclus niet voltooien in droogvallende wateren en ontbreken dan ook. Lage concurrentie en predatie leiden tot het massaal optreden van steekmuggen in dit type wateren.

2.1.1.1.2 Stroming en golfslag

Steekmuggen zijn voor hun ontwikkeling afhankelijk van stilstaand water. De larven en poppen van steekmuggen zijn zeer gevoelig voor stroming en golfslag, en zullen wanneer dit optreedt in hun ontwikkeling beperkt blijven (Fritz & Heimer 1981). In grotere oppervlaktewateren met een brede ondiepe oeverzone zal tussen de oevervegetatie nauwelijks stroming of golfslag optreden. In deze delen is de

aanwezigheid van predatoren (zoals roofkevers, libellenlarven en amfibieën) een belangrijkere factor die de ontwikkeling van de steekmuggen beperkt.
Knutten komen in allerlei wateren voor. Stroming en golfslag spelen een geringe rol ten aanzien van het voorkomen, behalve indien daadwerkelijk sprake is van stroming. De oeverzone is altijd voor bepaalde soorten geschikt.

2.1.1.1.3 Terreinreliëf in relatie tot bodemopbouw

Met het reliëf van het terrein wordt een afwisseling van hogere en lagere delen van het maaiveld bedoeld. Deze afwisseling kan het gevolg zijn van inrichtingsmaatregelen (zoals plaggen of afgraven) of van nature aanwezig zijn (zoals langs beken en rivieren, in duinvalleien en moerasgebieden). Langs grotere beken en rivieren kan door erosie en sedimentatie tijdens inundaties ook een bepaald reliëf ontstaan. In moerasgebieden ontstaat reliëf als gevolg van bultvorming door de aanwezige vegetatie.
Tijdens perioden met veel neerslag of na inundatie kan water achterblijven in laagten, putjes en kuilen. De verblijftijd van het water is afhankelijk van de doorlaatbaarheid van de bodem en de terreinhelling (deze laatste factor vooral in vlakke gebieden). Wanneer veel kleiafzettingen in de bodem aanwezig zijn, kan water lange tijd blijven staan. Bestaat de bodem voornamelijk uit zand, dan zal het water sneller inzijgen, behalve wanneer sprake is van een hoge grondwaterstand (bijvoorbeeld zo hoog als het maaiveld). Wanneer in het voorjaar plassen en poelen langer water bevatten, is dit in het voordeel van steekmuggen. In combinatie met de ontwikkeling van hogere vegetatie (hogere luchtvochtigheid en windluwte) is dit een gunstige uitgangssituatie voor steekmuggenplagen.

2.1.1.1.4 Verlanding

Verlanding van ondiepe oppervlaktewateren en oeverzones bevordert de ontwikkeling van habitat voor steekmuggen. Tussen de dichte submerse en emergente watervegetaties hebben larven van steekmuggen meer schuil- en ontsnappingsmogelijkheden voor predatoren. Ondiepe delen warmen daarnaast ook sneller op, hetgeen de groeisnelheid van larven van steekmuggen sterk bevordert.
Ook voor knutten zijn dergelijke zones met ondiep water en veel organisch materiaal als habitat zeer geschikt.

2.1.1.1.5 Opslag van bomen en struiken

Voor volwassen steekmuggen zijn opgaande (al dan niet lijnvormige) houtige en hoge kruidachtige begroeiingen aantrekkelijk om te schuilen en geschikt om zich doorheen te verplaatsen. De begroeiing biedt bescherming tegen wind en wordt over het algemeen gekenmerkt door een hoge luchtvochtigheid (geschikt microklimaat). Hiermee vormt de begroeiing een verbindingszone tussen de plaats waar de larven zich ontwikkelen en eventuele bebouwing, waar de vrouwtjesmuggen op zoek gaan naar een bloedmaaltijd. Het verspreidingsvermogen van steekmuggen verschilt per soort. Sommige soorten kunnen zich in half open terrein verspreiden, terwijl andere soorten sterk gebonden zijn aan bossen. Deze volwassen steekmuggen mijden open terrein volledig, onder andere vanwege de lagere luchtvochtigheid.

De afstand waarover steekmuggen zich op eigen kracht verspreiden is beperkt, behalve wanneer ze met de wind worden verplaatst. Wanneer er open terrein tussen menselijke bewoning en het leefgebied van steekmuggen aanwezig is, blijft overlast vaak beperkt, omdat maar weinig volwassen steekmuggen de bewoning bereiken.

2.1.1.1.6 Temperatuur

Steekmuggen ontwikkelen zich sneller bij hogere temperaturen. Ondiepe wateren warmen in de zomer snel op en vormen daarmee een uitstekend milieu voor de zich dan zeer snel (tot binnen 10 dagen) ontwikkelende steekmug. Opeenvolgende jaren met warme zomers kunnen de omvang van de aanvangspopulaties doen toenemen.

2.1.1.1.7 Milieuwisselingen en extreme condities

Een sterke wisseling van milieuomstandigheden, bijvoorbeeld een afwisseling van zout (brak) naar zoet water of van neutraal naar een lage zuurgraad, heeft tot gevolg dat de meeste waterdieren sterven. Met een wisseling naar brak of zoet wordt een nieuw watermilieu gecreëerd waar, als gevolg van afwezigheid van predatoren, steekmuggen zich goed in kunnen ontwikkelen. Extreme milieus zoals regentonnen en natte kruipgaten leveren een voor veel aquatische organismen onleefbaar milieu op, maar een habitat dat echter wel weer geschikt is voor steekmuggen.

2.1.1.1.8 Inundatie

Het moment in de tijd, de frequentie en de duur van inundatie in samenhang met het terreinreliëf zijn sterk bepalend voor de permanentie van achterblijvende wateren. Overstroming van rivieruiterwaarden en beekbegeleidende gronden treedt vooral op in de winter en het voorjaar (beek- of rivierinundatie). In onregelmatige terreinen met een slecht doorlatende bodem (veen- en kleigebieden, zoals veel aanwezig in de laagveenregio in het westen van Nederland) of terreinen met een hoge grondwaterstand (bijvoorbeeld duinvalleien, laagten en veenweidepolders) treden als gevolg van intense neerslag in de zomer ook (regen)inundaties op. Water zal in vlakke gebieden na (regen)inundatie langer aanwezig blijven. Wanneer gedurende langere tijd water in een terrein achterblijft, biedt dit een semi-permanent milieu dat geschikt is voor de ontwikkeling van steekmuggen.

2.1.1.1.9 Eutrofiëring en saprobiëring

Verrijking met voedingsstoffen (eutrofiëring) leidt onder andere tot een sterk wisselende zuurstofhuishouding. Veel wateren in agrarisch gebied zijn door uitspoeling van landbouwkundige meststoffen ge-eutrofiëerd. Hierdoor treden periodes op waarin het water zeer weinig zuurstof bevat. Steekmuggen hebben onder zuurstofarme condities meer overlevingskansen ten opzichte van veel andere waterdieren, zoals hun predatoren. Dit is het gevolg van een aangepaste ademhaling. Steekmuglarven zijn namelijk in staat via een adembuis zuurstof uit de lucht te gebruiken. Eutrofiëring leidt ook tot meer algenontwikkeling en eventueel een groter aantal dierlijke micro-organismen. Beide dragen bij aan een verhoogd voedselaanbod voor de steekmuglarven.

Saprobiëring (=verrijking met dood organisch materiaal) treedt op wanneer organisch materiaal in een oppervlaktewater terecht komt. In geval van lozingen is er vaak sprake van het plotseling optreden van voor steekmuggen gunstige zuurstofarme omstandigheden. In poelen en greppels in bosgebieden leidt bladval tot saprobiëring. In deze wateren vormt het organisch materiaal ook de basis voor het voedsel voor veel steekmuggen, namelijk de bacteriën en algen die op deze bladeren voorkomen.

2.1.1.1.10 Beheer

Begrazing door runderen en/of paarden kan het terreinreliëf vergroten. Afhankelijk van de bodemgesteldheid en vegetatiestructuur kunnen lage plekken met vaak een sterk verdichte bodem ontstaan (pootafdrukken, kuilen, ligplekken van vee), waarin water kan achterblijven. Omgekeerd echter voorkomt een hoge graasdruk de ontwikkeling van hoog opgaande vegetatie, wat weer negatief uitwerkt voor volwassen steekmuggen.
Ook het maaibeheer speelt een rol in het leefgebied van steekmuggen. Extensief beheerde weidegebieden hebben veelal hogere vegetaties met een hogere luchtvochtigheid en met meer luwe plekken, wat in het voordeel is van steekmuggen.

De levensstadia van steekmuggen en knutten kunnen direct in verband worden gebracht met de risicobepalende factoren en processen (Tabel 2).

Tabel 2. Het verband tussen levensstadia van steekmuggen en knutten en risicobepalende factoren en processen. (+++ = randvoorwaarde, ++ = groot voordeel, + = voordeel, 0 = niet noodzakelijk, - = nadeel)

		eieren en larven				
risicofactoren en processen	***positief voor steekmuggen en knutten***	**moeras-steekmuggen**	**huissteek-muggen**	**malaria-muggen**	**boomholte-steek-muggen[4]**	**knutten**
predatie	*afwezig*	+++	+++	++	++	+
permanentie	*droogval*	+++	++	0/+	0	0
waterbeweging	*afwezig*	-	-	-	-	0
terreinreliëf	*onregelmatig*	+++	+++	0/+	+++	+
verlanding	*sterk*	+	++	+++[3]	++	+
temperatuur	*hoog*	++	++	++	+++	++
milieuwisselingen/ extreme condities	*sterk*	0	++	0	+++	0
inundatie	*aanwezig*	+++[1]	++[2]	0	+++[1]	+
eutrofiëring/ saprobiëring	*hoger*	+	+	++	++	+
		volwassenen				
opslag	*aanwezig*	++	++		++	
bewoning	*aanwezig*	0	++	++	++	
beheer	*aanwezig*					

1 met name in het voorjaar en in mindere mate zomer
2 met name in de zomer
3 watervegetatie
4 komen nog niet in Nederland voor

Samenvattend beschrijft Tabel 2 enkele milieutypen en omstandigheden die positief bijdragen aan mogelijke plaagvorming. Echter deze tabel kan niet los gezien worden van andere factoren die een rol spelen bij het daadwerkelijk optreden van 'overlast', zoals keuzen in gebiedsinrichting en beheeropties.
Samenvattend:

- De larven van moerassteekmuggen gedijen optimaal wanneer er in een onregelmatig terrein veel tijdelijk (geen predatoren) water is (veel poeltjes als gevolg van inundatie door begeleidend water of door winterneerslag) in het voorjaar, en de temperaturen oplopen.
- De larven van huissteekmuggen gedijen optimaal wanneer er tijdelijk (geen predatoren) of predatorloos permanent (milieuwisseling bijvoorbeeld in verlandingszones of extreme condities in regentonnen) water is en de temperatuur over meer dan 10 dagen hoog (>20°C) is (vaak in de zomer)
- De larven van malariamuggen gedijen optimaal in plantenrijke, ondiepe, mogelijk voedselverrijkte wateren (minder predatie, voedsel) in de zomer bij hoge temperaturen.
- De larven van boomholtesteekmuggen ontwikkelen zich in de zomer in allerlei zeer kleine, tijdelijke wateren, van nature in boomholten maar ook in autobanden, blikjes en schaaltjes. Deze groep komt nog niet in Nederland voor maar is in de nabije toekomst te verwachten en is daarom voor alle duidelijkheid hier opgenomen
- De knutten is een grote groep die onder allerlei omstandigheden gedijen. Voor een meer specifiek beeld dienen de meest relevante genera apart bekeken te worden. Echter het onderhavige onderzoek is niet toereikend voor deze verfijning.

2.1.3 Risicoanalyse

Om de kans op overlast of een plaag van steekmuggen of knutten in te schatten is een risicoanalyse uitgevoerd. De risico's op overlast of plaagvorming worden bepaald door:

a) De habitateisen van relevante levensstadia van steekmuggen en knutten;
b) De aanwezigheid van geschikte habitats en de daar bijbehorende sturende factoren en processen.

De habitateisen komen voort uit de ecologie van de soortgroepen (Bijlage 1, 2) en zijn per groep samengevat gepresenteerd in paragraaf 2.1.1. De mate van geschiktheid van een habitat is gebaseerd op watertype, diepte/permanentie, peil en voedselrijkdom.
Het al dan niet optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is tenslotte uitgedrukt in risicoklassen (Tabel 3).

Tabel 3. Omschrijving van de risicoklassen.

risicoklasse	**omschrijving**
zeer risicovol (+++)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is bijna zeker
risicovol (++)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is groot
potentieel risicovol (+)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is zeker mogelijk

risicoarm (0)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is gering
geen risico (-)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is nagenoeg nul

2.2 Overlast en plaagvorming

2.2.1 Plaagvorming door steekmuggen

Omdat veel larvale habitats van steekmuggen ongeschikt zijn voor kolonisatie door (potentiële) predatoren (rovers) als gevolg van zeer wisselende milieuomstandigheden kunnen hoge dichtheden aan steekmuggen en daarmee plagen ontstaan. Predatoren van larven van steekmuggen zijn vissen, amfibieën, waterinsecten (rovers als kevers, libellen en wantsen) en vogels (bijvoorbeeld de witte kwikstaart). Steekmugpopulaties kunnen op plaatsen zonder predatoren grote dichtheden bereiken. Er zijn gevallen bekend waarbij populaties tot meer dan 50.000 larven per vierkante meter uitgroeiden. Naar schatting kunnen circa 113.000.000 eieren per 0.4 hectare moerasland worden afgezet. Echter is de sterfte van de larven tijdens de aquatische stadia hoog. Het opdrogen van het habitat is hiervan de belangrijkste oorzaak.
De weersomstandigheden in een jaar in samenhang met de locale terreingesteldheid bepalen in hoeverre een steekmugplaag kan ontstaan. Daarbij wordt aangenomen dat de oorspronkelijke populatie enkele jaren nodig heeft om uit te groeien tot een plaagvormende populatie. Dit geldt in het bijzonder voor de soorten die hun eieren semi-aquatisch of terrestrisch afzetten. In natte zomers blijven adulten langer leven, zodat voorjaarssoorten ook nog in de zomer worden aangetroffen. Afhankelijk van de weersomstandigheden en van de soort varieert het aantal generaties in een jaar van één tot meer. De watermassa van het larvale habitat is in de regel beperkend (opdroging). In ondiepe wateren bereikt de temperatuur snel hoge waarden, waardoor de groei van de larven versneld kan worden en er meerdere generaties achter elkaar tot ontwikkeling kunnen komen. In de gematigde zone zijn de soorten van het geslacht *Aedes* de belangrijkste plaagvormende steekmuggen, alhoewel plaatselijk ook soorten van de geslachten *Culex* en *Culiseta* tot hoge dichtheden kunnen uitgroeien.
Om te begrijpen hoe een steekmuggenplaag ontstaat is kennis nodig omtrent de relatie tussen het milieu en de ecologie van de veroorzakende soort(en) en wel van elk stadium: ei, larf, pop en adult. Voor de vorming van een *Aedes*-plaag is onder andere van belang op welke hoogte boven de waterlijn de eieren zijn afgezet. Een hogere waterstand leidt tot ei-afzetting op een hoger niveau. Dit heeft tot gevolg dat in droge jaren de eieren niet door het water worden bereikt. Het voorkomen van eventuele opeenvolgende *Aedes*-generaties is afhankelijk van tussentijdse wisselingen in de waterstand; het aantal wisselingen en de mate daarvan (wat afhankelijk is van de hoeveelheid en verdeling van de neerslag) bepalen, afhankelijk van de soort, het aantal generaties. Over het algemeen blijkt dat de eerste (voorjaars)generatie de hoogste dichtheden oplevert, hetgeen samenhangt met de hydrologisch natte situatie in het voorjaar, die doorgaans aanzienlijk van de drogere zomersituatie verschilt.
Hoge dichtheden van *Culex* en *Culiseta* soorten treden veelal alleen op tijdens extreem natte zomerperioden of in nieuw gevormde wateren.

De aanwezigheid van predatoren in een permanent water of een permanent water in verbinding met een relatief klein tijdelijk water voorkomt een overmatige toename van de steekmugpopulatie. Naast de predatie op steekmuglarven kan ook predatie optreden op volwassen steekmuggen. Roofvliegen prederen op uitvliegende adulten, en spinnen en vogels (bijvoorbeeld zwaluwen) op adulten. Het is echter niet waarschijnlijk dat dergelijke predatie in belangrijke mate invloed heeft op de omvang van de plaag.
Naast een geschikt leefmilieu en een geringe predatordichtheid is ook een voldoende groot voedselaanbod voor de steekmuglarven van belang. Het voedselaanbod voor steekmuggen en knutten kan bestaan uit dierlijke micro-organismen, algen en plantenresten. In voedselrijk en met afgestorven plantenmateriaal en blad belast water is het voedselaanbod hoger.
Tenslotte speelt de omvang van de aanvangspopulatie een rol. De omvang van de aanvangspopulatie van steekmuggen en knutten is afhankelijk van de grootte van het leefmilieu, de beschikbaarheid van het milieu (tijdsduur) en de temperatuur. Wanneer in opvolgende jaren geschikt leefmilieu optreedt, zullen bij bijvoorbeeld huissteekmuggen en malariamuggen meer vrouwtjes en bij moerassteekmuggen meer eieren de winter overleven en zal de aanvangspopulatie toenemen. Het verdere verloop is voor huissteekmuggen en malariamuggen sterk weersafhankelijk, en voor moerassteekmuggen sterk waterpeilafhankelijk.

2.2.2 Plaagvorming door knutten

Knutten kennen veelal twee perioden waarin ze massaal kunnen optreden, een voorjaarspiek (mei-juni) en een piek in de nazomer (augustus). De voorjaarspiek is een gevolg van een zekere synchronisatie van de overwinterende larven terwijl de nazomerpiek vaak tweede generaties betreft. De univoltiene soorten (soorten met één generatie per jaar) vliegen veelal van juni tot augustus, maar dit verschilt sterk per soort. Alle vrouwtjes prederen op volwassen insecten zoals vedermuggen, eendagsvliegen en andere knutten. De vrouwtjes bijten de prooi, pompen enzymen in de prooi en zuigen vervolgens de gehele opgeloste prooi-inhoud op. Soms worden tijdens de paring ook de mannetjes gedood en leeggezogen. Daarnaast zuigen sommige soorten bloed. De vrouwtjes die bloed zuigen doen dit om hun eiwitvoorraad aan te vullen, soms al voor de eerste leg, anders pas bij de tweede of latere leg. Bloed kan van mensen maar ook van andere gewervelden (inclusief kikkers) gezogen worden. De bloedzuigende soorten brengen vaak ziekten (virussen, protozoa, draadwormen) over (Linley 1985). Knutten zijn onder andere verantwoordelijk voor de verspreiding van de ziekte blauwtong onder herkauwers. In augustus 2006 openbaarde deze ziekte, die normaal in warme streken voorkomt, zich bij Nederlandse schapen.

2.2.3 Gebiedstypen en plaagvorming

De in paragraaf 2.1.2 beschreven risicobepalende factoren en processen die een rol spelen bij 'overlast' door steekmuggen en knutten hangen sterk samen met veel voorkomende gebiedstypen. Per gebiedstype zijn hierna deze risicobepalende factoren en processen benoemd:

2.1.1.1.11 Open water

Op basis van de waterdiepte en hydrologische isolatie zijn de volgende subtypen open oppervlaktewateren te onderscheiden:

- Diepe oppervlaktewateren (waterdiepte > 0.8 m), eventueel permanent in open verbinding met grotere wateren (boezem of plas).
- Diepe hydrologisch geïsoleerde oppervlaktewateren (waterdiepte > 0.8 m) die gevoed worden door regenwater, grondwater of waterinlaat.
- Ondiepe geïsoleerde oppervlaktewateren (waterdiepte < 0.8 m).
- Ondiepe oppervlaktewateren (waterdiepte < 0.8 m), permanent in open verbinding met grotere wateren (boezem of plas).

In open oppervlaktewateren kan het peil constant of wisselend zijn en zijn de risicobepalende factoren en processen: permanentie, waterbeweging, temperatuur, eutrofiëring en verlanding.

2.1.1.1.12 Oeverzone van open water

De oeverzone van open water kan meer of minder ondiep zijn en kan onderverdeeld worden naar:

a) Omgekeerd peil (zomer hoog, winter laag).
b) Natuurlijk peil (winter hoog, zomer laag).
c) Constant peil.

De risicobepalende factoren zijn oeverreliëf in relatie tot bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

2.1.1.1.13 Moeras

Het moeras betreft terreinen met een groot aandeel semi-permanente oppervlaktewater en een zompige ondergrond. Het betreft gebieden waar tijdens perioden met veel neerslag, hoge grondwaterstand, kweldruk in combinatie met terreinreliëf langdurig water kan blijven staan. In het moeras zijn de risicobepalende factoren: terreinreliëf in relatie tot grondwater en bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, inundatie (neerslag of grondwaterstandverhoging), eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

2.1.1.1.14 Plas-dras situatie

De plas-dras situaties zijn feitelijk vergelijkbaar met moerassen maar hebben een stevige ondergrond. Ze kunnen onderverdeeld worden naar waterstandwisseling:

a) Omgekeerd peil (zomer hoog, winter laag).

Deze plas-dras situaties met een wisselende waterstand kenmerken zich door het in de zomer tijdelijk in verbinding staan met permanente oppervlaktewateren zoals een plas of sloot. Een dergelijke vernatting kan ertoe leiden dat delen van het plas-dras gebied, na peilverlaging, geïsoleerd komen te liggen. Hierbij ontstaan in de zomersituaties tijdelijk geïsoleerde ondiepe watertjes. In deze geïsoleerde plas-dras situaties zijn de risicobepalende factoren: terreinreliëf in relatie tot bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, inundatie (neerslag of grondwaterstandverhoging), eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

b) Natuurlijk peil (winter hoog, zomer laag).

Deze plas-dras situaties met een wisselende waterstand kenmerken zich door het in de winter en het vroege voorjaar tijdelijk in verbinding staan met permanente oppervlaktewateren zoals een plas of sloot. Een dergelijke vernatting kan ertoe leiden dat delen van het plas-dras gebied, na peilverlaging in het late voorjaar, geïsoleerd komen te liggen. Hierbij ontstaan tijdelijk geïsoleerde ondiepe voorjaarswatertjes. In deze geïsoleerde plas-dras situaties zijn de risicobepalende factoren: terreinreliëf in relatie tot bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, inundatie (neerslag of grondwaterstandsverhoging), eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

c) Constant peil.

Deze plas-dras situaties kenmerken zich door een constante waterstand in het in verbinding staande permanente oppervlaktewater zoals een plas of sloot. Een dergelijke constantie zorgt ervoor dat de plas-dras situaties, ondanks de geïsoleerde ligging, niet snel indrogen. De risicobepalende factoren zijn terreinreliëf in relatie tot bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

2.1.1.1.15 Grasland

In het veenweidegebied is het onderscheid tussen droge, vochtige en natte graslanden nauwelijks van belang. Het vochtvasthoudend vermogen van de bodem is zodanig dat het voor de larven van de knutten geen verschil maakt. De risicobepalende factoren zijn vochthuishouding in relatie tot bodemopbouw, temperatuur en eutrofiëring.

2.1.1.1.16 Bebouwde omgeving

De bebouwde of urbane omgeving omvat woonhuizen, boerderijen en hun directe omgeving. Juist voor steekmuggen en knutten speelt de bebouwde omgeving een belangrijke rol. Veel tijdelijke restwatertjes blijven op en rondom bebouwing achter en fungeren zo als een tijdelijk watermilieu dat uitermate geschikt is voor steekmuggen. Vochtige graslanden zijn uitermate geschikt voor de culicoide knutten. Onderscheid kan gemaakt worden in:

a) Permanent water met zoninval, zoals vijvers, drinkpoelen en bassins.

Deze permanente wateren zijn vergelijkbaar met ondiep open water mits het niet, zoals soms bij bassins het geval is, regelmatig droogvalt of wordt leeggepompt.

b) Permanent van licht afgesloten water zoals regentonnen, ondergrondse bergingen en kruipruimten.

Het ontbreken van licht verhindert de ontwikkeling van een watersysteem met daarin rovers en andere organismen. Het is een biologisch relatief 'leeg' maar permanent oppervlaktewater.

c) Tijdelijk water

De tijdelijke oppervlaktewateren omvatten droogvallende kunstmatige waterpartijen zoals die ontstaan in oude badkuipen en drinkbakken. Het peil is sterk wisselend en er treedt op onregelmatige tijden droogval op.

d) Onvoorzien water

De onvoorziene oppervlaktewateren betreffen zeer kleine tot grotere waterpartijen die vaak na perioden met neerslag ontstaan in bijvoorbeeld autobanden, bloembakken,

emmers, speciekuipen, jampotjes, verstopte dakgoten, slecht afwaterende platte daken, depressie in afdekplastics, enz.

2.2.4 Risicosleutel

Op basis van de in de voorgaande paragrafen beschreven bouwstenen is een sleutel die ingezet kan worden bij een risicoanalyse ontwikkeld (Tabel 4). Deze sleutel kan helpen bij het inschatten van het risico op het ontstaan van steekmuggen- en knuttenplagen. Naast de nu in Nederland aanwezige soorten zijn voor de vergelijkbaarheid ook de in de nabije toekomst te verwachten boomholtesteekmuggen opgenomen.

Tabel 4. Risicoanalysesleutel (+/0/- zie Tabel 3, ? = onbekend, - = n.v.t., > 10 dagen = meer dan 10 dagen waterhoudend, > 5 dagen = meer dan 5 dagen waterhoudend, < 5 dagen = minder dan 5 dagen waterhoudend).

				risico				
type	**oppervlaktewater**	**peil**	**voedsel-rijkdom**	**huissteekmug**	**moerassteekmug**	**malariamug**	**knut**	**boomholte-steekmug[1]**
open water (geïsoleerd, bv. petgat)	diep	constant of wisselend	matig	-	-	-	0/+?	-
			rijk	-	-	-	0/+?	-
	ondiep	constant of wisselend	matig	-	-	++	0/+?	-
			rijk	-	-	+++	0/+?	-
open water (niet geïsoleerd, bv. kanaal, vaart, boezemwater)	diep	constant of wisselend	matig	-	-	-	0/+?	-
			rijk	-	-	-	0/+?	-
	ondiep	constant of wisselend	matig	-	-	++	0/+?	-
			rijk	-	-	+++	0/+?	-
oeverzone	diep of ondiep (winter laag, zomer hoog)	wisselend (bergingmoeras)	matig	++ (zomer >10 dagen)	-	++	0/+?	- (zomer <5 dagen)
			rijk	+++ (zomer >10 dagen)	-	+++	0/+?	0 (zomer >5 dagen)
	diep of ondiep (zomer laag, winter hoog)	wisselend (bergingzone)	matig	+ (zomer >10 dagen)	+ (tot april water)	0/+	0/+?	- (zomer <5 dagen)
			rijk	++ (zomer >10 dagen)	+ (tot april water)	+	0/+?	0 (zomer >5 dagen)
	diep of ondiep	constant (natte natuur s.s.)	matig	-	-	0/+	0/+?	-
			rijk	-	-	+	0/+?	-
moeras (zompige ondergrond, bv.	ja (winter laag, zomer hoog)	wisselend (bergingmoeras)	matig	+++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	-	0/+?	0 (zomer >5 dagen)
			rijk	+++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	0/+	0/+?	+ (zomer >5 dagen)
	ja	wisselend	matig	+ (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water)	-	0/+?	0 (zomer >5 dagen)

				risico				
type	**oppervlaktewater**	**peil**	**voedsel-rijkdom**	**huissteekmug**	**moerassteekmug**	**malariamug**	**knut**	**boomholte-steekmug[1]**
trilveen, moeras)	(zomer laag, winter hoog)	(bergingmoeras)	rijk	++ (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water)	0/+	0/+?	+ (zomer >5 dagen)
	ja	constant	matig	0/+	0/+	-	0/+?	0 (zomer >5 dagen)
		(natuurmoeras: op of net onder maaiveld)	rijk	0/+	0/+	-	0/+?	+ (zomer >5 dagen)
plas-dras	ja	wisselend	matig	+++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	-	+?	0 (zomer >5 dagen)
(stevige ondergrond, bv,	(winter laag, zomer hoog)	(bergingmoeras)	rijk	+++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	0/+	++?	+ (zomer >5 dagen)
dotterbloemgrasland	ja	wisselend	matig	+ (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water)	-	+?	0 (zomer >5 dagen)
van veen en klei,	(zomer laag, winter hoog)	(bergingzone)	rijk	++ (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water)	0/+	++?	+ (zomer >5 dagen)
natte strooiselruigte,	ja	constant	matig	0/+	0/+	-	+?	0 (zomer >5 dagen)
wilgenstruweel)		(natte natuur s.s.)	rijk	0/+	0/+	-	++?	+ (zomer >5 dagen)
grasland	nee	hoog	matig	-	-	-	++?	-
(veen, klei; bv.			rijk	-	-	-	+++	-
nat schraalland,	nee	matig/laag	matig	-	-	-	++?	-
bloemrijk grasland van het zand en		(vochtvasthoudende grond)	rijk	-	-	-	+++	-
veengebied,	ja	hoog	matig	++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	0	+?	-
bloemrijk grasland van het klei gebied, nat matig voedselrijk	(geïnundeerd vanuit aangrenzend oppervlaktewater)		rijk	+++ (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water)	0/+	+++	-
grasland)	ja	matig/laag	matig	+ (zomer >10 dagen)	+ (tot april water)	-	+	-

				risico				
type	**oppervlaktewater**	**peil**	**voedsel-rijkdom**	**huissteekmug**	**moerassteekmug**	**malariamug**	**knut**	**boomholte-steekmug[1]**
	(bv. regenplassen)	(vochtvasthoudende grond)	rijk	++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	0	+++?	-
bebouwde omgeving (situatie rondom huizen en boerderijen)	permanent water (vijver, bassin)	wisselend (berging)	matig	++ (zomer >10 dagen)	-	0	0/+?	++ (zomer >5 dagen)
			rijk	+++ (zomer >10 dagen)	-	0/+	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
	permanent water (regenton, kruipgat)	wisselend/constant (afgesloten van daglicht)	matig	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
			rijk	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
	tijdelijk water (drinkbak, kuip, enz.)	wisselend	matig	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
			rijk	++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	++ (zomer >5 dagen)
	onvoorzien water	zeer wisselend	matig	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
	(schalen, potjes, blikjes, emmers, autobanden, plastic bedekking, enz.)		rijk	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
	begroeiingstype			**adulten**	**adulten**	**adulten**	**adulten**	
begroeiingstype	kaal			-	-	-	-	-
	korte vegetatie			-	-	-	-	-
	opgaande kruidige en ruigtevegetatie				+++	+++	+++	+++
	struikachtige vegetatie			+++	+++	+++	+++	+++
	bos met ruigte /struikondergroei				+++	+++	+++	+++
	open bos			0	0	0	0	0

1 : voor de risico inschatting van de leefmilieus oever, plas-dras en moeras wordt uitgegaan dat de microhabitat (kleine putjes) tijdelijk water bevatten en dat ingevallen blad aanwezig is. Echter de bijdrage van deze leefmilieus aan de ontwikkeling van de boomholtesteekmuggen is vooralsnog onzeker.

2.3 Ziekten

Een infectieziekte die op natuurlijke wijze kan worden overgedragen van gewervelde dieren op mensen wordt een zoönose genoemd. Meestal fungeren de gewervelde dieren als reservoir (= drager van de ziektekiem) en wordt de infectie door een tussengastheer overgedragen. Geleedpotigen (arthropoden) en met name steekmuggen vormen een belangrijke groep van tussengastheren (Giessen et al., 2004). Betreft de infectie een virus en wordt deze door geleedpotige overgebracht dan betreft het een zogenaamd arbovirus. Daarnaast is de overdracht van de eencellige parasiet van het geslacht *Plasmodium*, de veroorzaker van malaria, voor Nederland uit historisch oogpunt van belang. Naast virussen kunnen ook bacteriën, protozoa of wormen worden overgedragen (Lundstrom, 1999). Op deze laatste groepen wordt wegens een het geringe risico niet nader ingegaan.
Ten aanzien van de dierziekten krijgt het recent opgedoken blauwtong extra aandacht.

2.3.1 Arbovirussen

Verschillende in West-Europa voorkomende en door steekmuggen overgebrachte arbovirussen behoren tot de families van de Bunyaviridae, Flaviviridae en Togaviridae. Deze arbovirussen zijn in steekmuggen gevonden en kunnen voor de mens maar ook voor andere gewervelden ziekteverwekkend zijn. Deze virussen komen voor, wanneer de tussengastheer een steekmug betreft, in een *Aedes*-zoogdier, *Anopheles*-zoogdier of *Culex*-vogel overdrachtscyclus (Lundstrom, 1999). De ziekteverwekker brengt namelijk een deel van zijn levenscyclus in de koudbloedige gastheer (zoals de steekmug) door. Als een besmette steekmug bloed zuigt bij een dier of mens, komt het virus in de bloedbaan terecht. Geïnfecteerde mensen nemen veelal niet deel aan deze cycli. Er zijn echter ook ziekten waarbij de mens als reservoir optreedt, bijvoorbeeld de *Aedes*-mens cyclus.
In het algemeen kan er onderscheid worden gemaakt tussen:

- *infecties die van oudsher in Europa voorkomen en ziekteverwekkend zijn bij de mens*

Jaenson (1990) noemt voor Europa de overdracht van de virussen Inkoo, Tahyna, Batai en Sindbis. WHO (2004) noemt de volgende in Europa aanwezige virussen: West-Nijl, Batai, Ockelbo, Inkoo, Tahyna en Dengue (knokkelkoorts: laatste rapportage 1928 Griekenland). Medlock et al. (2007) noemen negen arbovirussen waaronder West-Nijl, Sindbis en Tahyna. In Groot-Brittannië zijn bij vogels antilichamen tegen de virussen Sindbis, Tahyna, Usutu en West Nijl aangetroffen (Medlock et al. 2005). Hubálek (2007) beschrijft 11 in Europa voorkomende virussen die door steekmuggen op de mens kunnen worden overgebracht en waarvan er zes van oudsher in Europa voorkomen (Sindbis, West-Nijl, Tahyna, Snowshoe hare (=poolhaas), Inkoo en Batai).
Relevant als ziekteverwekker zijn West-Nijl en Dengue.

- *infecties die in Europa voorkomen maar niet ziekteverwekkend zijn voor de mens maar wel voor andere gewervelden*

Hubálek (2007) noemt twee aan vogels gebonden virussen die geen ziekten bij de mens veroorzaken (Lednice- en Usutuvirus). Daarnaast is hier recent de door knutten overgedragen ziekte blauwtong bijgekomen.

In Tabel 5 is getracht het bovenstaande, betreffende de in Europa relevante virussen, in een samenvattend, echter nog ten dele onvolledig, overzicht weer te geven.

Tabel 5. Overzicht van relevante virussen per familie (kolom 1), het voorkomen in Europa (kolom 2), het reservoir oftewel de dierlijke drager (kolom 3) en de tussengastheer (kolom 4). De virussen zijn in Bijlage 3 uitgebreid beschreven.

virus	**inheems/exoot in west-Europa**	**reservoir (= drager ziektekiem)**	**tussengastheer (alleen de Europese genera)**
Bunyavirus (Bunyaviridae) Californische encefalitis groep		knaagdieren, haasachtigen	*Aedes, Anopheles, Culex, Culiseta*
Tahyna	inheems (o.a. Duitsland, Oostenrijk, Italië en Frankrijk.)	vogels, haasachtigen, knaagdieren, mensen	*Aedes, Culex, Culiseta*
Inkoo	inheems (Noord-Europa)	kleine zoogdieren	*Aedes*
Batai of Calovo	inheems	zoogdieren	*Anopheles, Aedes, Culex*
Lednice (alleen ziekteverwekkend voor vogels)	inheems	vogels	*Culex, Culiseta, Anopheles*
Togavirus (Togaviridae)			
Ockelbo	inheems/exoot	vogels, mens	*Aedes, Culex, Culiseta*
Sindbis	inheems (Amerika)	vogels, soms knaagdieren	Culicidae
Overigen			
Semliki Forest complex	inheems (Centraal en Zuid Europa)	vogels, knaagdieren	*Aedes, Culex, Culiseta*

2.3.2 Malaria

Malaria is een infectieziekte die veroorzaakt wordt door eencellige parasieten die tot het geslacht *Plasmodium* (Sporozoa) behoren. De parasiet wordt op mensen overgebracht door malariamuggen.
Malaria wordt vooral veroorzaakt door *Plasmodium falciparum, P. ovale, P. malariae* (tropische malaria) en *P. vivax* (inheemse malaria). De Nederlandse malaria werd door een bijzondere vorm van *P. vivax* veroorzaakt, namelijk een vorm met een incubatietijd van 8 maanden (Takken et al. 1999). Ter vergelijking, de tropische *P. vivax* vorm heeft een incubatietijd van 2-3 weken. In 1959 werd 'inheemse' malaria voor het laatst geconstateerd in Nederland.
De ontwikkeling en verspreiding van de parasiet verloopt ruwweg in vier fasen. De malariamug, een mug van het geslacht *Anopheles*, steekt iemand die al besmet is, en krijgt zodoende bloed met de parasiet binnen. De steekmuggen steken omdat ze bloed nodig hebben om eitjes te kunnen leggen. Malaria wordt dan ook alleen door vrouwtjesmuggen overgebracht. In de darm van de mug vermeerdert de parasiet zich zowel geslachtelijk als ongeslachtelijk en gaat ook in de speekselklieren van de mug zitten. Vervolgens steekt de mug iemand die nog niet besmet is. Hierbij worden kiemen van de parasiet in het nog niet besmette menselijke lichaam geïnjecteerd. De kiemen komen in de lever terecht, waar ze zich verder ontwikkelen. Binnen de mens deelt de parasiet zich alleen ongeslachtelijk. In een bepaalde ontwikkelingsfase komen de jonge

parasieten in het bloed terecht, waar ze de rode bloedcellen opzoeken. Daar delen ze zich, tot de bloedcel uiteenvalt of te gronde gaat, om vervolgens opnieuw rode bloedcellen binnen te dringen, waar ze zich weer delen, et cetera.
Menselijke malaria kan slechts overgebracht worden door steekmuggen van het geslacht *Anopheles*. In Europa is het aantal soorten dat malaria overbracht gering (*A. superpictus, A. algeriensis, A. claviger, A. plumbeus* en soorten uit het *A. maculipennis* complex met 8 Europese soorten: *atroparvus, beklemishevi, labranchiae, maculipennis, martinus, melanoon, messeae,* en *sacharovi*) (WHO 1989). Onderstreept zijn de tot op heden uit Nederland bekende soorten. In Nederland is alleen *Anopheles atroparvus* als malariavector bekend. *A. atroparvus* is geassocieerd met relatief schoon, (zwak) brak water (Seventer 1969).
Om malaria in stand te houden moeten er behalve voldoende hoeveelheden geïnfecteerde malariamuggen ook voldoende malariapatiënten aanwezig zijn. Van het laatste is, gezien de staat van de medische zorg in Nederland, nu en in de toekomst geen sprake.
Het aantal meldingen van malaria is van 569 in 2001 naar 210 in 2007 teruggelopen en betrof meestal besmettingen opgelopen in Ghana en Nigeria (Rahamat et al. 2008).
Takken et al. (1999) komen op basis van onderzoek in Zuid-Holland tot de conclusie dat terugkeer van malaria in Nederland onwaarschijnlijk is. De redenen hiervoor zijn een lage dichtheid van *A. atroparvus* (vooral voldoende hoge dichtheden in het najaar), het gebrek aan geschikte brakke wateren en de afwezigheid van geschikte winterrustplaatsen voor de volwassen vrouwtjes. Stallen staan los van de woonhuizen en zijn goed geventileerd, waardoor er weinig donkere, vochtige schuilplaatsen beschikbaar zijn. Momenteel zijn deze condities niet gewijzigd en ook vernattingsprojecten zullen dit niet veranderen.

2.3.3 Blauwtong

In de tweede helft van 2006 trad een uitbraak van blauwtong bij schapen en runderen op in Noord-Europa (België, Frankrijk, Luxemburg, Nederland, Duitsland). De ziekte is vernoemd naar één van de symptomen, namelijk de blauwe tong die dieren kunnen krijgen. Deze verkleuring wordt veroorzaakt door cyanose. Naast schapen kunnen ook rundvee, geiten, dromedarissen, buffels en wilde herkauwers besmet worden met het blauwtongvirus. Blauwtong is niet overdraagbaar op mensen en vormt dus geen bedreiging voor de mens. Het blauwtongvirus wordt, voorzover bekend, verspreid door knutten van het geslacht *Culicoides*. Tot op heden zijn in onze streken 5 soorten als mogelijke vector ge-ïdentificeerd (*C. imicola*, *C. dewulfi, C. obsoletus, C. scoticus, C. pulicaris ss*). in de literatuur worden veel meer soorten als vector aangemerkt. De ontwikkelingen in de nabije toekomst zijn moeilijk te duiden. De mogelijkheid bestaat dat nog andere blauwtongvirustypen Nederland bereiken.

2.4 Huidige situatie

2.4.1 Gebiedstypen in het Groene Hart

In de laagveenregio van West Nederland liggen in de huidige situatie een aantal bebouwde en agrarische gebiedstypen die geschikt zijn voor de ontwikkeling van steekmuggen en knutten (Tabel 6).

Tabel 6. Voor steekmuggen en knutten relevante gebiedstypen in laag-Nederland.

hoofdgebiedstype	**gebiedstype**
geïsoleerd open water	diep met constant of wisselend peil, matig of voedselrijk
	ondiep met constant of wisselend peil, matig of voedselrijk
niet-geïsoleerd open water	diep met constant of wisselend peil, matig of voedselrijk
	ondiep met constant of wisselend peil, matig of voedselrijk
oeverzone	bergingsmoeras: diep of ondiep met wisselend peil (winter laag, zomer hoog), matig of voedselrijk
	bergingszone: diep of ondiep met wisselend peil (zomer laag, winter hoog), matig of voedselrijk
	natte natuur: diep of ondiep met constant peil, matig of voedselrijk
moeras	bergingsmoeras: zompige ondergrond, wisselend peil (winter laag, zomer hoog), matig of voedselrijk
	bergingsmoeras: zompige ondergrond, wisselend peil (zomer laag, winter hoog), matig of voedselrijk
	natuurmoeras: zompige ondergrond, constant peil, matig of voedselrijk
plas-dras	bergingsmoeras: stevige ondergrond, wisselend peil (winter laag, zomer hoog), matig of voedselrijk
	bergingsmoeras: stevige ondergrond, wisselend peil (zomer laag, winter hoog), matig of voedselrijk
	natuurmoeras: stevige ondergrond, constant peil, matig of voedselrijk
grasland	geen oppervlaktewater, hoge grondwaterstand, matig of voedselrijk
	geen oppervlaktewater, matig-lage grondwaterstand, matig of voedselrijk
	tijdelijk oppervlaktewater, hoge grondwaterstand, matig of voedselrijk
	tijdelijk oppervlaktewater, matig-lage grondwaterstand, matig of voedselrijk
bebouwde omgeving	bergingswater: permanent oppervlaktewater, wisselend peil, matig of voedselrijk
	permanent oppervlaktewater, wisselend of constant peil, afgesloten van daglicht, matig of voedselrijk
	tijdelijk oppervlaktewater, wisselend peil, matig of voedselrijk
	onvoorzien oppervlaktewater, zeer sterk wisselend peil, matig of voedselrijk
begroeiing	kaal
	kort
	opgaand, ruigte
	struiken
	bos met ondergroei
	bos zonder ondergroei

Voor de natuurgebieden in deze regio zijn de natuurdoeltypen bekend en deze typen zijn goed te koppelen aan de voor steekmuggen en knutten relevante gebiedstypen (Tabel 7).

Tabel 7. Koppeling van natuurdoeltypen en gebiedstypen.

natuurdoeltype	gebiedstype
Grasland en klein open water	
trilveen	moeras
nat schraalland	grasland
dotterbloemgrasland van veen en klei	plas-dras
bloemrijk grasland van het zand en veengebied	grasland
bloemrijk grasland van het klei gebied	grasland
nat matig voedselrijk grasland	grasland
Moeras, struweel en groot open water	
moeras	moeras
natte strooiselruigte	plas-dras
wilgenstruweel	plas-dras
kanaal, vaart en boezemwater	open water
petgat	open water

Het voert binnen dit kader te ver om voor het Groene Hart een locatiespecifieke risicoanalyse uit te voeren. Echter met de identificatie van de huidige gebiedstypen en de risicoanalyse in Tabel 5 zou het wel mogelijk zijn dergelijke locatiespecifieke uitspraken te doen.

2.4.2 Kennis van verspreiding en overlast van steekmuggen en knutten in Nederland

De steekmuggen zijn een weinig bestudeerde familie van insecten in Nederland. De belangrijkste onderzoeken dateren uit de eerste helft van de vorige eeuw en waren gericht op de malariamug en haar bestrijding. Het verdwijnen van malaria uit Nederland in de jaren vijftig van de vorige eeuw liet zien dat de hoge dichtheden aan malariamuggen sterk terugliepen als gevolg van de toepassing van insecticiden, de vermindering van het aantal varkens- en paardenstallen (potentiële overwinteringsplaatsen), een dichtere kroosgroei (eutrofiëring werkt negatief in op de larvale habitats), het mechanisch schonen van slootoevers, het verdwijnen van sloten door verstedelijking en het gebruik van anionische detergenten. Opvallend was dat de ontzilting pas na de teruggang van de malariamug optrad (Seventer 1969). Over aantallen larven in de aquatische milieus is niets bekend. Wel spreekt Swellengrebel (1937) van dichtheden van volwassen malariamuggen in de orde van >1000 per stal. Bij een vergelijkend onderzoek in hoogveenrestanten in Nederland troffen Verdonschot et al. (1988) >100 larven per appelmoeszeef schep over een lengte van 20 cm water aan in delen van het Korenburgerveen, de Goote Peel en de Mariapeel. Meer gekwantificeerd zijn met dezelfde methode in 1987 tot 238 Culex-larven aangetroffen in Nieuw-Velp Zuid (Schmidt & ten Cate 1989) en in 1997 zijn tot 1460 *Aedes*-larven aangetroffen in de Starnumanbossen (van den Hoek 1998). In de Engbertsdijksvenen zijn tot 207 *Aedes*-larven per schep aangetroffen (Verdonschot et al. 1988). De onderzoeken naar het optreden van steekmuggenplagen in alle genoemde gebieden en het recente onderzoek naar de plaag op Schiermonnikoog (Verdonschot 2008) komen in zoverre allen overeen in het feit dat de waarnemingen aan aantallen steeds na de plaag zijn verricht. Tijdens de piek van de steekmuggenplaag in de

Engbertsdijksvenen zijn circa 165 volwassen vrouwtjes per 10 minuten met de 'human bait' techniek gevangen. Met de emergentievallen zijn in 1988 (Schmidt & van Haren 1988) tot circa 12400 individuen per m^2 gevangen. Een landelijk overzicht van het voorkomen van steekmuggen en kennis over achtergrondaantallen ontbreken.
De knutten zijn wat de larvale stadia betreft een niet bestudeerde groep van insecten in Nederland. Ook de aandacht voor de volwassen dieren is schaars, behalve recente onderzoeken in verband met de uitbraken van blauwtong. Op dit moment ontbreekt zowel de taxonomische, geografische en ecologische kennis om met enige zekerheid uitspraken over de knutten te doen.

2.4.3 Kennis van steekmuggen en knutten in het Groene Hart

In de eco-atlas van de Nederlandse waterorganismen (Stowa 1997) is slechts 1 soort steekmug opgenomen, namelijk *Culex pipiens*, en geen knutten. De opgaven van *Culex pipiens* omvatten slechts 1 vindplaats in het Groene Hart. Gezien het veelvuldig voorkomen van deze en andere soorten blijkt dat de routinematige monitoring uitgevoerd door de regionale waterbeheerders onvoldoende is om een beeld op te bouwen van de eventuele aanwezigheid en dichtheden van steekmuggen en knutten.
In de Macrofauna-atlas van Noord-Holland (Steenbergen 1993) staat 1 vindplaats van het genus *Aedes* met > 90 exemplaren per monster, circa 35 vindplaatsen van *Anopheles* met altijd 1-12 (1 maal 13-90) exemplaren, 2 vindplaatsen met 1-12 exemplaren van *Coquillettidia*, 4 vindplaatsen met 1-12 exemplaren en 1 vindplaats met >90 exemplaren van *Culex* en tenslotte 1 vindplaats met 1-12 exemplaren en 1 vindplaats met 13-90 exemplaren van *Culiseta*. Daarnaast zijn een zeer hoog aantal vindplaatsen met een variabel aantal exemplaren van de Ceratopogonidae (knutten) als familie vermeld. De informatie betreft het voorjaars- en zomermonster per vindplaats van 1 jaar. De meer intensieve inventarisatie waarop de macrofauna-atlas is gebaseerd heeft waarschijnlijk voor de genera *Anopheles* en *Coquillettidia* en de familie van Ceratopogonidae een iets beter beeld opgeleverd. Echter ook deze inventarisatie betrof bemonsteringen van grotere open oppervlaktewateren en geen moeras of plas-dras situaties. Het geeft wel aan dat alle eerder genoemde steekmuggen en knutten nu al in het Groene Hart voorkomen.

3 Autonome ontwikkeling met klimaatverandering

3.1 Klimaatverandering in Nederland

Het wereldklimaat is in de loop van de 20e eeuw veranderd. De wereldgemiddelde luchttemperatuur aan het aardoppervlak is sinds 1860 met ongeveer 0,6°C toegenomen. Zo'n sterke, snelle opwarming is de laatste duizend jaar waarschijnlijk niet eerder voorgekomen.
Het IPCC geeft in haar derde rapport (2001) een redelijk betrouwbare voorspelling voor de temperatuur gemiddeld over de gehele aarde voor de komende eeuw. Zonder klimaatbeleidsmaatregelen verwacht het IPCC voor de komende eeuw:

- een stijging van de wereldtemperatuur met 1.4 tot 5.8°C;
- een toename van de hevigheid van regenbuien.

Op basis van dit IPCC rapport heeft het KNMI drie klimaatscenario's opgesteld. De verwachte effecten op het weer zijn weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8. KNMI klimaatscenario's voor Nederland in 2100 op basis van het derde IPCC rapport (KNMI 2003). Het jaarlijks maximum van de 10-daagse neerslagsom geeft een indruk van de hevigheid van de extreme neerslag. De herhalingstijd van de 10-daagse winterneerslagsom geeft een indruk van de kans op extreme neerslag.

	lage schatting	**centrale schatting**	**hoge schatting**
temperatuur	+ 1 °C	+ 2 °C	+ 4 tot 6 °C
gemiddelde zomerneerslag	+ 1 %	+ 2 %	+ 4 %
zomerverdamping	+ 4 %	+ 8 %	+ 16 %
gemiddelde winterneerslag	+ 6 %	+ 12 %	+ 25 %
jaarlijks maximum 10-daagse winterneerslagsom	+ 10 %	+ 20 %	+ 40 %
herhalingstijd van 10-daagse som die nu eens per eeuw voorkomt	47 jaar	25 jaar	9 jaar
zeespiegelstijging	+ 20 cm	+ 60 cm	+ 110 cm

Het KNMI stelde in 2003 dat een stijging van de wereldgemiddelde temperatuur met 1.4 tot 5.8 graden in honderd jaar waarschijnlijk in de afgelopen tienduizend jaar niet eerder is voorgekomen. De rekenmodellen van de atmosfeer zijn echter nog niet goed in staat om regionale klimaatvoorspellingen te doen, dus we kunnen daarover weinig met zekerheid zeggen. Een mogelijk scenario voor Nederland voor de rest van de 21e eeuw schetst het KNMI in zijn derde klimaatrapportage (1999):

- stijging van de temperatuur vergelijkbaar met die van het wereldgemiddelde,
- verkorting van de duur van strenge winters,
- meer neerslag in de winter (6% per graad Celcius) met toename van enkele procenten per graad warmer,
- intensievere regen in situaties met langdurige hevige winterneerslag,
- zwaardere buien in de zomer .

In het klimaatrapport van 2003 stelt het KNMI (2003) verder:

- een toename van de kans op perioden met extreme neerslag;

- een vergroting van de kans op natte jaren;
- een kleine toename van de gemiddelde zomerneerslag (1% per graad Celcius) met tegelijk een sterkere toename van de verdamping in de zomer, met grotere kans op verdroging;
- een toename van de kans op lokale wateroverlast, ook in de zomer als gevolg van de toename van de kans op hevige lokale buien.

Het is opmerkelijk dat recente jaren (1995, 1997, 1998, 2001, 2002, 2006 en 2007) in ieder geval de warmste jaren waren sinds 1860 en waarschijnlijk zelfs in de afgelopen duizend jaar (KNMI 2003). Daarbij zijn de jaren 2006 en 2007 de warmste sinds het begin van de Nederlandse metingen in 1706 geweest (KNMI 2008). In de laatste 20 jaar van de 20e eeuw was de gemiddelde wintertemperatuur in de Bilt 3.3°C, hetgeen beduidend hoger is dan het langjarig gemiddelde van 2.5°C over de periode 1881-2000. Door de temperatuurstijging is de bedekking van de aarde met sneeuw en ijs afgenomen. De hoeveelheid neerslag op gematigde en hogere breedten is toegenomen. De neerslag vertoonde van 2003 tot 2007 net als in andere perioden een grote variabiliteit. In de afgelopen vijf jaar zijn 2004 en 2007 nat geweest, terwijl 2003 een droog jaar was. De jaren 2005 en 2006 waren gemiddeld (KNMI 2008). Uit waarnemingen van de vegetatie blijkt dat wereldwijd de lengte van het groeiseizoen is toegenomen. Al deze feiten wijzen op een opwarming van het wereldwijde klimaat.

Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), opererend onder de vlag van het United Nations Environment Program (UNEP) en van de Wereld Meteorologische Organisatie (WMO), stelt dat het zeer waarschijnlijk is dat een deel van de opwarming sinds de tweede helft van de twintigste eeuw door menselijk handelen is veroorzaakt. Sterker nog, waarschijnlijk komt het merendeel van de opwarming op rekening van de mens. De uitstoot van broeikasgassen, zoals CO_2, maar ook andere gassen zoals methaan en lachgas, versterken het natuurlijke broeikaseffect, waardoor de aarde opwarmt.

Recent onderzoek van het KNMI geeft aan dat de opmerkelijk warme periode aan het eind van de twintigste eeuw in Nederland deels samenhangt met de wereldwijde opwarming. Ongeveer de helft van de opwarming sinds de jaren '60 kan hiermee verklaard worden, de andere helft hangt samen met de grilligheid van het Nederlandse klimaat. Nederland is sinds 1950 twee keer zo snel opgewarmd als de wereldgemiddelde temperatuur. De temperaturen van herfst 2006, winter 2007 en voorjaar 2007 zijn - zelfs als we rekening houden met de snellere opwarming van Nederland - uitzonderlijk grote afwijkingen boven de trend.

In de (late) zomer is de Nederlandse kust de laatste 5 jaren gemiddeld natter dan de rest van het land gebleken (KNMI 2008). Ook in de afgelopen zomers is een paar keer sprake geweest van overvloedige regenval en wateroverlast in kustprovincies. Naast die uitzonderlijke regenval waren er ook een paar heel droge perioden. Het warme Noordzeewater blijkt de zomerse neerslag aan de kust te kunnen versterken. Naarmate Nederland verder opwarmt, zal dat effect sterker worden. De droge zomer van 2003 was niet zo uitzonderlijk: zulke droge jaren zijn er zo af en toe in Nederland. Maar droogte zoals in het voorjaar van 2007 is nog nooit gezien. Dit leidde echter niet tot een record droge zomer, want de droge periode was al voorbij toen de zomer begon (KNMI 2008).

Door thermische uitzetting en het smelten van gletsjers en ijskappen zal de zeespiegel gaan stijgen, de IPCC verwachting ligt tussen 9 en 88 cm (vergelijk de verwachting van

het KNMI van +20-110 cm; Tabel 8). De relatieve bijdrage is ca. 75% thermische uitzetting, 35% afsmelten gletsjers, en 10% door smeltend ijs op Groenland (KNMI 2001). Doordat de oceanen maar heel langzaam in evenwicht komen met het veranderende klimaat, zal de zeespiegelstijging nog lang (eeuwen) na-ijlen, ook in de scenario's waarin de broeikasgasconcentraties zich stabiliseren.
Door de zeespiegelstijging in combinatie met de afname in rivierafvoer in de zomer, zal het zoute zeewater verder de mondingsgebieden van de rivieren indringen. Dit zal nadelige gevolgen hebben voor drinkwaterinname en landbouw. De verwachting is dat vooral de frequentie van een zout of extreem zout jaar (ver opdringende zouttong in de rivieren) zal toenemen. De duur van de periode waarin het water niet kan worden gebruikt zal verdubbelen (MNP 2005). Door de zeespiegelstijging zal ook de zoute kweldruk toenemen, dit is vooral een probleem in diepe polders in het westen van het land.
De klimaatprojecties in het Rijnstroomgebied impliceren een toename van de gemiddelde afvoer van de Rijn in de winter, en een afname in de zomer. De grotere afvoer in de winter geeft kans op overstromingen. De afname in de zomer kan leiden tot een afname in waterkwaliteit, vooral in systemen waarop effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties geloosd wordt (Senhorst & Zwolsman 2005).
De klimaatveranderingen zullen ook gevolgen hebben voor het landgebruik. Hogere temperaturen, nattere winters en drogere zomers zullen leiden tot wijzigingen in ruimtelijke ordening, grondgebruik en gewasteelten.

3.2 Gevolgen klimaatverandering voor steekmuggen en knutten

Samenvattend uit zich klimaatverandering in Nederland in:

- een temperatuurstijging van 4 tot 6ºC over de komende 100 jaar
- een intensivering van de neerslag in de winter
- langere droge perioden in de zomer
- meer en meer langdurige extreme zomerbuien
- verzilting in de kustgebieden
- grotere kans op overstromingen
- versterking van de eutrofiëring
- wijzigingen in landgebruik

2.1.1.1.17 Opwarming

Het warmere klimaat leidt bij alle steekmuggen tot een verkorting van de levenscyclus. De soorten met meerdere generaties per jaar kunnen ook meerdere cycli voltooien. Dit leidt tot verhoging van de aantallen, vooral aan het einde van de zomer.
De warmere klimaatomstandigheden dragen daarnaast bij aan een verhoogde kans op vestiging van nieuwe zuidelijke soorten, zoals de tijgermug, in Nederland. Dergelijke generieke processen staan los van de vernattingsopgaven.

2.1.1.1.18 Winterneerslag

Een verhoging van de neerslag in de winter leidt tot vernatting van veel gebiedstypen in het (vroege) voorjaar. Dit leidt tot vergroting van het areaal waar vooral moerassteekmuggen gebruik van maken.

2.1.1.1.19 Zomerdroogte

In de zomer leidt verdroging van tijdelijke aquatische milieus en moerassen tot een sterke inkrimping van het zomerareaal van steekmuggen. Tegelijkertijd leidt verdroging echter tot het verdwijnen van niet alleen de steekmuggen maar ook de predatoren. Afhankelijk van de herkolonisatie mogelijkheden kan verdroging in navolgende jaren daarom juist een steekmuggenbevorderend effect hebben.

2.1.1.1.20

2.1.1.1.21 Zomerneerslag

De tijdelijke nattere zomerperioden zullen in het voordeel werken van steekmuggen, vooral van huissteekmuggen en boomholtesteekmuggen. Er worden, bij vaak hoge temperaturen, veel zeer tijdelijke natte milieus gevormd. In deze habitats kunnen huis- en boomholtesteekmuggen zich snel vermeerderen.

2.1.1.1.22 Verzilting

De verzilting kan leiden tot uitbreiding van het brakwater-areaal. Verbrakking kan leiden tot een toename van het areaal van de malariamug *Anopheles atroparvus*. Dit betekent niet dat daarmee de kans op het optreden van malaria vergroot wordt. Ten eerste vanwege het (nagenoeg) ontbreken van de parasiet en ten tweede omdat het areaal aan overwinteringsplekken laag is.

2.1.1.1.23 Overstromingen

Inundaties van beken en rivieren leiden tot het ontstaan van tijdelijke aquatische milieus. Dergelijke milieus kunnen zowel voor de in het voorjaar talrijk optredende *moeras*steekmuggen of in de zomer optredende huis- en boomholtesteekmuggen gunstig zijn. Tijdelijke overstromingsvlakten bezitten vaak een lage dichtheid aan predatoren.

2.1.1.1.24 Eutrofiëring

Klimaatverandering heeft ook gevolgen voor de nutriëntencycli in en rond oppervlaktewateren. De temperatuurtoename leidt, vooral in het voorjaar, tot een verhoging van de denitrificatie en daarmee een lagere stikstofbelasting en tot een toename van de interne fosfaatbelasting. Dit leidt weer tot een verhoging van de algenproductie. De afname van ijsbedekking leidt tot verminderde resuspensie en dus een toename van de productie. Omgekeerd leidt het ontbreken van sneeuw en smeltwater tot een vermindering van de afspoeling en daarmee tot een vermindering van de nutriëntenbelasting. Intense zomerbuien en verhoogde winterneerslag daarentegen leiden tot een verhoogde afspoeling en een vergrootte nutriëntenvracht. Het vaker optreden van zomerdroogte kan leiden tot verlenging van de verblijftijd en

veraarding (= het afbreken van het organisch of venig materiaal in de opgedroogde bodem) van de oeverzones, en daarmee verhoging van de eutrofiëringeffecten. Samenvattend leidt klimaatverandering vaker tot versterking van de eutrofiëring en het verhoogt daarmee het voedselaanbod voor eventueel aanwezige steekmuggen.

2.1.1.1.25 Landgebruik

Klimaatverandering heeft ook een doorwerking op het landgebruik. Hoe deze doorwerking gaat verlopen is moeilijk te beschrijven. Zowel extensivering, teeltwijziging als intensivering zouden kunnen optreden. Afhankelijk van het landgebruik kunnen zowel meer als minder potentiële steekmuggenmilieus ontstaan. Wanneer het landgebruik gepaard gaat met hogere grondwaterstanden is dit van positieve invloed op de ontwikkeling van knutten.

3.3 Nieuwkomers

Naast de bestaande kennis van de in Nederland voorkomende steekmuggen zijn er enkele soorten die mogelijk als gevolg van klimaatverandering Nederland kunnen bereiken en in deze context relevant zijn, namelijk de boomholtesteekmuggen *Aedes aegypti, A. japonicus* (Medlock et al., 2005) en *A. albopictus* (tijgermug). Deze soorten zijn recent in Europa aangetroffen en *A. japonicus* en *A. albopictus* hebben zich succesvol gevestigd. *A. aegypti* komt in Europa alleen voor op Madeira. Het oorspronkelijke habitat van deze soorten zijn met water gevulde boomholten, vandaar dat ze aangeduid worden als boomholtesteekmuggen.
Aedes albopictus komt van nature voor van het noorden van China en Japan tot in tropisch zuid-oost Azië, de Pacific en naar het westen tot in Madagaskar. De soort is inmiddels geïntroduceerd in Noord- en Zuid-Amerika, Afrika, Australië en Europa (Albanië, Italië en Frankrijk; Eritja et al. 2005), Spanje (Aranda et al. 2006), Zuid-Zwitserland en Griekenland (Samanidou et al. 2005). Een belangrijke verspreidingsvector is het zogenaamde 'lucky bamboo' (*Dracaena spp.*); een kamerplant. In België is in 2004 melding gemaakt van een tijgermugpopulatie in een bandenopslag van een recyclingbedrijf in Oost-Vlaanderen in 2000. Het bedrijf importeerde banden uit de Verenigde Staten en Japan, waarmee de tijgermug waarschijnlijk naar Europa is gekomen. De lokale omstandigheden waren blijkbaar zo geschikt dat de tijgermug er zich wist voort te planten. De populatie is inmiddels weer verdwenen, waarschijnlijk als gevolg van de lage wintertemperaturen. De uitbraak van het Aziatische Chikungunyavirus in Italië in 2007 is hoogst waarschijnlijk veroorzaakt door de tijgermug na infectie van een uit India gearriveerde man. De waarnemingen in Nederland betreffen dieren meegekomen met het 'lucky bamboo'. De aantallen zijn het laatste jaar scherp gedaald en er zijn geen aanwijzigingen voor vestiging van de soort in Nederland (Takken mond. med.). Het RIVM heeft onlangs een studie afgesloten waaruit blijkt dat er geen mensen met een door *A. albopictus* overgedragen pathogeen besmet geraakt zijn (Takken mond. med.).
De tijgermug (*A. albopictus*) is een boomholtebewoner die zich echter in bebouwde gebieden ontwikkelt in allerlei kleine waterpartijen zoals blikjes, autobanden, vogelbadjes, emmers en dergelijke. Een extra stimulans is aanwezig wanneer deze tijdelijke wateren ook ingewaaid en of gevallen blad bevatten, hetgeen leidt tot water

met een chemische samenstelling die vergelijkbaar is met een boomholte. De volwassen dieren houden zich in de opgaande vegetatie op. Het is een soort die zich snel aan allerlei milieus kan aanpassen. *A. albopictus* kan echter ook voorkomen in niet-bebouwde gebieden zoals kustgebieden, landbouwkundige gebieden, natuurlijke en aangeplante bossen, watergangen, wetlands enzovoorts (Eritja et al. 2005).
A. albopictus is een agressieve steekmug (30 tot 48 steken per uur; Cancrini et al. 2003) die overdag steekt (mensen, zoogdieren, vogels, reptielen, amfibieën); zowel binnen- (Novak 1992) als buitenshuis (Eritja et al. 2005). De volwassen dieren voeden zich met plantennectar (Lutz 2002). De volwassen vrouwtjes zuigen bloed. De vrouwtjes zetten droogteresistente eieren (150-250 per legsel) af boven het wateroppervlak, vooral op verticale randen van donkere ronde oppervlakken (Novak 1992). Een volwassen vrouwtjes zet in totaal 1-4 legsels af (ISSG 2004). In Japan en Noord-Amerika treedt de voortplanting op van de late lente tot en met de vroege herfst. Bij regen stijgt het waterpeil en kunnen de eitjes tot ontwikkeling komen. In Rome zijn larven gevonden van maart tot november, maar actieve vrouwtjes tot december (Eritja et al. 2005). De eitjes in koudere streken zijn meer resistent tegen lagere temperaturen dan die van warme streken (Eritja et al. 2005). In de koudere streken indiceren een korte daglengte (fotoperiode) en een lagere temperatuur bij de vrouwtjes het leggen van eieren die in diapauze gaan (Hanson & Craig 1995). Risicogebieden in Europa hebben een gemiddelde wintertemperatuur van >0°C, minimal 500 mm neerslag per jaar en een temperatuur van >20°C tijdens warme maanden (Eritja et al. 2005). De larven ontwikkelen zich in 5 tot 10 dagen afhankelijk van de temperatuur tot een pop. het popstadium duurt 2 dagen. De volwassen dieren hebben een kleine actieradius en ze vliegen niet bij sterke wind.
Aedes aegypti en *A. japonicus* hebben beide een zeer vergelijkbare ecologie als *A. albopictus*.
A. aegypti en *A. albopictus* treden beide als vector op voor ziekten zoals Dengue, West Nijl en Japanse encephalitis. Daarnaast zijn verspreidingen bekend van Gele koorts, Rift Valley, Chikungunya, Sindbis, Israelisch kalkoen virus, Tahyna, Batai, Jamestown Canyon, Keystone, LaCrosse, Potosi, Cache Valley en Tensaw virus en Equine encefalitis.
Aedes japonicus is afkomstig uit Azië en breidt zich momenteel uit over N. Amerika.. Er is minder bekend over de gezondheidsrisico's die deze soort kan veroorzaken, maar wordt gezien als vector voor Japanse encefalitis onder varkens. Onder experimentele omstandigheden wordt het virus ook overgedragen op muizen. Daarnaast blijkt dat het virus ook aan de volgende generatie via de eieren en larven wordt doorgegeven. *A. japonicus* kan ook optreden als tussengastheer voor West-Nijl en St. Louis encefalitis virus.
Momenteel gaat de zorg meer uit naar de komst en vestiging van de vectoren dan van het uitbreken van ziekten (med. M. Koopmans, RIVM; Takken 2008), omdat met de vestiging van deze nieuwkomers nog niet zeker is of ook de ziekteverwekkers zich gaan vestigen. De risicosleutel voor boomholtesteekmuggen is in Tabel 4 opgenomen.

3.4 Gevolgen voor de gezondheid

Met de komst van enkele nieuwe boomholtesteekmuggen zouden ook bepaalde ziekten overgebracht kunnen gaan worden. De infecties die mogelijk in Europa gaan voorkomen en ziekteverwekkend zijn bij de mens dienen echter Nederland dan ook te bereiken en levensvatbaar te blijken. Met een verschuiving van de grenzen van het tropische klimaat is het echter niet ondenkbaar dat de (sub)tropische ziekten zullen volgen. Ziekten zoals Malaria (geen virusziekte maar een parasiet), West-Nijl en Dengue, die worden overgebracht door geïnfecteerde muggen, steken steeds vaker de kop op in gebieden waar ze tot voor kort niet voor kwamen en kunnen zich naar voorheen te koude streken uitbreiden (WHO 2004). Hubálek (2007) noemt drie exotische virussen die incidenteel in Europa worden geïmporteerd (Chikungunya, Dengue en Gele koorts). Takken (mond. med.) noemt voor Nederland als nieuw en serieus te nemen virussen Chikungunya, Dengue, Phlebo (=Rift Valley), West-Nijl en Ockelbo. Takken (mond. med.) betwijfelt of Gele koorts ooit terugkeert naar Europa. *Aedes aegypti* is niet langer in Europa aanwezig en de laatste grote epidemieën waren in Spanje rond 1870. Giessen et al. (2004) noemen voor Europa: Phlebo, Gele koorts, Dengue, Japanse encephalitis, West-Nijl, Equine encephalitis (=het oostelijk, westelijk en Venezuelaans virus), Sinbis en Ross River.
Relevant als ziekteverwekker zijn in ieder geval West-Nijl, Dengue, (Chikungunya), Rift Valey en Equine encephalitis. De West-Nile virusinfectie is sinds dit jaar meldingsplichtig (Rahamat 2008).
In Tabel 9 zijn de nieuwe voor Europa relevante virussen in een samenvattend, echter nog ten dele onvolledig, overzicht weergegeven.

Tabel 9. Overzicht van relevante virussen per familie (kolom 1), nieuw in Europa (kolom 2), het reservoir oftewel de dierlijke drager (kolom 3) en de tussengastheer (kolom 4). De virussen zijn in Bijlage 3 nader beschreven.

virus	**inheems/exoot in west-Europa**	**reservoir**	**tussengastheer (alleen de Europese genera)**
Bunyavirus (Bunyaviridae) Californische encefalitis groep		knaagdieren, haasachtigen	*Aedes, Anopheles, Culex, Culiseta*
La Crosse	exoot (N. Amerika)	eekhoorns	*Aedes triseriates*
Phlebo (Rift Valley)	exoot (Afrika, Midden-Oosten)	schapen, geiten, zangvogels, kleine zoogdieren	*Aedes, Culex*
Snowshoe hare	exoot		
Flavivirus (Flaviviridae)			
West-Nijl	exoot/inheems (Afrika, Azië, Amerika en in Europa: Roemenië, Rusland)	vogels, mensen	*Culex, Aedes, Anopheles, Ccquilettidia*
Dengue (knokkelkoorts)	exoot (tropisch Afrika, Amerika, Azië en 1-maal endemisch in Griekenland in 1928)	apen, mensen	*Aedes (aegypti, albopictus)*

Gele koorts (Europees?)	exoot (tropisch Afrika, Z. Amerika)	apen, steekmuggen	*Aedes (aegypti)*
Japanse encephalitis	exoot (ZO Azië, Australië)	gewervelden, steekmuggen	*Aedes, Anopheles, Culex*
Usutu (alleen op dieren)	exoot/inheems		
Togavirus (Togaviridae)			
Chikungunya	exoot (tropisch Afrika, Azië)	apen, mensen	*Aedes*
Ross river	exoot (Australië, zuidelijke Pacific)	allerlei	*Culicidae*
Equine encefalitis	exoot (Amerika, Azië)	paarden, vogels	*Aedes, Culex*
Reoviridae			
blauwtongvirus (catarrhaalkkoorts)	exoot/inheems sinds 2006	herkauwers	*Culicoides*
paardenpest (Orbivirus)	exoot (Afrika, Spanje 1996)	paarden	*Culicoides*

4 Toekomstige ontwikkelingen met vernattingsopgaven

4.1 Vernattingsopgaven

In de laagveenregio van West Nederland liggen een aantal vernattingsopgaven die de komende jaren vorm gaan krijgen en waarbij herinrichting en ander beheer van land en water aan de orde zijn. Het betreft maatregelen die:

- De bodemdaling als gevolg van inklinking van de veengrond moet tegengaan.
- Het watersysteem robuuster en minder faalgevoelig maken en veilig houden.
- Meer gebiedseigen water bufferen in de regio.
- De waterkwaliteit te verbeteren (ondermeer in het kader van de KRW).
- De verdroging van belangrijke natuurgebieden structureel verminderen (TOP-gebieden).
- Nieuwe natuur aanleggen, zowel in het kader van de Ecologische Hoofdstructuur als van de robuuste verbinding 'De Groene Ruggengraat'.

Bij veel van deze opgaven zal vernatting aan de orde zijn. Vernatting zal geschieden door het nemen van maatregelen:

- Het gemiddeld verhogen van slootpeilen.
- Het instellen van een ander peilregime.
- Het inrichten van nieuwe boezems.
- Het aanleggen van grasland of moeras gerelateerde natuur.

4.2 Effecten op steekmuggen en knutten

Met de realisatie van deze vernattingsopgaven zullen naar verwachting niet zozeer nieuwe gebiedstypen ontstaan, maar zullen de aandelen van de nu aanwezige gebiedstypen veranderen (zie Tabel 6). Afhankelijk van de mate van verschuiving kunnen gebiedstypen die drager zijn van bepaalde steekmuggen- en knuttenpopulaties in oppervlak toenemen of afnemen.

4.3 Vernatting en gezondheid

Om een beeld te kunnen geven van het effect van mogelijke veranderingen in de afgelopen jaren in verband met steekmuggen en knutten op de volksgezondheid en de gezondheidsrisico's spelen vier belangrijke zaken:

- De aan steekmuggen en knutten gerelateerde gezondheidsrisico's.

Tot op heden worden de in West-Europa door steekmuggen overgedragen virussen en andere ziekteverwekkers niet als een groot gezondheidsprobleem (h)erkend. Een groot aantal van de genoemde virussen brengen geen grote risico's mee. Ziektegevallen veroorzaakt door het Sindbisvirus en ziekte en sterfgevallen veroorzaakt door het

West-Nijlvirus zijn wel aanleiding om meer kennis te verzamelen ten aanzien van de ecologie, epidemiologie en medisch belang hiervan (Lundstrom, 1999).

- De huidige en toekomstige verspreiding van vectoren.

Steekmug gerelateerde uitbraken van ziekten worden bepaald door de aanwezigheid en of import van de geschikte vector. Verschillende ecologische factoren vergroten de kans op het optreden van de ziekten:

  - aanwezigheid van geschikte leefmilieus voor de betreffende steekmug(gen) en knutten, zoals wetlands, poeltjes, vochtige ruimten
  - (voor het virus) geschikte zomertemperaturen
  - intense neerslag in de zomer en tijdelijke overstromingen
  - het voldoende talrijk aanwezig zijn van de vector (het virus)
  - het aanwezig zijn van het reservoir of de gastheer (veelal vogels of zoogdieren)

Het intensiever internationale verkeer en de globale uitwisseling van goederen heeft geleid tot een vergrote verspreiding van vectoren in Europa (WHO 2004). De tijgermug *Aedes albopictus* is hiervan een goed voorbeeld van een soort die zich in Nederland kan vestigen. Dergelijke nieuwe soorten kunnen infectieziekten meebrengen of effectievere vectoren zijn voor al bestaande ziekten. Zo is de inheemse *Aedes vexans* een potentiële vector voor het Phlebovirus (WHO 2004). Introductie van het virus in Europa maakt bij aanwezig zijn van vectoren een snelle verspreiding naar ook Nederland mogelijk.

- De bijdrage van klimaatverandering aan gezondheidsrisico's (autonome ontwikkeling).

Klimaatverandering zal bijdragen aan de vergroting van het gezondheidrisico omdat het ruimte biedt aan de vestiging van nu nog meer zuidelijk voorkomende soorten en infectieziekten. Door de globalisering en klimaatverandering is monitoring en nadere risicobeoordeling daarom noodzakelijk.

- De bijdrage van vernatting aan gezondheidsrisico's.

De relatie tussen vernatten en nieuwe ziekten of tussengastheren is moeilijk aan te geven. De tijgermug zal bijvoorbeeld veel meer het habitat van de huissteekmug bezetten. De verspreiding van voor Nederland nieuwe gastheersoorten door Europa en het bereiken van Nederland staat echter los van de vernattingopgaven. Gebieden zoals de laagveenregio van het Groene Hart in zijn huidige vorm herbergen in ruime mate gebiedstypen die bij klimaatverandering ruimte kunnen bieden aan zich in die regio nieuw vestigende gastheersoorten die drager kunnen zijn of worden van menselijke ziekten en dierziekten. Belangrijk in dit verband is de vraag in hoeverre vernattingsopgaven hieraan extra zullen bijdragen. Het is wel waarschijnlijk dat vernattingsopgaven waarbij met inrichting en beheer geen rekening is gehouden met het voorkomen van steekmuggen en knutten, de 'overlast' zal kunnen toenemen.

5 Mitigerende maatregelen

5.1 Inleiding

Bij het overwegen van het nemen van herinrichtings-, beheers- of bestrijdingsmaatregelen voor steekmuggen is de relatie met de levensstrategie van deze dieren van belang. Steekmuggen en knutten hebben een r-levensstrategie. Dit betekent dat zij snelle groeiers zijn met een korte levensduur, ze investeren veel energie in de reproductie en produceren veel eieren. Het broed wordt niet verzorgd, waardoor de sterfte hieronder hoog is. Deze levensstrategie is aangepast aan het leven in instabiele milieus (bijvoorbeeld pionierstadia, storingssituaties). Onder natuurlijke omstandigheden zijn steeds ontwikkelingstendensen (successie) aanwezig die de rol van r-strategen doen afnemen ten gunste van de zogenaamde K-strategen door directe wijzigingen in het biotische milieu (het optreden van concurrenten, voedsel, natuurlijke vijanden, en dergelijke) en indirecte in het abiotische milieu (fysische en chemische factoren).
Bij het nemen van maatregelen ten opzichte van steekmuggen dient gebruik gemaakt te worden van deze kennis. Dit kan op indirecte wijze door herinrichting en beheer of op directe wijze door bestrijding. Zowel de bestrijding als het beheer zijn onder te verdelen in een fysische, chemische en biologische component. Bestrijding richt zich direct op de steekmuggen- of knuttenpopulatie en beoogt deze te decimeren, een korte-termijnbenadering aangezien het milieu blijft bestaan en de populatie zich kan herstellen. Herinrichting grijpt in op het habitat (structuur) van de populatie en wijzigt deze, een lange-termijnbenadering waarbij de populatie niet kan terugkeren. Beheer zit hier vaak tussenin. In het algemeen geldt steeds dat voor een verantwoord ingrijpen of bijsturen de (auto-)ecologische kennis van de onderhavige soort(en) en hun milieu noodzakelijk is.

5.2 Herinrichting

Klimaatverandering kan tot gevolg hebben dat het leefmilieu van (groepen van) steekmuggen en knutten wordt bevorderd. Maar bij het nemen van mitigerende maatregelen staat echter altijd voorop 'het voorkomen van situaties waar massale ontwikkeling kan plaats vinden'. Voor een verantwoorde herinrichting geldt daarbij dat kennis van de ecologie van mogelijk optredende soort(en) steekmuggen en of knutten noodzakelijk is om een locatiespecifieke risicoanalyse vooraf mogelijk te maken.
Bij de herinrichting van gebieden is vooraf vaak sprake van een vraag naar het potentieel optreden van steekmuggen en knutten. Ten aanzien van de relatie tussen steekmuggen en knutten en herinrichting zijn op hoofdlijnen de volgende fysische, chemische en biologische componenten te onderscheiden.

2.1.1.1.26 Fysische factoren

Bij het herinrichten van natte gebieden wordt altijd ingegrepen op de fysische omstandigheden van het terrein en het houdt bijna altijd een wijziging van de structuur

van het aanwezige ecosysteem in. Ten aanzien van ontwikkeling van steekmuggen en knutten zijn hierbij twee uitersten mogelijk. Enerzijds het voorkómen of verminderen van het ontstaan van oppervlaktewater (vooral tijdelijke aquatische milieus) en anderzijds het volledig en permanent onder water zetten (van delen) van een gebied. Dit zijn vaak doeltreffende methoden gebleken om omvangrijke leefmilieus van steekmuggen en knutten te minimaliseren (Havelka 1978, Kriegerowski 1980, Fritz & Heimer 1981). Het nadeel bij het voorkómen van grote drassige oppervlakken en moerassen of het egaliseren van potentieel drassige terreinen is dat hierdoor ook de temporaire aquatische milieus zelf met hun eigen flora en fauna verdwijnen (Service 1971). Bij het volledig onder water zetten van deelgebieden geldt hetzelfde nadeel, echter door het graven van bijvoorbeeld sloten en plassen kan nog een redelijke aquatische diversiteit ontstaan.
Bij de aanleg van permanente wateren dient rekening te worden gehouden met:

1. de potentiële ontwikkeling van waterplanten als substraat voor de plantenboorsteekmug *Coquillettidia*,
2. een eventuele golfslagzone ter voorkoming van kolonisatie door *Anopheles* en *Culex* (malariamug respectievelijk huissteekmug)
3. een steilere oever ter voorkoming van ei-afzeting door *Aedes* (moerassteekmug)

Dit dient echter steeds in relatie met de plaats, de aanwezigheid van predatoren, de doelstellingen en de ontwikkelingsmogelijkheden van het gebied te worden bekeken. Minder drastische mitigerende maatregelen omvatten een meer ecologische inrichting van de potentiële (tijdelijke) aquatische milieus door bijvoorbeeld:

- Het over grote afstanden voorkómen of regelmatig weghalen van overhangende vegetatie ter voorkoming van ei-afzettingsmogelijkheden voor schaduwminnende soorten.
- Het niet aanplanten of laten ontwikkelen, of het kappen van bomen en struiken waardoor de toevoer van organische voedingsstoffen voorkomen of verminderd wordt (Kriegerowski 1980) en de schuil- en dispersiemilieus voor volwassen dieren verminderen.
- Het verwijderen van watervegetatie (stevige helofyten zoals lisdodde, egelskop, kalmoes, gele lis, mannagras en dergelijke) waaraan *Coquillettidia* gebonden is voor de luchtademhaling (Kriegerowski 1980).
- Het (laten) optreden van onregelmatige waterstandwisselingen waardoor tijdelijk aquatische milieus in aanraking komen met permanente milieus of juist verder indrogen. Hierbij moet wel gezorgd worden dat juist geen extra tijdelijke aquatische milieus ontstaan.
- Het eind februari instellen van een hoog waterpeil (minimaal 20 cm) en in mei van een lager peil waardoor geen synchronisatie van *Aedes* populaties kan optreden en predatie een kans krijgt.
- Het voorkómen van brede ondiepe, onregelmatig en te flauw aflopende oevers waar veel tijdelijke aquatische milieus zich kunnen vormen.
- Het voorkómen van het optreden van teveel restwateren (kleine poelen) na waterstanddaling in het voorjaar door bijvoorbeeld het egaliseren van de flauw aflopende oevers of een steilere oevervorm.
- Het aanbrengen van voldoende waterbeweging.

Al deze methoden hangen samen met de aanwezige ecologische kennis van de plaagveroorzakende soorten. Elke situatie vraagt om een eigen interpretatie van het aanwezige gebiedstype en de te beïnvloeden fysische factoren. Daarbij is het nodig om te weten welke soorten steekmuggen aanwezig zijn dan wel te verwachten zijn.

2.1.1.1.27 Chemische factoren

Het sturen van de chemische samenstelling van het water in het potentiële leefmilieu van steekmuggen en knutten omvat vaak drastische maatregelen, zoals:

- Het omvormen van een zoutwater in een zoetwaterhabitat of omgekeerd (Service 1971).
- Het omvormen van een zuur in een neutraal milieu of omgekeerd.
- Het omvormen van een voedselrijk in een meer voedselarm milieu of omgekeerd.

Dergelijke ingrepen hangen vaak nauw samen met mogelijke hydrologische maatregelen en of saneringsmaatregelen. Hierbij gelden dezelfde nadelen ten aanzien van biodiversiteitsverlies als genoemd onder de fysische factoren. Een bijkomend risico is dat juist bij omvorming de nieuwe leefmilieus mogelijk geschikt worden voor andere soorten steekmuggen en knutten. Minder drastische inrichtingsmogelijkheden omvatten bijvoorbeeld:

- Het voorkomen/verminderen van toevoer van voedselrijk water.
- Het voorkomen van organische belasting.

Bij het inlaten van water of wijzigen van kwelstromen moet er rekening me worden gehouden dat sulfaatrijk water kan leiden tot interne eutrofiëring (veenrot).

2.1.1.1.28 Biologische factoren

Eén van de meest kansrijke biologische factoren houdt de introductie van of het scheppen van randvoorwaarden voor het optreden van predatoren in (Service 1971). Meestal zijn de leefmilieus van steekmuggen en knutten ongeschikt voor kolonisatie door (potentiële) predatoren als gevolg van de aanwezige dynamische milieuomstandigheden (onder andere periodieke uitdroging, wisseling in chemische samenstelling). Het met succes doen optreden van of doen koloniseren met predatoren betekent in veel gevallen ook vermindering van een groot deel van de steekmuggen en knutten. Een voorbeeld is een (tijdelijke) koppeling aan een permanent oppervlaktewater. Specifieke predatoren van steekmuggen en knutten zijn niet bekend (Service 1971), maar generieke des te meer. Sommige planten (*Eleocharis sp., Scirpus sp.*) remmen de ei-afzetting van bepaalde soorten (Service 1971). Het stimuleren van de ontwikkeling van deze planten kan waar mogelijk zinvol zijn.

2.1.1.1.29 Moment van herinrichting

Bij herinrichting ontstaan vaak nieuwe al dan niet tijdelijke oppervlaktewateren. Dergelijke wateren zijn mogelijk nog niet gekoloniseerd met predatoren, met andere woorden: de levensgemeenschap is nog niet ontwikkeld. Dit biedt een ruimte voor kolonisatie van snel groeiende soorten zoals steekmuggen. Vaak treedt na ingreep binnen korte tijd een massale ontwikkeling van steekmuggen op. Bij de herinrichting kan aandacht gegeven worden om dergelijke tijdelijke uitbraken te verminderen:

- Het uitvoeren van de aanleg in de nazomer waardoor meer fauna tussen de nazomer en het voorjaar van het volgende jaar tijd krijgt om het nieuwe of heringerichte milieu te koloniseren.
- Het in verbinding brengen van het nieuw aangelegde of heringerichte water met reeds bestaande permanente wateren zoals plassen of brede sloten. Deze koppeling versnelt de kolonisatie met predatoren van het (ver)nieuw(d)e milieu.
- Het monitoren van nieuw aangelegde natte gebieden om, indien daar aanleiding voor is, plaatselijk en gericht te bestrijden (zie paragraaf 3.5.3).

5.3 Beheer

De uiteindelijk ontwikkelde toestand van door klimaatverandering vernat of van een om andere reden heringericht gebied kan een verhoging op het aantal steekmuggen en knutten tot gevolg hebben. Ook zonder klimaatverandering zijn er in Nederland een aantal gebiedstypen in bepaalde tijden van het jaar (met pieken in april/mei en juli/augustus) 'overlast' aan steekmuggen of knutten veroorzaken.
Echter door herinrichtings- en beheermaatregelen kan overlast voor direct omwonenden worden verkleind. Een aantal mogelijkheden zijn:

- Het ervoor zorg dragen dat een afstand tussen nat terrein en bewoning van 60 tot enkele honderden meters wordt gehandhaafd. In deze strook zijn geen verbindende stroken van ruigtekruiden, opgaande begroeiingen of bossages aanwezig. Door deze corridors voor steekmuggen en knutten te vermijden zullen veel minder volwassen muggen de bewoning kunnen bereiken.
- Het ervoor zorg dragen dat vernatte, moerassige of plas-dras situaties op veel plaatsen met al dan niet tijdelijk in open verbinding komen te staan met permanent open water.
- Het ervoor zorg dragen dat oeverzones geleidelijk aflopen naar permanent water zodat bij verlaging van het waterpeil er nauwelijks tot geen restwater achterblijft, en het water dat wel achterblijft zo gering is dat het binnen tien dagen is verdampt.
- Waar mogelijk het permanent, zeer ondiep en vaak voedselrijk en plantenrijk water te laten bewegen, bijvoorbeeld bij bemalen, om zo steekmuggen veel minder kans te geven zich te ontwikkelen.
- Het streven, ook bij moeras- en plas-dras situaties of verbrede oevers, naar stabiele, matig-voedselrijke omstandigheden. In het agrarisch gebied is water echter vaak eutroof of hypertroof. Stabiele waterecosystemen hebben een beter ontwikkelde levensgemeenschap met meer veerkracht waarin groepen zoals steekmuggen en knutten veel minder kans hebben zich massaal te ontwikkelen. Minder voedselrijke wateren zullen ook veel minder snel verlanden.
- Begrazing door runderen of paarden vergroot het terreinreliëf. Afhankelijk van de bodemgesteldheid en vegetatiestructuur kunnen plekken (pootafdrukken, kuilen, ligplekken van vee) ontstaan waarin water achterblijft. Dit geldt vooral bij een slechte draagkracht van de bodem, bijvoorbeeld bij natte veenbodems.

Begrazing onder dat soort omstandigheden dient zoveel mogelijk te worden voorkomen.

- Ook het maaibeheer speelt een rol in het leefgebied van steekmuggen. Extensief beheerde weidegebieden hebben veelal hogere vegetaties met een hogere luchtvochtigheid en luwte, wat in het voordeel is van volwassen steekmuggen die daarin rustplaatsen vinden en zich daardoor kunnen verplaatsen.
- Verrijking van oppervlaktewater met voedingsstoffen (eutrofiëring) leidt onder andere tot een sterk wisselende zuurstofhuishouding. Steekmuggen hebben, in geval van zuurstofarme condities, door een aangepaste ademhaling meer overlevingskansen ten opzichte van veel andere waterdieren zoals hun predatoren. Voldoende strenge eisen aan de waterkwaliteit kan bijdragen aan de verkleining van de kans op steekmuggen.
- Ervoor zorg dragen dat kleinere, ondiepe wateren (vaak sloten) niet te ver verlanden. De verlandingscyclus moet tijdig wordt gestopt of teruggezet door maaien een baggeren.
- Waar terreinreliëf geen rol speelt bij de functie van een gebied, kan ervoor worden gezorgd dat er minder laagten aanwezig zijn, zodat achterblijvend water na inundatie of neerslag, vooral bij slechter doorlatende bodems, zich niet in tijdelijke plasjes ophoopt.

5.4 Bestrijding

Bestrijding van steekmuggen en knutten is alleen aan de orde op moment er toch onverwacht een plaag uitbreekt.

2.1.1.1.30 Fysische factoren

Een belangrijk gedragskenmerk van steekmuggen is de toepassing van luchtademhaling. Hiervoor gaan larven en poppen aan het wateroppervlak hangen. De bijna volwassen dieren kruipen uit de pophuid die eveneens aan het wateroppervlak hangt. Van deze afhankelijkheid van het wateroppervlak is bij de bestrijding al sinds lange tijd gebruik gemaakt. De eerste toepassing betrof het gebruik van petroleum en andere minerale oliën. Deze stoffen tasten de oppervlaktespanning van het water aan als gevolg waarvan de larven en poppen verdrinken. Een meer geavanceerde toepassing van deze vorm van bestrijding is het gebruik van plantaardige fosfolipiden. Deze lipiden worden op het water verspreid en vormen een monomoleculaire laag die vier tot zes uur werkzaam blijft. De methode werkt het meest effectief tegen de poppen (die zijn lichter dan water). Garret & White (1977) geven een lijst van potentieel toepasbare lipiden. Lipiden zijn moeilijk toepasbaar op grote wateroppervlakken als gevolg van windwerking en golfslag. De lipiden zijn niet alleen dodelijk voor steekmuggen maar ook voor alle andere dieren met luchtademhaling (met name waterkevers en waterwantsen). De toepassing van stoffen die de oppervlaktespanning verlagen heeft nooit geleid tot een effectieve bestrijding. Wel kan het goed worden toegepast in de directe huiselijke omgeving, zoals in kruipruimten of regentonnen.

Het droogmaken van wateren of het in (sterke) beweging brengen van water door middel van bemalen kan helpen bij het bestrijden van grote aantallen larven. Echter dient deze waterbeweging of droogval over het gehele wateroppervlak plaats te vinden. Wanneer restwateren of dicht begroeide oevers aanwezig zijn is de maatregel minder effectief.

2.1.1.1.31 Chemische factoren

In het algemeen zijn chemische methoden zeer effectief in de bestrijding van steekmuggen; mede vanwege de lage kosten zijn ze in het verleden vaak toegepast. De complicaties voor het ecosysteem op korte en lange termijn kunnen echter aanzienlijk zijn (verontreiniging, persistentie, mutatie/resistentie en accumulatie). Bovendien zijn veel tot dusver toegepaste chemicaliën niet selectief in de bestrijding van de doelorganismen; ook de begeleidende fauna wordt in veel gevallen in meer of mindere mate negatief beïnvloed. Enkele vooral in het verleden toegepaste chemische stoffen zijn olie (petroleum met de werkzame aromatische koolwaterstoffen), de niet-selectief, zeer toxisch en bovendien in de regel persistente gechloreerde koolwaterstoffen (onder andere D.D.T., dieldrin en aldrin), organofosfaten (Malathion, Fenthion, Temefos (Abate), Chloorpyrifos (Dursban), Parijs groen (koper-aceto-arseniet), pyrethrum en verwante synthetische verbindingen, carbamaten (Carbaryl, Propoxur (Baygon)) en 'Insect Growth Regulators' zoals Dimilin en Methopreen. Het gebruik van een aantal van deze middelen zoals de gechloreerde koolwaterstoffen en de organofosfaten zijn in Nederland verboden.
In het algemeen wordt met chemische middelen steeds terughoudender omgegaan. Enkele belangrijke nadelen zijn:

- De werking is vaak slechts van korte duur (korte termijn effect).
- De oorzaak van de plaag wordt niet weggenomen (niet structureel).
- Bij langdurig gebruik ontstaan chronische effecten in het systeem.
- De stoffen zijn vaak persistent.
- Er is een vergrote kans op mutanten (carcinogeniteit).
- Er is een grote kans op resistentievorming.
- In veel gevallen direct toxisch voor de mens.

2.1.1.1.32 Biologische factoren

De toepassing van biologische factoren bestaat onder andere uit het gebruik van lokstoffen (feromonen) en het uitzetten van steriele mannetjes. Hierbij worden de adulten aangetrokken door het feromoon en kunnen gericht worden gedood. Voor (soort)specifieke biologische bestrijding zijn technieken ontwikkeld die berusten op genetische controle zoals geïnduceerde steriliteit, cytoplasmatische incompatibiliteit, hybride steriliteit, sex-ratio verstoring en translocatie. Bij de toepassing van deze methoden zijn er nog grote moeilijkheden. Verder blijft de toepassing beperkt tot soorten die ziekten overbrengen en of van direct groot economisch belang zijn (Service 1971a). Daarnaast is gezocht naar toepassing van pathogene virussen, protozoën en bacteriën. Lacey & Undeen (1986) geven een uitgebreid overzicht van de microbiële methoden. Een van de meest belovende toepassingen is het gebruik van de sporen van *Bacillus thuringiensis*. In augustus 1976 vond Margalit, tijdens zijn onderzoek naar

ziekteverwekkers bij steekmuggen, dode en zieke larven van *Culex pipiens* in een plas in de Negevwoestijn. De oorzaak voor het ineenstorten van deze *Culex* populatie bleek een sporen- en kristalvormende Bacillus te zijn, nauw verwant aan de door Berliner in 1911 geïsoleerde *Bacillus thuringiensis subspec. thuringiensis* (B.t.t.). Deze nieuw ontdekte bacterie werd *Bacillus thuringiensis subspec. israelensis* (B.t.i.) genoemd en behoort tot het serotype H-14. Terwijl B.t.t. specifiek pathogeen is voor rupsen, lijkt B.t.i. specifiek dodelijk te zijn voor muggenlarven, met name voor de "filter feeders" onder larven van Culicidae en Simuliidae. Hoewel het specifiek letale effect van B.t.i. op Culicidae en Simuliidae in de literatuur algemeen wordt aangegeven, is dezelfde literatuur niet eenduidig over de invloed op de begeleidende fauna. Ook andere muggen zoals bepaalde soorten Chironomidae, Ceratopogonidae en Dixidae lijken in meer of mindere mate te worden beïnvloed. De werkzaamheid van B.t.i. hangt af van factoren zoals watervolume, trofiegraad, temperatuur, larvale stadium en populatiedichtheid.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Steekmuggen ontwikkelen zich vooral talrijk in moerassen, plas-dras situaties (al dan niet oever) en zeer tijdelijke milieus. Knutten ontwikkelen zich vooral in natte graslanden. Voor beide groepen zijn de factoren permanentie, dynamiek en temperatuur van water cruciaal. Een verhoogde voedselrijkdom draagt extra aan de ontwikkeling van deze dieren bij. Dit rapport geeft een risicosleutel waarmee het risico op 'overlast' door steekmuggen en knutten per gebiedstype kwalitatief in beeld kan worden gebracht.

In de huidige situatie, bij het huidige klimaat, is in veel gebieden in laag-Nederland reeds sprake van 'overlast' door steekmuggen en knutten. De aard en omvang van deze 'overlast' is echter niet bekend. Bij een ongewijzigd klimaat blijft deze 'overlast' aanwezig en in geval van verdere inklinking van bodems zou als gevolg van het huidige waterbeheer de 'overlast' zelfs enigszins kunnen toenemen (autonome vernatting).

Door de verdere internationalisering en globalisering van het handelsverkeer vindt er meer uitwisseling van goederen en daarmee ongewild ook van steekmuggen en knutten en ziektekiemen plaats.

Door klimaatverandering verandert de temperatuur en de neerslagverdeling in Nederland. Het warmere klimaat en de nattere winters en heftige zomerbuien tijdens droge, warme zomers dragen beide bij aan een verhoogde dynamiek in waterpeilen. Dit betekent ook dat klimaatverandering leidt tot uitbreiding van geschikte leefmilieus voor steekmuggen en knutten. Dit betreft niet specifiek gebiedstypen aanwezig in het landelijk gebied maar betreft alle situaties waar tijdelijke, ondiepe wateren kunnen ontstaan. Omdat klimaatverandering inmiddels een gegeven is, wordt deze ontwikkeling als autonoom beschouwd.

Om de effecten van klimaatverandering op de mate van ontwikkeling van steekmuggen en knutten te sturen en verminderen zijn diverse herinrichtings- en beheermaatregelen mogelijk.

Door het uitvoeren van de verschillende vernattingsopgaven worden eveneens grotere delen van gebieden meer geschikt als leefmilieu voor steekmuggen en knutten. Vooral de gebiedstypen van moeras, plas-dras en nat grasland zijn van belang.

Om de effecten van vernatting op de mate van ontwikkeling van steekmuggen- en knuttenpopulaties te sturen en verminderen zijn diverse herinrichtings- en beheermaatregelen mogelijk. Om onvoorziene 'overlast' of tijdelijk locale 'overlast' als gevolg van herinrichting tegen te gaan is bestrijding mogelijk.

Tot op heden worden de in West-Europa door steekmuggen overgedragen virussen en andere ziekteverwekkers niet als een groot gezondheidsprobleem (h)erkend. Een groot aantal van de genoemde virussen brengen geen grote gezondheidsrisico's mee.

Klimaatverandering en internationaal verkeer dragen bij aan vergroting van de kans op vestiging van nieuwe soorten. Deze soorten kunnen nieuwe ziekten overdragen. Voor zover nu bekend betreft dit vooral soorten die talrijk ontwikkelen in en nabij de bebouwde omgeving. De komst van deze soorten is onafhankelijk van het Nederlandse waterbeheer maar een gevolg van de autonome ontwikkelingen geïnitieerd door klimaatverandering.

De bijdrage van vernatting aan de vestiging en uitbreiding van nieuwe soorten steekmuggen en knutten is onzeker omdat de kennis van de ecologie van deze nieuwkomers en hun specifieke gedrag onder de toekomstige Nederlandse condities nog onvoldoende bekend is. In hoeverre nieuwkomers of nieuwe ziekten die ook overgedragen kunnen worden door inheemse steekmuggen en knutten baat bij vernatting hebben is eveneens onzeker.

6.2 Aanbevelingen

Om de problematiek van steekmuggen en knutten in relatie tot klimaatverandering en vernatting te benoemen is differentiatie van de verschillende ecologische groepen bruikbaar. Voor deze studie zijn de huissteekmuggen, moerassteekmuggen, malariamuggen en boomholtesteekmuggen apart beschouwd. De knutten zijn als gehele groep benoemd maar een nadere differentiatie is ook in deze familie wenselijk en nodig. Hiervoor is onderzoek nodig.

Het optreden van incidentele plagen zoals de moerassteekmuggenplaag in 1987 in Kloosterhaar, de huissteekmuggen overlast bij Velp in 1988 of de huissteekmuggenplaag op Schiermonnikoog in 2007 kenmerken zich door een te late start van het onderzoek en een gebrek aan kennis over de locale omstandigheden, achtergrondpopulaties en eventuele referenties. Voor steekmuggen is referentieonderzoek aan de dichtheden onder de huidige omstandigheden in verschillende gebiedstypen met situaties zonder plaagvorming nodig.

De uitbraak van blauwtong kenmerkte zich door een sterke onderzoekfocus op de ziekte, de specifieke locaties waar de ziekte optrad en de volwassen knutten. De mogelijke andere habitats, de larven en de verspreiding van de soorten zijn in belangrijke mate buiten beeld gebleven. Voor Nederland ontbreekt voldoende taxonomische en ecologische kennis van de terrestrische en aquatische knutten. Zowel dergelijke basiskennis als kennis van referenties is noodzakelijk om te kunnen inspelen op toekomstige veranderingen. Het wordt aanbevolen deze kennis op te bouwen.

Risicoanalyse is een geschikt instrument om met 'overlast' of plagen van steekmuggen en knutten om te gaan. Echter, tot op heden beperkt de risicoanalyse zich tot kwalitatieve parameters. Kennis van referentie-omstandigheden, gekwantificeerde

populatie- en milieuparameters ontbreken maar zijn voor voorspellingen van risico's noodzakelijk.

De ecologische kennis van steekmugsoorten in Nederland dateert uit de periode 1987-1995. Deze informatie dient nodig te worden bijgewerkt. Een literatuurstudie zou hier in belangrijke mate aan kunnen bijdragen.

De verspreiding van steekmuggen in Nederland is nooit gericht of systematisch onderzocht en is dan ook onbekend. Er is geen atlas van Nederlandse steekmuggen beschikbaar. Kennis van het voorkomen en de verspreiding van steekmuggen biedt een referentiekader voor de evaluatie van 'overlast' of plagen.

Een belangrijke vraag bij de eventuele komst van boomholtesteekmuggen is de mogelijke bijdrage van tijdelijk natte milieus aan de ontwikkeling. Hier is extra literatuur studie of aanvullende informatie verzameling in reeds gekoloniseerde gebieden voor nodig.

De knutten zijn in lijn met de opdracht als gehele groep opgenomen alhoewel een nadere differentiatie in ecologische groepen de toekomst gewenst is. De taxonomische en ecologische kennis over de knutten in Nederland is zeer beperkt. Van de aquatische en terrestrische larven ontbreekt zelfs veel taxonomische kennis. We weten vaak niet eens hoe ze heten of welke er specifiek in Nederland voorkomen. In Europa en Noord-Amerika is meer kennis voorhanden en een gedegen literatuurstudie naar de taxonomie en ecologie van deze familie levert een basis om daadwerkelijke beschikbare kennis en leemten in beeld te krijgen. Daarnaast worden in het oppervlaktewater regelmatig individuen verzameld, met name door waterbeheerders, maar niet op naam gebracht. Verbetering van de taxonomische kennis zou het inzicht in voorkomen en verspreiding sterk kunnen vergroten.

Moerassen zijn een milieu dat noch tot de verantwoordelijkheid van de waterbeheerder en vooral faunistisch ook niet tot het aandachtsgebied van de natuurbeheerder worden gerekend. De beperkte kennis van fauna in plas-dras en moerassituaties maakt het uitvoeren van voorspellingen of risicoanalyses voor deze milieus extra moeilijk. Onderzoek naar de ongewervelde fauna in moerassen en plas-dras situaties kan sterk bijdragen aan de inzichten die nodig zijn voor herinrichting en beheer.

Kennis van overlast en plagen is verspreid en exemplarisch. We zijn meestal te laat. Monitoring van de risicosoorten ontbreekt. Validatie van de kennis is niet verricht. Meer systematische kennis kan bijdragen aan een beter en meer gerichte monitoring en advisering bij bestrijding, beheer en inrichting.

Ten aanzien van de nieuwe ziekten is het voor Nederland van belang de risico's in beeld te brengen, zowel voor mens als dier. Ten aanzien van de boomholtesteekmuggen dienen verspreidingsroutes en vestigingsmogelijkheden in Nederland in beeld worden gebracht. Hiervoor is samenhangend onderzoek van de ecologie en van de verspreiding van zowel de vector als de ziekteverwekker nodig.

Herinrichtings- en beheersmaatregelen zijn vaak locatiespecifiek. In het algemeen is het streven geïsoleerde, tijdelijke watermilieus of dynamische omstandigheden te voorkomen of beperken. Bij herinrichting moet duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen de inrichtings- en de ontwikkelde fase. De effectiviteit van tussenmaatregelen dient nog nader te worden onderzocht. Ook de wijze en mogelijkheden van tijdelijke bestrijding. Veel kennis over maatregelen en steekmuggen en knutten is nog kwalitatief van aard. De eerste projecten dienen gemonitord te worden om waar mogelijk te kunnen bijsturen en optimaliseren.

Literatuur

Aranda C., Eritja R. & Roiz D. 2006. First record and establishment of the mosquito Aedes albopictus in Spain. Med. Vet. Ent. 20: 150-152

Beuk P.L.Th. 2002. Checklist of the Diptera of the Netherlands. KNNV, Uitgeverij, Utrecht. 447 pp.

Blackwell A.. & King F.C. 1997. The vertical distribution of Culicoides impunctatus larvae. Medical and Veterinary Entomology 11: 45-48

Cancrini, G., di Regalbono, A., Frangipane, Ricci, I., Tessarin, C., Gabrielli, S. and Pietrobelli, M. 2003. Aedes albopictus is a natural vector of Dirofilaria immitis in Italy, Veterinary Parasitology 118(3-4): abstract.

Eritja R., Escosa R., Lucientes J., Marque E., Molina R., Roiz D. & Ruiz S. 2005. Worldwide Invasion of Vector Mosquitoes: Present European Distribution and Challenges for Spain, Biological Invasions 7: 87–97.

Fritz H.G. & Heimer W. 1981. Stechmückenbrutplätze im Naturschutzgebied "Kühkopf knoblochsauce". Untersuchungen zur Begleitfauna, Möglichkeiten einer Minderung der Stechmückenplage. Natur und Landschaft 56 (3), 80-84.

Giessen J.W.B. van der, Isken L.D. & Tiemersma E.W. 2004.Zoonoses in Europe: a risk to public health. National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, The Netherlands. 112 pp.

Glukhova V.M. 1979. Larvae of the biting midges of the subfamilies Palpyomiinae and ceratopogoniinae ofthe Soviet Union. Keys to the Soviet Union Fauna, Nauka, Leningrad, 121. 131 pp.

Glukhova V.M. 1979. Lichinki mokretsov podsemeistv Palpomyiinae i Ceratopogoninae fauny SSSR (Diptera, Ceratopogonidae = Heleidae) [Larvae of biting midges of the subfamilies Palpomyiinae and Ceratopogoninae of the USSR fauna (Diptera, Ceratopogonidae = Heleidae)] // Opredeliteli po Faune SSSR, izdavaemye Zoologicheskim institutom AN SSSR. Vol.121. Leningrad: Nauka. P.1-231. [In Russian; translated into English by L.J. Hribar & G.C. Steyskal, for Translation Bureau, Multilingual Services Division, Canada, under the title: Larval midges of the subfamilies Palpomyiinae and Ceratopogoninae of the fauna of the USSR. P.1-237].

Glukhova V.M. 1989. Bloodsucking midges of the genera Culicoides and Forcipomyia (Ceratopogonidae). Fauna SSSR, Nauka, Leningrad 3, 5. 408 pp.

Gruys P., Van Lenteren J.C., Parlevliet J.E., Scheepens P.C. & Van Zon J.C.J. 1985. Oecologische achtergronden van plagen en hun bestrijding: In: 'Inleiding tot de oecologie', Bohn, Scheltema en Holkema, Utrecht, 465-492.

Gutsevich A.V. 1973. Krovososushchie mokrecy (Ceratopogonidae) [Biting midges (Ceratopogonidae)]. Nasekomye dvukrylye 3(5). Fauna SSSR N.S. 107. Nauka, Leningrad (in Russian)

Hanson S.M. & Craig G.B.Jr. 1995. Relationship between cold hardiness and supercooling point in Aedes albopictus eggs. J. Am. Mosq. Control Assoc. 11(1): 35-38.

Haren J.C.M. van & Verdonschot, P.F.M. (1990): Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijksvenen 3. RIN, Leersum, rapp. 90/6: 1-61.

Havelka P. 1978. Rheinschnaken (Culiciden)Bekämpfung in rechtsseitigen Rheintal zwischen Karlsruhe und Mannheim im Jahr 1977 Culiciden Brutplätze. Veröff. Naturschutz Landschaftsplege Bad Württ. 47/48, 433-441.

Hubálek Z. 2007. Mosquito-borne viruses in Europe. In: Vector-Borne Diseases: Impact of Climate Change on Vectors and Rodent Reservoirs. Berlin, 27 & 28 September 2007. Bundesministerium fur Gesundheid, Umwelt Bundesambt.

Illies J. 1978. Limnofauna Europaea. Fischer Verlag, Stuttgart.

ISSG 2004. Global Invasive Species database. IUCN – the World Conservation Union Species Survival Commission, Invasive Species Specialist Group. http://www.issg.org/database/species/search.asp?st=100ss&fr=1&sts

Jaenson T.G.T. 1990. Vector roles of Fennoscandian mosquitoes attracted to mammals, birds and frogs. Medical and Veterinary Entomology 4: 221-226.

Kriegerowski L. 1980. Die Dezimerung von Stechmücken mit landschaftsgestaltenden Massnahmen am Beispiel eines (West)Berliner Feuchtgebietes. Natur und Landschaft 55 (7 8), 291 295.

Lawson J. W. H. 1951. The anatomy and morphology of the early stages of Culicoides nubeculosus Meigen (Diptera: Ceratopogonidae = Heleidae). Trans. R. ent. Soc. Lond 102: 511–570.

Linley J.R. 1985. Biting midges (Ceratopogonidae) as vectors of nonviral animal pathogens. J. med. Ent. 22: 589-599.

Lundstrom J.O. 1999. Mosquito-Borne Viruses in Western Europe: A Review. J. Vector Ecol. 24(1):1-39.

Lutz N. 2002. Ecoaccess. North Carolina Central University. http://ecoaccess.org/info/wildlife/pubs/asiantigermosquitoes.html

Mayer K. 1934. Die Metamorphose der Ceratopogonidae (Dipt.). Ein Beitrag zur Morphologie, Systematik, Okologie und Biologie der Jugendstadien dieser Dipterenfamilie. Arch. naturgeschichte, N.F. 3: 205-288.

Medlock JM, Snow KR, Leach S. 2005. Potential transmission of West Nile virus in the British Isles: an ecological review of candidate mosquito bridge vectors. Med Vet Entomol. 19(1):2-21.

Medlock JM, Snow KR, Leach S. 2007. Possible ecology and epidemiology of medically important mosquito-borne arboviruses in Great Britain. Epidemiol Infect. 135(3):466-82.

Merrit R.W. & Cummins K.W. 1984. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/Hunt Publ. Comp., Dubuque. 441 pp.

Mohrig W. 1969: Die Culiciden Deutschlands. Parasitol. Schr. 18, 260 p.

Muggen & Knutten 2002. Muggen & Knutten: vooroordelen en misverstanden, waar- en onwaarheden, vóórkomen en voorkómen. Brochure Ministerie van Verkeer en Waterstaat, DG RWS, RIZA, Lelystad. 11 pp.

Novak R. 1992. The Asian tiger mosquito, Aedes albopictus. Wing Beats, Vol. 3(3):5.

Rahamat-Langendoen J.C., Vliet J.A. van & Lier E.A. van 2008. Staat van infectieziekten in Nederland. RIVM, Bilthoven. Rapport 210211004. 52 pp.

Samanidou-Voyadjoglou A., Patsoula E., Spanakos G. & Vakalis N.C., 2005. Confirmation of Aedes albopictus (Skuse) (Diptera: Culicidae) in Greece. European Mosquito Bulletin, 19, 10–12.

Schmidt G. & Cate L. ten 1989. Steekmuggen in Nieuw Velp-Zuid; aanbevelingen voor beheer. Int. rapp. RIN, Leersum. 89/3: 1-41.

Service M.W. 1971. Conservation and the Control of Biting Flies in Temperate Regions. Biological Cons. 3 (2), 113 122.
Service M.W. 1976. Mosquito ecology. Field sampling methods. Applied science publishers LTD. Barking, Essex. England, 583 p.
Seventer H. van 1969. The disappearance of malaria in the Netherlands. Thesis Universiteit van Amsterdam, Amsterdam. 86 pp.
Seyler T., Rizzo C., Finarelli A.C., PoC., Alessio P., Sambri V., Ciofi Degli Atti M.L. & Salmaso S. 2008. Autochthonous chikungunya virus transmission may have occurred in Bologna, Italy, during the summer 2007 outbreak. Eurosurveillance 13, 3: 8015.
Steenbergen H.A. 1993. Macrofauna-atlas van Noord-Holland: verspreidingskaarten en responsies op milieufactoren van ongewervelde waterdieren. Provincie Noord-Holland. Dienst Ruimte en Groen. 651 pp.
Szadziewski R. 1983. Flies (Diptera) of the saline habitats of Poland. Polskie Pismo ent. 53: 31-76.
Stowa 1997. Eco-atlas van waterorganismen. Deel V: macrofauna: insecten. Stichting Toegepast Wateronderzoek, Utrecht. 47: 289 pp.
Szadziewski R., Krzywinski J. & Gilka W. 1997. Diptera Ceratopogonidae, Biting Midges. In: Aquatic Insects of North Europe. A Taxonomic Handbook. Volume 2. Odonata – Diptera. Nilsson A. (ed.). Apollo Books, Stenstrup, Denmrk. 243-264.
Takken W., Geene R., Adam W. & Jetten T.H. 1999. Malariamuggen en het risico voor terugkeer van malaria in de Rijn-Maas delta. Wageningen Universiteit en Research Centrum. 47 pp.
Takken W. 2008. Insects and disease in the 21st century – a wind of change-Inauguration Lecture, Wageningen University, 5 June 2008. 17 pp.
Verdonschot Piet F.M., Schmidt Gertie, Leeuwen Peter H.J. van & Schot Joke A. 1988. Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijksvenen. RIN, Leersum, rapp. 88/31: 1-109.
Verdonschot P.F.M. 2002. Culicidae. In: Beuk 2002, Checklist of the Diptera of the Netherlands. KNNV, Uitgeverij, Utrecht. 98-100.
Weissenböck H., Kolodziejek J., Url A., Lussy H., Rebel-Bauder B. & Nowotny N. 2002. Emergence of Usutu virus, an African Mosquito-Borne Flavivirus of the Japanese Encephalitis Virus Group, Central Europe. Emerging Infectious Diseases 8: 652-656.
World Health Organization 1989. Geographical distribution of arthropod-borne diseases and their principal vectors. WHO publication WHO/VBC/89.967. 134 pp.
World Health Organization 2004. The vector-borne human infections of Europe. Their distribution and burden on public health. WHO publication, 144 pp.
Zadoks J.C. 1985. Landbouw tussen oecologie en economie. In 'Inleiding tot de Oecologie'. Bohn, Scheltema en Holkema, Utrecht. 375 421.
Zeller H.G. & Schuffenecker I.2004. West Nile virus: an overview of its spread in Europe and the Mediterranean basin in contrast to its spread in the Americas. Eur J Clin Microbiol Infect Dis, 23(3):147-56.

Bijlage 1 Ecologie van steekmuggen

2.1.1.1.33 Classificatie

Voor meer uitgebreide ecologische beschrijvingen en soortspecifieke informatie wordt verwezen naar onder andere Mohrig (1969), Service (1976), Verdonschot et al. (1988), Schmidt & Ten Cate (1989), Merrit & Cummins (1984) en de literatuurverwijzingen in deze publicaties. Tot de stekende en bijtende Diptera (groep van vliegen en muggen) behoren in Nederland de volgende families volgens de classificatie naar Beuk (2002):

Klasse Arthropoda (geleedpotigen)
Insecta (insekten)
Orde Diptera (muggen en vliegen)
Suborde Nematocera (muggen)
Culicomorpha
Culicoidae
Familie Culicidae (steekmuggen)
Ceratopogonidae (knutten)

De familie van de Culicidae (steekmuggen) komt over de gehele wereld met ongeveer 3000 soorten voor. In geheel Europa komen 92 soorten steekmuggen voor, ongeveer 3.5 % van het totale soortenbestand (Illies 1978), in Midden Europa circa 45 soorten (Fritz & Heimer 1981) en in Nederland tot op heden 35 soorten (Verdonschot 2002).

Familie Culicidae (steekmuggen)
Subfamilie Anophelini (Anopheles (7))
(genus (aantal Culicini (Aedes (17), Culex (4), Culiseta soorten*))
(subgenera Culiseta (3), Culicella (3)),
Coquillettidia (1)

*Verdonschot 2002

Steekmuggen ontlenen hun naam aan het feit dat vrouwelijke adulten dieren steken om bloed te zuigen. Het bloed is nodig voor de rijping van de eieren. Bij het steken wordt een speekselsecreet in de huid gebracht. De reactie hierop is wisselend (geen tot oedeem).

2.1.1.1.34 Levenscyclus

De levenscyclus van een steekmug wordt gekenmerkt door een zogenaamde volkomen gedaantewisseling (metamorfose). Het insect (larve) dat uit het ei komt verschilt morfologisch en fysiologisch volledig van het volwassen dier van de soort. Om het volwassen stadium te bereiken is een ruststadium nodig (pop), gedurende welke de omvorming plaats vindt. De levenscyclus van steekmuggen omvat een aquatische en een terrestrische fase. Steekmuglarven en -poppen leven meestal vrij zwemmend in de waterkolom: aquatisch. De volwassen dieren vliegen en leven op het land: terrestrisch. Per groep van steekmuggen is het ei-stadium terrestrisch of aquatisch.

2.1.1.1.35

2.1.1.1.36 Eieren

De volwassen vrouwtjes kunnen gedurende hun gehele leven, afhankelijk van de soort, één tot tientallen ei-ontwikkelingscycli voltooien. Het aantal eieren varieert per legsel van enkele tot circa 300 (400), afhankelijk van: de soort, de grootte van de vrouwtjes en de hoeveelheid bloedvoeding.

Direct na het leggen van de eieren zijn de eieren eerst wit, maar verkleuren in ongeveer 40 minuten tot zwart. Per hoofdgroep verschilt de plaats waar de eieren worden afgezet:
De eieren van huissteek-, en malariamuggen worden op het wateroppervlak afgezet: gezamenlijk als drijvende vlotjes (genera *Culex, Culiseta* (subgenus *Culiseta*), *Coquillettidia*), of afzonderlijk drijvend (genus *Anopheles*). Het eistadium van de drijvend afgezette eieren duurt slechts enkele dagen. Eieren kunnen worden gegeten door predatoren of met de waterbeweging op de oever terecht komen en indrogen.
De eieren van boomholte- en moerassteekmuggen worden semi-aquatisch of terrestrisch afgezet in modder, strooisel of op vochtige bodem (genus *Aedes, Culiseta* (subgenus *Culicella*)). De eerste zes tot acht dagen na ovipositie zijn de eieren, afgezet op een vochtige bodem, gevoelig voor verdroging. Daarna doorstaan deze tot op zekere hoogte droogte. De eieren komen uit als ze gedurende voldoende tijd, meestal enkele dagen, in contact zijn geweest met water. Afhankelijk van de klimatologische omstandigheden kan het eistadium van op vochtige bodem afgezette eieren variëren van enkele weken tot enkele jaren. Deze semi-aquatisch of terrestrisch afgezette eieren kunnen namelijk in rust (diapauze) gaan. Dit gebeurt bij univoltiene (soorten met slechts één levenscyclus per jaar) soorten reeds in de zomer en duurt tot aan het volgend voorjaar. De multivoltiene soorten (soorten met meerdere levenscycli per jaar) hebben meestal synchrone generaties (hetgeen betekent dat de larven gelijktijdig uitkomen, ontwikkelen en of uitvliegen) daar het water vaak over grotere oppervlakken gelijktijdig stijgt (stijgende waterstand, neerslagrijke periode). Hierdoor begint de ontwikkeling van de eitjes gelijktijdig en wordt de populatie steeds weer gesynchroniseerd.

2.1.1.1.37 Larven

De larven van alle groepen van steekmuggen doorlopen vier stadia, elk eindigend met een vervelling. De duur van het larvale stadium is afhankelijk van: de soort, de temperatuur, de hoeveelheid water en de hoeveelheid aanwezig voedsel in het habitat. Onder optimale omstandigheden (hoge temperatuur, voldoende water en voedsel) kan de larvale ontwikkeling in twee tot drie weken zijn afgerond. De larven zijn zwaarder dan water en moeten daarom actief naar het wateroppervlak bewegen om adem te halen. Bij verstoring laten ze zich in het water zakken. Omdat ze afhankelijk zijn van luchtademhaling worden ze niet door lage zuurstofgehalten beïnvloed, behalve in het eerste stadium omdat dan nog huidademhaling wordt toegepast. Vanaf het tweede stadium ademen de larven (en poppen) door middel van een ademhoorntje aan het wateroppervlak, met uitzondering van de plantenboorsteekmug *Coquillettidia*, die zuurstof onttrekt aan de luchtkanalen van waterplanten. De voeding van alle larven bestaat uit micro-organismen, afgestorven plantenresten of algen. Delarven zijn zeer gevoelig voor predatie en uitdroging.

2.1.1.1.38 Poppen

De verpopping volgt bij voldoende hoge temperatuur nadat de vierde stadium larven zijn volgroeid. De poppen zijn lichter dan water waardoor ze meestal tegen het wateroppervlak hangen en daar atmosferische lucht ademen met behulp van ademhoorntjes op de thorax, met uitzondering van *Coquillettidia* die zuurstof onttrekt aan luchtkanalen van waterplanten. Bij verstoring vluchten zowel larven als poppen actief naar diepere waterlagen; na korte tijd verschijnen ze echter weer aan het wateroppervlak. De duur van het popstadium varieert van drie tot vijf dagen, het kan verlengd worden tot 10-21 dagen als gevolg van lage temperaturen. De poppen voeden zich niet.Ook de poppen zijn gevoelig voor predatie en uitdroging.

2.1.1.1.39 Adulten

De adulten ontpoppen aan het wateroppervlak uit de opengebarsten pophuid. Dit duurt 7 tot 8 minuten. Een voorwaarde hierbij is een onbeweeglijk wateroppervlak (geen golfslag). De adulten

(zowel mannetje als vrouwtje) voeden zich met nectar. Als het geslachtsapparaat in het vrouwtje voldoende is ontwikkeld (na 2-3 weken) is ze rijp voor paring. Het vrouwtje paart één tot meerdere malen, veelal in de directe omgeving van het larvale habitat. Na de paring sterven de mannetjes. Mannetjes hebben daardoor een kortere levensduur dan vrouwtjes. Vrouwtjes zijn meestal actief in de schemering en de nacht, in zowel open als bedekt terrein. Bepalende factoren voor deze activiteit zijn lichtsterkte, temperatuur en luchtvochtigheid: de steekactiviteit is vooral hoog op dagen met een hoge luchtvochtigheid, een hoge temperatuur en (min of meer) lage luchtdruk. Pas twee tot drie weken na het uitvliegen (en de paring) wordt bloed gezogen. Het bloed is nodig voor de ontwikkeling van de eitjes. Vrouwtjes benaderen hun gastheer na visuele waarneming. Andere zintuigen spelen pas een rol op het moment dat de adulten in de directe omgeving van een gastheer zijn. Een combinatie van visuele stimuli met andere prikkels zoals geur, warmte en vocht verhogen het bloedzuiggedrag. De attractiviteit van de mens wordt naast lichaamstemperatuur en geurstoffen ook bepaald door het uitgeademde (verhoogde) kooldioxide. De volwassen dieren worden gepredeerd door roofvliegen en vogels. Lage luchtvochtigheid leidt eveneens tot sterfte.

Bijlage 2 Ecologie van knutten (Ceratopogonidae)

2.1.1.1.40 Classificatie

De knutten (Ceratopogonidae) omvat een familie van kleine muggen (1-4 mm lang) Wereldwijd zijn er meer dan 4000 soorten met in het genus *Culicoides* alleen al meer dan 500 soorten. Voor Nederland zijn circa 104 soorten ceratopogoniden bekend. Ze zijn nauw verwant aan de vedermuggen (Chironomidae), kriebelmuggen (Simuliidae) en Thaumaleidae.

Familie	Ceratopogonidae
Subfamilie (genus (aantal soorten in NL*))	Ceratopogoninae (Ceratopogon (3), Culicoides (15), Kolenohelea (1), Schizohelea (1), Serromyia (4), Stilobezzia (3))
	Dasyheleinae (Dasyhelea (13))
	Forcipomyiinae (Atrichopogon (10), Forcipomyia (20))
	Palpomyiidae (Bezzia (12), Clinohelea (1), Macropeza (1), Mallochohelea (2), Nilobezzia (1), Palpomyia (12), Probezzia (1), Sphaeromias (3))

* Beuk 2002

Levenscyclus

De levenscyclus van een knut wordt gekenmerkt door een zogenaamde volkomen gedaantewisseling (metamorfose). Het insect (larve) dat uit het ei komt verschilt morfologisch en fysiologisch volledig van het volwassen dier van de soort. Om het volwassen stadium te bereiken is een ruststadium nodig (pop), gedurende welke de omvorming plaats vindt. De eieren kunnen in 2-10 dagen ontwikkelen. De larve doorloopt 4 stadia. Bij hoge temperaturen (28-30ºC) ontwikkelde *Culicoides nubeculosum* zich in 22-32 dagen tot pop (Glukhova, 1989). Het pop stadium duurt 3-5 dagen terwijl de volwassenen 1-2 maanden leven. De meeste soorten van het genus Culicoides ontwikkelen zich bij 20-25ºC in circa 1 maand van ei (in 4-6 dagen), via larf (in 20-25 dagen), via pop (in 3-5 dagen) tot volwassen dier (Gutsevich, 1973). Ongeveer 4-5 dagen na het uitvliegen zuigen de volwassen vrouwtjes bloed, waarna na circa 5-7 dagen de eieren worden afgezet. Met andere woorden de gehele levenscyclus neemt daarmee ongeveer 1.5 maand (range 2-6 weken) in beslag.

De meeste knutten overwinteren in het derde of vierde larvale stadium, univoltiene soorten vaak als ei. De volwassenen vliegen van de vroege lente (in onze regio april/mei tegelijk met het steekmuggen genus *Aedes*) tot de late herfst (oktober/november).

Het aantal levenscycli per jaar kan van soort tot soort verschillen, zowel uni- als multivoltiene soorten komen voor. Dit is mede afhankelijk van de lokale klimatologische omstandigheden.

2.1.1.1.41 Eieren

De eieren zijn circa 0.25 mm groot, langgerekt al dan niet licht gebogen van vorm en worden enkelvoudig, in losse groepjes, in ketens (*Mallochohelea, Probezzia*) of in massale klompen afgezet op vochtige substraten zoals vochtige bodems, stenen of emergente vegetatie (Szadziewski, 1997). De eieren zijn eerst wit en verkleuren daarna tot bruin of zwart. De eiklompen kunnen tot zeker 450 eieren bevatten en een adult kan meerdere (tot 7?) van dergelijke eiklompen produceren. Bij kamertemperatuur komen de eieren van *Culicoides nubeculosum* na 48-65 uur uit (Lawson, 1951). Andere ontwikkelingstijden variëren van 2 tot 10 dagen. Sommige soorten zijn univoltien (bijvoorbeeld bij *Culicoides grisecens, C. vexans, Dasyhelea, Forcipomyia*), er treedt dan een embryonale diapauze op.

2.1.1.1.42 Larven

De larven gelijken wormen, zijn crème-wit van kleur en ongeveer 2 tot 5 mm lang. De larven doorlopen 4 stadia, waarbij alleen stadium 1 nog stekeldragende voorpoten heeft. De larven en poppen leven aquatisch, semi-aquatische of terrestrisch. Het leefmilieu is verderop meer in detail beschreven. Ze voeden zich met algen, schimmels en andere micro-organismen of zijn carnivoor. Er zijn dichtheden van meer dan 80.000 larven per vierkante meter beschreven (Glukhova, 1979). De larven leven voornamelijk als predatoren op kleine dieren zoals chironomiden, steekmuglarven, kokerjuffers, nematoden, rotiferen, wormen, protozoën en kannibalistisch. Echter sommige soorten leven op dood organisch materiaal, algen of bacteriën. De aquatische larven zijn goede en snelle zwemmers.
Larven van aquatische knutten worden vooral door vissen gegeten. Terrestrische larven bevinden relatief ondiep (2-5 cm) in de bodem en worden door vogels gepredeerd (Blackwell & King 1997).

2.1.1.1.43 Poppen

De pop is bleek geel tot bruin en is 2 tot 5 mm lang met een cephalothorax waarop zich een paar ademhalingshorentjes staan die al dan niet met haren bezet zijn. De poppen kunnen niet zwemmen, maar bewegen langzaam door met hun abdomen te draaien. Uitzondering zijn de poppen van de genera Mallochohelea en Probezzia die ventrale plaatjes bezitten waarmee ze snel naar de bodem van een water kunnen bewegen. In oppervlaktewater hangen de poppen veelal aan het wateroppervlak met hun ademhalingshoorntjes. Het popstadium duurt veelal 2-3 dagen.

2.1.1.1.44 Volwassenen

De volwassen mannetjes voeden zich met nectar of andere zoete plantensappen. De vrouwtjes van sommige soorten zuigen bloed van dieren, met name vertegenwoordigers van de genera *Culicoides*, enkele *Forcipomyia* en *Leptoconops*. Bloedmaaltijden worden vooral in de ochtend en de avond genuttigd, maar er komen ook soorten voor die zich overdag voeden. De Dasyheleinae en de meeste Forcipomyinae zijn fytofaag (o.a. enkele *Atrichopogon* die pollen uitzuigen) terwijl enkele Forcipomyinae en *Atrichopogon* entomofaag (op de lichaamsvloeistof van insecten) zijn. De overigen prederen op insekten.
De vrouwtjes vliegen circa 2 km terwijl de mannetjes de dubbele afstand afleggen.

2.1.1.1.45 Leefmilieu

Het leefmilieu is zeer variabel van droog naar nat. De knutten zijn gevonden in volledig aquatische milieus zoals beken, rivieren, bronnen, poelen, plassen, meren, boomholten, in tijdelijke wateren zoals rotspoeltjes en andere opdrogende wateren , in semi-aquatische omgeving zoals natte oeverzones, moerassen, venen, drassige weilanden, mos en andere vocht vasthoudende begroeiingen en vochtig grasland, en terrestrisch zoals in mest, rottende schimmels, mierennesten, rottend hout, strooisel en andere droge plekken. Er zijn ook larven gevonden in de sapstroom in planten. De echte aquatische knutten behoren allemaal tot de subfamilie van de Ceratopogoninae en Palpomyiinae. De meeste komen voor in ondiepe beken en plassen, vooral tot een diepte van 5-10 cm, maar er zijn ook vondsten tot 43 m diepte onder water bekend (Mayer, 1934).
Het genus *Culicoides* wordt gevonden op of nabij het oppervlak van natte bodems in zoete en brakke moerassen, drassige gronden en venen, oeverzones, boomholten en temporaire poeltjes. De Forcipomyinae zijn vaak semi-aquatisch alhoewel ze ook veel in het littoraal worden gevonden. *Atrichopogon* is de enige echt stromingsminnende soort. De verdeling in brak water is niet veel verschillend (Szadziewski, 1983).

Bijlage 3 Overzicht van (mogelijk) in Europa voorkomende arbovirussen en andere ziekteverwekkers

Voor malaria en blauwtong wordt verwezen naar paragraaf 2.3.2 respectievelijk 2.3.3.

2.1.1.1.46 Bunyaviridae (of Californische encefalitis virussen)

Hersenontsteking of encefalitis is een ontsteking van het hersenweefsel en kan door een arbovirus worden veroorzaakt. Meestal verloopt de infectie relatief mild, maar er kunnen ook ernstigere hersenbeschadigingen ontstaan soms met de dood als gevolg.

2.1.1.1.47 Tahynavirus

Het ziekteverloop van het Tahynavirus lijkt op een zomergriep (WHO 2004). Het Tahynavirus veroorzaakt koorts en ademhalingsproblemen met soms storingen in het centrale ruggemerg (Lundstrom 2004). Het Tahynavirus wordt door steekmuggen *Aedes vexans*, *A.cantans*, *A. sticticus*, *A. caspius*, *Culex pipiens*, en *Culiseta annulata* overgedragen. Het virusreservoir is gevonden bij vogels, haasachtigen en knaagdieren. Het komt in de meest Centraal en Zuid Europese landen voor (Lundstrom 1999), de WHO (2004) noemt met name Duitsland, Oostenrijk, Italië en Frankrijk.

2.1.1.1.48 Inkoovirus

Het Inkoo virus is tot op heden in West-Europa niet geassocieerd met een ziekte bij de mens, echter een Russische studie legt een verband met encefalitis (Lundstrom 1999). Het Inkoo virus komt in Noord-Europa (vooral in het hoge noorden voor).

2.1.1.1.49 Bataivirus

Het Batai- of Calovovirus komt in Zuid-, Centraal (meest frequent) en Noord-Europa voor. De immuniteit bij mensen is veelal laag, hetgeen erop duidt dat het virus als ziekteverwekker bij de mens een beperkte rol speelt (Lundstrom 1999).

2.1.1.1.50 Lednicevirus

Het Lednicevirus is alleen bekend van Tsjechië en Roemenië en is tot op heden niet op mensen overgedragen (Lundstrom, 1999).

2.1.1.1.51 La Crossevirus

Het La Cross virus wordt door *Aedes triseriatus* en *A. albopictus* overgedragen en komt voor in Noord-Amerika. Het is in 1969 in La Cross ontdekt. Het doorloopt een zoogdier-steekmug cyclus en overwintert via doorgifte in steekmug eitjes. Het ziekteverloop is mild, met in 1% van de gevallen en dodelijke afloop.

2.1.1.1.52 Phlebovirus (Rift Valley virus)

Het Phlebovirus komt vooral bij gedomesticeerde dieren voor maar kan ook mensen treffen. Het ziekteverloop bij de mens is vaak zonder symptomen of met lichte koorts, algehele vermoeidheid, rugpijn, hoofdpijn, duizeligheid, gewichtsverlies, myalgie en/of leverafwijkingen. In een klein percentage van de gevallen (< 2%) kunnen hemorrhagische koorts, hersenontsteking of oogafwijkingen optreden. Genezing treedt na 2-7 dagen op.
De ziekte is voor het eerst in Kenia rond 1915 waargenomen, maar is pas in 1931 geïsoleerd. Het virus komt zuidelijk van de Sahara voor en elders soms endemisch zoals in Egypte in 1977-78 met

miljoenen zieken en duizenden doden, en in 2000 in Jemen en Saoedi-Arabië. In Kenia waren in 1998 meer dan 400 doden te betreuren.
Het Phlebovirus is wel een belangrijke veroorzaker van dierziekte met dodelijke afloop voor schapen en koeien en heeft dan ook ernstigere gevolgen voor de mens. Het virus wordt door soorten van de geslachten *Culex* en *Aedes* overgedragen, maar heeft niet perse een tussengastheer nodig. Experimenteel is aangetoond dat het virus een veelheid aan dieren kan infecteren en zeer wijd verspreid zou kunnen voorkomen. Het virus is nog niet buiten Afrika waargenomen maar de kans hierop wordt zeer serieus genomen.

2.1.1.1.53 Snowshoe hare virus (=poolhaas)

Het virus veroorzaakt hoofdpijn en koorts en behoort tot de Californische virussen die in 1943 voor heet eerst zijn geïsoleerd.

2.1.1.1.54 Flaviviridae (flavivirussen)

2.1.1.1.55 West Nijlvirus

Het West-Nijlvirus wordt overgebracht door steekmuggen en maakt vooral onder vogels slachtoffers, maar treft ook zoogdieren (vooral paarden) inclusief de mens. Bij 80% van de menselijke slachtoffers levert een infectie geen symptomen op. In de overige gevallen is er sprake van koorts, vermoeidheid, pijn in de ogen en spieren, hoofdpijn en encefalitis. In 0,7% van de gevallen zijn er ernstiger gevolgen met name encefalitis en meningitis (Lundstrom, 1999). Met name mensen boven de 50 jaar hebben een hoger risico op de ernstiger verschijnselen van de ziekte. Het virus stamt uit tropisch Afrika. Het virus is gevonden in vogels, paarden en steekmuggen (Lundstrom 1999). Het West-Nijlvirus werd in 1999 voor het eerst in de Verenigde Staten geconstateerd. Aangenomen wordt dat een drager de Verenigde Staten via een vliegtuig aan de oostkust binnen is gekomen. In slechts 4 jaar bereikte het virus de westkust van de Verenigde Staten. De komst naar west Europa is slechts een kwestie van tijd (Zeller et al. 2004). Hier traden vooral de soorten van het geslacht Culex als tussengastheer op (Medlock et al. 2005).
Het virus steekt in Europa regelmatig de kop op (Zuid-Frankrijk 1962-1965, Roemenie 1996 met hoog sterftecijfer, Portugal, Tsjechië). Antilichamen zijn bij vogels, huisdieren en mensen in verschillende andere Zuid- en Centraal Europese landen aangetroffen (Lundstrom, 1999). Potentiële tussengastheren zijn *Culex pipiens*, *C. europaeus*, *C. modestus*, *Anopheles plumbeus* , *A. maculipennis*, *A. atroparvus*, *A. messeae*, *Aedes caspius*, *A. cantans*, *A. cinereus*, *A. detritus*, *A. dorsalis*, *A. punctor*, *A. sticticus*, *A. vexans*, *Coquillettidia richiardii*, *Culiseta annulata* en *C. morsitans* (Medlock et al., 2005).Een uitgebreid overzicht van de historie en ontwikkeling van het West-Nijl virus probleem in Europa is gegeven door de WHO (2004).

2.1.1.1.56 Dengue (knokkelziekte)

Dengue (ook bekend als knokkelkoorts) is een virale infectieziekte die voornamelijk wordt overgebracht door beten van de steekmuggensoort *Aedes aegypti*, maar soms ook door *Aedes albopictus*. Er zijn vier verschillende verwante virussen bekend (van de groep flavivirus) die een vergelijkbaar ziektebeeld kunnen geven; na het doormaken van een infectie met één van de vier is men voor die variant levenslang immuun. Er ontstaat echter geen kruisimmuniteit tegen de overige drie virussen. Integendeel, er zijn aanwijzingen dat bij een infectie met een van de andere virussen juist een ernstiger ziekteverloop optreedt. Dengue is een ziekte in opkomst; de mens is het voornaamste virusreservoir en de kans op overdracht van het virus neemt toe als veel mensen dicht op elkaar wonen en steekmuggen makkelijk toegang hebben.
De risicogebieden voor dengue komen min of meer overeen met die voor malaria. In Europa en Noord-Amerika komt de ziekte van nature niet voor, behalve in Mexico en Texas. In Midden-Amerika en de Caribische eilanden, Afrika en Zuid-Amerika rond de evenaar, India, Zuidoost-

Azië, de Filippijnen en Noordoost-Australië is de ziekte endemisch. Dengue was eenmaal endemisch in Europa (Griekenland 1928: Giessen et al. 2004). Het endemisme is vooral een gevolg van de koude intolerantie van de tussengastheer *Aedes aegypti*, een gedomesticeerde, overdag mensen stekende steekmug. Echter nu de ziekte ook door de in Europa voorkomende soort *Aedes albopictus* kan worden overgedragen wordt het risico op een ziekte uitbraak veel groter (Giessen et al. 2004).

2.1.1.1.57 Gele koortsvirus

De Gele koorts is een infectieziekte veroorzaakt door het gele koortsvirus dat door steekmuggen wordt verspreid. De ziekte komt alleen in Afrika ten zuiden van de Sahara (ca. 180.000 gevallen per jaar) en Zuid- of Midden-Amerika (ca. 20.000 gevallen per jaar) voor. In Afrika gaat het meestal om de *Aedes aegypti* of *Aedes africanus*, in Zuid-Amerika zijn het vaak steekmuggen van het geslacht *Haemagogus*. Via de speekselklieren van de besmette mug komt het virus in het lichaam binnen en infecteert lymfocyten. Via de regionale lymfeklierstations verspreidt het virus zich vervolgens naar de rest van het lichaam. Muggen die een geïnfecteerde aap of mens steken worden na 2-3 weken besmettelijk.
Per jaar kan in een gebied met veel transmissie wel enkele procenten van de aanwezige bevolking geïnfecteerd worden met het gele koortsvirus. Bij de jong-volwassenen kan in zo'n gebied mede daarom bij de meerderheid antistoffen tegen gele koorts worden aangetroffen. In Nederland is er in meer dan 10 jaar geen gele koorts vastgesteld.

2.1.1.1.58 Japanse encefalitis

Japanse encefalitis is een in Azië niet zo zeldzame en potentieel ernstige virale hersenontsteking (verlammingen, epilepsie, coma, overlijden). Japanse encefalitis is met 30-50.000 gesignaleerde gevallen per jaar de voornaamste vorm van virale encefalitis in Azië, en heeft als bijnaam de 'pest van het Oosten'. Bij de mens veroorzaakt het virus meestal een onschuldige atypische infectie. Ongeveer 1 op 200 besmette personen ontwikkelt encefalitis (varieert tussen 1 per 50 tot 1 per 1000 besmettingen). In ongeveer 3 gevallen op tien lijdt de hersenontsteking tot de dood. In nog eens 3 gevallen op 10 zijn er blijvende neurologische of psychologische restverschijnselen.
De term "Japanse" verwijst naar de plaats van de eerste virusisolatie in 1935. Het verspreidingsgebied is echter veel groter. De ziekte komt vooral voor in landelijke streken van Zuid- en Zuidoost-Azië (van India tot Japan). Recent dook het virus op in Papua Nieuw Guinea en het Noorden van Australië. De infectie komt in de meeste gebieden seizoengebonden voor. In de gematigde klimaatzones vooral rond het einde van de zomer en het begin van de herfst en in de tropische klimaatzones bij het begin van de regenperiode (moesson). De aandoening komt vooral voor waar mensen en varkens in dicht verband samenleven.

2.1.1.1.59 Ustuvirus

Dit virus is voor het eerst in 1959 bij steekmuggen in Zuid-Afrika geïsoleerd en draagt de naam van een rivier in Swaziland. Het is aangetroffen bij vogels en zoogdieren. Het virus is nooit geassocieerd met een ernstige of fatale ziekte bij mensen of dieren (Weissenböck et al. 2002).

2.1.1.1.60 Togaviridae

Er zijn in totaal 25 verschillende togavirussen geïdentificeerd. Togavirussen kunnen verschillende diersoorten infecteren, waaronder vogels, knaagdieren en zoogdieren. Sommige togavirussen veroorzaken een fatale encefalitis (ontsteking van de hersenen) bij bijvoorbeeld paarden, terwijl andere infecties veel mildere symptomen laten zien. Ook mensen kunnen

worden geïnfecteerd door togavirussen, alhoewel dit echter relatief weinig voorkomt. De symptomen van een togavirusinfectie bij mensen variëren van griepachtige verschijnselen tot een ernstige encefalitis.

2.1.1.1.61 Ockelbo

Het Ockelbo virus (een Sinbis gerelateerd virus) wordt door de steekmugsoorten *Aedes cantans*, *A. cinereus*, *A communis*, *A. excrucians*, *A. intrudens*, *Culex pipiens*, *C. torrentium* en *Culiseta morsitans* overgedragen. Het virus overleeft in een vogel-mens-vogel overdrachtscyclus. De ziekte kenmerkt zich door gewrichtspijn (1 week tot 1 maand). Het virus is over geheel Europa, Azië en Afrika verspreid (WHO 2004).

2.1.1.1.62 Sindbisvirus

Het Sindbisvirus veroorzaakt koorts, huiduitslag en gewrichtspijn. Uitbraken zijn van Noord-Europa bekend uit 1981-1982, 1988 en 1995 (Lundstrom 1999). Het SIN virus is één van de minst gevaarlijke alphavirussen voor de mens en wordt daarom vaak gebruikt als een modelvirus in wetenschappelijk onderzoek (Jaenson 1990). Het Sindbisvirus wordt tussen vogels overgedragen door *Culex pipiens*, *C. torrentium* en *Culiseta morsitans*, and terwijl de overdracht tussen vogels en mens plaats vindt door soorten van het gelsacht *Aedes*, met name *A. cinereus*, een soort die zowel bloed zuigt van vogels als van zoogdieren (Jaenson, 1990).

2.1.1.1.63 Chikungunyavirus

Het Chikungunyavirus is een togavirus dat een milde koorts veroorzaakt en is veelal niet levensbedreigend. Het virus kan overgedragen worden door *Aedes aegypti* en *Aedes albopictus* (tijgermug). Voorafgaand aan 2007 waren besmettingen in Europa vooral incidenteel als gevolg van reizigers die besmet terugkeerden. In augustus 2007 brak rond Ravenna in Noord-Italië de eerste epidemie van het Chikungunya-virus in Europa uit. Hierbij raakten > 200 mensen besmet (Seyler et al. 2008).

2.1.1.1.64 Ross River

Voor het eerste geïsoleerd in 1928. De ziekte uit zich in gewrichtspijnen, spierpijn, koorts en huiduitslag. Het wordt onder andere overgedragen door *Aedes vigilax*.

2.1.1.1.65 Equine encefalitis (paardenencefalitis)

Er zijn drie vormen van dit virus. Het virus maakt vooral slachtoffers onder paarden. Echter oversmetting naar de mens is mogelijk en maakte eenmaal in het noordoosten van de VS 35% dodelijke slachtoffers (kinderen). Het oostelijke virus is lethaler dan het westelijke of Venezuela. Het virus wordt door de geslachten *Culex*, *Culiseta*, *Aedes* en *Coquiletidia* overgedragen.

2.1.1.1.66 Overigen

Naast de bovengenoemde virussen is er ook serologisch bewijs voor het voorkomen van het Semliki Forest complex virus in Centraal en Zuid-Europa.

2.1.1.1.67 Bacteriën

2.1.1.1.68 Tularaemia

Tularemie is een bacteriële zoönose veroorzaakt door *Francisella tularensis*. Deze bacterie is één van de meest virulente bacteriën. Infecties vinden in hoofdzaak incidenteel plaats, rechtstreeks door

besmettingsbronnen van dierlijke oorsprong (zoals met uitwerpselen besmet hooi en stro), indirect via steekmuggen (Jaenson 1990) en teken of via oppervlaktewater. Evenals voor vele diersoorten is *F. tularensis* ook voor de mens een virulente ziekteverwekker. *F. tularensis* type B komt voor in Europa, Azië en Noord-Amerika (Jaenson 1990). Het veroorzaakt epidemieën onder bijvoorbeeld bevers, muskusratten en muizen. In Nederland is slechts eenmaal, bij een dode haas, *F. tularensis* aangetroffen. Men moet zich echter realiseren dat dit micro-organisme alleen met gerichte isolatie-technieken is te detecteren.

2.1.1.1.69 Protozoa

Zie paragraaf 2.3.2 Malaria.

2.1.1.1.70 Wormen

2.1.1.1.71 Filariasis

De overdracht van filariasis (veroorzaakt door *Dirofilaria immitis*) geschiedt door *Anopheles*, *Culex*, *Cocquilettidia* en *Aedes* soorten (WHO 1989).

ALTERRA
WAGENINGEN UR

Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting

Piet F.M. Verdonschot

Alterra-rapport 1856, ISSN 1566-7197

Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting

In opdracht van het ministerie van LNV, uitgevoerd in het cluster Ecologische Hoofdstructuur, thema Ecologische doelen en maatlatten waterbeheer (BO-02-007).

Projectcode: HDV 08-02 en HDV 08-48

Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting

Piet F.M. Verdonschot

Alterra-rapport 1856

Alterra, Wageningen, 2009

REFERAAT

Verdonschot Piet F.M., 2009. *Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1856. 76 blz.9 tab.; 50 ref.

Steekmuggen ontwikkelen zich vooral talrijk in moerassen, plas-dras situaties (al dan niet oever) en zeer tijdelijke milieus. Knutten ontwikkelen zich vooral in natte graslanden. Voor beide groepen zijn de factoren permanentie, dynamiek en temperatuur cruciaal. Een verhoogde voedselrijkdom draagt extra aan de ontwikkeling van deze dieren bij. Dit rapport geeft een overzicht van bestaande kennis en een risicosleutel waarmee het risico op 'overlast' door steekmuggen en knutten per gebiedstype kwalitatief in beeld kan worden gebracht. In het rapport worden achtereenvolgens de huidige situatie, de effecten van internationalisering en globalisering, de klimaatverandering en de effecten van de implementatie van de vernattingsopgaven beschreven in het licht van de reeds aanwezige soorten steekmuggen en knutten en met het oog op eventuele nieuwkomers.

Trefwoorden: arbovirus, exoot, knut, klimaatverandering, laag-Nederland, malaria, steekmug, vernattingsopgave

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.boomblad.nl/rapportenservice.

© 2009 Alterra
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

[Alterra-rapport 1856/maart/2009]

Inhoud

Woord vooraf 7

Samenvatting 9

1 Inleiding 11
1.1 Aanleiding 11
1.2 Doel 11
1.3 Vragen 12

2 Nulsituatie 13
2.1 Steekmuggen en knutten in Nederland 13
2.1.1 Leefmilieus van steekmuggen en knutten 13
2.1.2 Risicobepalende factoren en processen 15
2.1.3 Risicoanalyse 19
2.2 Overlast en plaagvorming 20
2.2.1 Plaagvorming door steekmuggen 20
2.2.2 Plaagvorming door knutten 21
2.2.3 Gebiedstypen en plaagvorming 22
2.2.4 Risicosleutel 24
2.3 Ziekten 28
2.3.1 Arbovirussen 28
2.3.2 Malaria 29
2.3.3 Blauwtong 30
2.4 Huidige situatie 31
2.4.1 Gebiedstypen in het Groene Hart 31
2.4.2 Kennis van verspreiding en overlast van steekmuggen en knutten in Nederland 32
2.4.3 Kennis van steekmuggen en knutten in het Groene Hart 33

3 Autonome ontwikkeling met klimaatverandering 35
3.1 Klimaatverandering in Nederland 35
3.2 Gevolgen klimaatverandering voor steekmuggen en knutten 37
3.3 Nieuwkomers 39
3.4 Gevolgen voor de gezondheid 41

4 Toekomstige ontwikkelingen met vernattingsopgaven 43
4.1 Vernattingsopgaven 43
4.2 Effecten op steekmuggen en knutten 43
4.3 Vernatting en gezondheid 43

5 Mitigerende maatregelen 45
5.1 Inleiding 45
5.2 Herinrichting 45
5.3 Beheer 48
5.4 Bestrijding 49

6 Conclusies en aanbevelingen 53
6.1 Conclusies 53
6.2 Aanbevelingen 54

Literatuur 57

Bijlagen
1 Ecologie van steekmuggen 63
2 Ecologie van knutten (Ceratopogonidae) 67
3 Overzicht van (mogelijk) in Europa voorkomende arbovirussen en andere ziekteverwekkers 71

Woord vooraf

Vernatting, klimaatverandering, internationalisering en globalisering brengen allemaal veranderingen mee. Een veel gehoorde zorg bij het natter worden van onze leefomgeving is de opkomst van steekmuggen en knutten met de daarbij behorende bestaande of nieuwe ziekten. Dit rapport zet de kennis op een rij die op dit moment voor dit onderwerp beschikbaar is.

Dit rapport is tot stand gekomen naar aanleiding van een helpdeskvraag van Nico Bos (ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Directie Regionale Zaken (LNV, DRZ)). De uitvoering is uitgevoerd in opdracht van LNV en gefinancierd uit het helpdesk budget van het cluster Ecologische Hoofdstructuur (BO-02) in het thema Ecologische doelen en maatlatten waterbeheer (BO-02-007). Het betreft de beantwoording van de Helpdeskvragen: HDV 08-02 'Muggen- en knuttenproblematiek in het Groene Hart' en HDV 08-48 'Uitbreiding concept-rapportage muggen en knutten'.

Het schrijfproces is begeleid door Nico Bos (LNV, DRZ), Rob Ligtenberg (provincie Zuid-Holland), Marianne Wuite (LNV, DC) en Pim Jansen (provincie Zuid-Holland).

Het rapport is van commentaar voorzien door Prof. Dr. ir. W. Takken (WUR), Prof. dr. M. Koopmans (RIVM), ir. N.W. Bos (LNV, DRZ), drs. E. van Well (LNV, DRZ), J. le Rutte (LNV, DC) en ir. R. Verdonschot (Alterra, WUR). Alle bovengenoemde personen worden hartelijk bedankt voor hun inzet en constructieve bijdragen.

Samenvatting

Steekmuggen ontwikkelen zich vooral talrijk in moerassen, plas-dras situaties (al dan niet oever) en korte tijd aanwezige watermilieus. Knutten ontwikkelen zich vooral in natte graslanden. Voor beide groepen zijn de het al dan niet permanent aanwezig zijn van water, de wisselingen daarin en de temperatuur van groot belang. Een verhoogde voedselrijkdom draagt extra bij aan de ontwikkeling van deze dieren. Dit rapport geeft een overzicht van de bestaande kennis en een risicosleutel waarmee het risico op 'overlast' door steekmuggen en knutten per gebiedstype kwalitatief in beeld kan worden gebracht.

In de huidige situatie, bij het huidige klimaat, is in veel gebieden in laag-Nederland reeds sprake van 'overlast' door steekmuggen en knutten. De aard en omvang van deze 'overlast' is echter niet bekend. Bij een ongewijzigd klimaat blijft deze 'overlast' aanwezig en in geval van verdere inklinking van bodems zou als gevolg van het huidige waterbeheer de 'overlast' zelfs enigszins kunnen toenemen (autonome vernatting).

Door de verdere internationalisering en globalisering van het handelsverkeer vindt er meer uitwisseling van goederen en daarmee ongewild ook van steekmuggen, knutten en ziektekiemen plaats.

Door klimaatverandering verandert de temperatuur en de neerslagverdeling in Nederland. Het warmere klimaat en de nattere winters en heftige zomerbuien tijdens droge, warme zomers dragen bij aan verstekte wisselingen in waterpeilen. Dit betekent ook dat klimaatverandering leidt tot uitbreiding van geschikte leefmilieus voor steekmuggen en knutten. Dit betreft niet specifiek gebiedstypen aanwezig in het landelijk gebied, maar betreft alle situaties waar tijdelijke, ondiepe wateren kunnen ontstaan. Omdat klimaatverandering inmiddels een gegeven is, wordt deze ontwikkeling als autonoom beschouwd.

Om de effecten van klimaatverandering op de mate van ontwikkeling van steekmuggen en knutten te sturen en verminderen zijn diverse herinrichtings- en beheermaatregelen mogelijk.

Door het uitvoeren van de verschillende vernattingsopgaven worden eveneens grotere delen van gebieden meer geschikt als leefmilieu voor steekmuggen en knutten. Vooral de gebiedstypen van moeras, plas-dras en nat grasland zijn van belang.

Om de effecten van vernatting op de mate van ontwikkeling van steekmuggen- en knuttenpopulaties te sturen en verminderen zijn diverse herinrichtings- en beheer-maatregelen mogelijk. Een overzicht van deze herinrichtings- en beheermaatregelen is in dit rapport opgenomen. Om onvoorziene 'overlast' of tijdelijk locale 'overlast' als gevolg van herinrichting tegen te gaan is bestrijding mogelijk.

Tot op heden worden de in West-Europa door steekmuggen overgedragen virussen en andere ziekteverwekkers niet als een groot gezondheidsprobleem (h)erkend. Een groot aantal van de genoemde virussen brengen geen grote gezondheidsrisico's mee.

Klimaatverandering en internationaal verkeer dragen bij aan vergroting van de kans op vestiging van nieuwe soorten steekmuggen en knutten. Deze soorten kunnen nieuwe ziekten overdragen. Voor zover nu bekend betreft dit vooral soorten die talrijk ontwikkelen in en nabij de bebouwde omgeving. De komst van deze soorten is onafhankelijk van het Nederlandse waterbeheer, maar een gevolg van de autonome ontwikkelingen geïnitieerd door klimaatverandering.

De bijdrage van vernatting aan de vestiging en uitbreiding van nieuwe soorten steekmuggen en knutten is onzeker omdat de kennis van de ecologie van deze nieuwkomers en hun specifieke gedrag onder de toekomstige Nederlandse condities nog onvoldoende bekend is. In hoeverre nieuwkomers of nieuwe ziekten die ook overgedragen kunnen worden door inheemse steekmuggen en knutten baat bij vernatting hebben is eveneens onzeker.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Enkele jaren geleden is op verzoek van het ministerie van Verkeer en Waterstaat een onderzoek gedaan naar de effecten van muggen en knutten op de volksgezondheid. Dit heeft geresulteerd in de brochure: Muggen & Knutten (2002). Deze brochure geeft een vrij algemeen beeld van de stand van dat moment. Klimaatverandering en de vernattingsopgave geven beide aanleiding om opnieuw naar deze brochure te kijken.

Klimaatverandering leidt tot opwarming, nattere winters en drogere zomers met korte perioden van intense regen. Het gevolg hiervan is dat het watersysteem dynamischer wordt. Leidt klimaatverandering hiermee tot verbetering van het milieu voor steekmuggen en knutten?
Bij de uitvoering van de vernattingsopgave zijn projecten geïnitieerd die gericht zijn op:

- Het vernatten van het landgebruiksysteem in het kader van het tegengaan van bodemdaling.
- Het tegengaan van verdroging van belangrijke natuurgebieden.
- De aanleg van nieuwe boezems.
- De aanleg van nieuwe natuur, bijvoorbeeld in het kader van de Ecologische Hoofdstructuur en de aanleg van de robuuste verbinding Groene Ruggengraat door het Groene Hart.

Hierbij speelt steeds de vraag of bij dit type projecten een voor steekmuggen en knutten geschikt milieu ontstaat. In discussies over vernatten en wijzigen van de waterhuishouding blijkt elke keer dat dit vraagstuk wordt gebruikt als argument tegen dergelijke projecten.

Het ministerie van LNV heeft daarom opdracht gegeven aan Alterra, Wageningen UR tot een aanvullende helpdeskvraag, bedoeld om een specifiekere verkenning uit te voeren naar de effecten van klimaatverandering en vernatting op steekmuggen en knutten. Het resultaat daarvan is dit rapport.

1.2 Doel

Het doel van het te verrichten onderzoek is inzicht te krijgen in het optreden van 'overlast' veroorzaakt door steekmuggen en knutten onder de huidige omstandigheden en in de nabije toekomst door klimaatveranderingen en bij de uitvoering van vernattingsopgaven. Daarnaast worden eventuele maatregelen in beeld gebracht die kunnen bijdragen aan vermindering van genoemde 'overlast' onder betreffende omstandigheden.

1.3 Vragen

Deze verkenning is uitgevoerd als korte bureaustudie gebaseerd op bestaande en snel beschikbare kennis. De antwoorden op onderstaande vragen vormen een eerste indicatie van de mogelijkheden:

1. Welke 'overlast' door steekmuggen en knutten treedt in de huidige situatie, bij het huidige klimaat, op?
2. Welke veranderingen in 'overlast' door steekmuggen en knutten zijn te verwachten door klimaatveranderingen, onafhankelijk van eventuele vernattingsopgaven?
3. Met welke maatregelen kunnen de effecten van de te verwachten klimaatveranderingen op 'overlast' door steekmuggen en knutten worden verminderd?
4. Welke veranderingen in 'overlast' door steekmuggen en knutten zijn te verwachten door het uitvoeren van vernattingsopgaven?
5. Met welke maatregelen kunnen de effecten van de vernattingsopgaven op 'overlast' door steekmuggen en knutten worden verminderd?

Als vertegenwoordigers uit de families van de steekmuggen en knutten zich massaal ontwikkelen, kunnen deze plaatselijke overlast veroorzaken. Bij overlast is sprake van: 'het hinderlijk voorkomen van één of meer organismen voor mens, gewas of bezit'. Onder een plaag wordt verstaan: 'het in zulke grote aantallen voorkomen van één of meer organismen, dat ze schade veroorzaken of dreigen te veroorzaken voor de mens, zijn gewassen of zijn bezittingen'. Of een organisme overlast of een plaag veroorzaakt, hangt niet zozeer af van zijn aantal, als wel van de mate waarin het schade (overlast) veroorzaakt. Ook organismen die in geringe aantallen voorkomen, kunnen overlast of een plaagsituatie teweegbrengen (Gruys et al., 1985). Voor een massale ontwikkeling van steekmuggen en knutten zijn een aantal randvoorwaarden nodig. De volgende voorwaarden dragen bij aan overlast en plaagvorming (Zadoks, 1985):

a. een gunstig leefmilieu,
b. een geringe dichtheid van parasieten en predatoren,
c. een voldoende voedselaanbod,
d. een bepaalde aanvangspopulatie van plaaginsecten.

2 Nulsituatie

2.1 Steekmuggen en knutten in Nederland

2.1.1 Leefmilieus van steekmuggen en knutten

Steekmuggen ontwikkelen zich meestal in oppervlaktewateren met een grote dynamiek in milieuvariabelen, zoals temperatuurswisseling, uitdroging, organische verontreiniging en een wisselend zuurstofgehalte. Dit in tegenstelling tot veel van hun potentiële predatoren, die dergelijke milieus vermijden. Knutten ontwikkelen zich in een groot scala aan habitats, van natte organisch rijke graslanden tot moerassen tot aan diepe meren.

Voor overlast gevende of plaagvormende populaties van steekmuggen en knutten kan onderscheid worden gemaakt tussen de habitateisen van de verschillende levensstadia van (Tabel 1; Bijlage 1, 2):

- Huissteekmuggen;
- Moerassteekmuggen;
- Malariamuggen;
- boomholtesteekmuggen (de twee mogelijk in de nabije toekomst te verwachten risicodragende soorten Aedes albopictus en A. aegypti zijn onder deze groep opgenomen);
- knutten (de knutten zijn in lijn met de opdracht als gehele groep opgenomen alhoewel een nadere differentiatie in de toekomst gewenst is).

Tabel 1. Habitateisen van levenstadia van steekmuggen en knutten als groep.

Levensstadium	genus	habitat
malariamuggen (1)		
eieren van malariamuggen	*Anopheles*	ei-afzetting enkelvoudig op het wateroppervlak
larven van malariamuggen	*Anopheles*	verlandende sloten, plas-dras bermen met dichte verlandende vegetaties
volwassen malariamuggen	*Anopheles*	rust- en schuilplaats: bosschages, ruigtebegroeiing overwintering: als volwassenen in o.a. veestallen
moerassteekmuggen (2)		
eieren van moerassteekmuggen	*Aedes* *Culiseta (Culicella)*	ei-afzetting: semi-aquatisch of terrestrisch (vochtige bodems) ei is het overwinteringsstadium
larven van moerassteekmuggen	*Aedes* *Culiseta (Culicella)*	randen van vochtige bossen, moerasbossen, open en gesloten veenmoerassen en overstromingsplassen in rivier- en beekdalen
volwassen moerassteekmuggen	*Aedes* *Culiseta (Culicella)*	rust- en schuilplaats: hoog opgaande begroeiing zoals bos, struikgewas, ruigtebegroeiing

Levensstadium	genus	habitat
huissteekmuggen (3)		
eieren van huissteekmuggen	*Culex* *Culiseta (Culiseta)*	ei-afzetting: in vlotjes op het wateroppervlak
larven van huissteekmuggen	*Culex* *Culiseta (Culiseta)*	vrijwel alle semi-permanente en temporaire wateren, ook massale ontwikkeling in boomgaten, regentonnen, blikjes, autobanden, dakgoten en overige antropogene waterpartijen
volwassen huissteekmuggen	*Culex* *Culiseta (Culiseta)*	rust- en schuilplaats: hoog opgraande begroeiing zoals bos, struikgewas, ruigten overwintering: in boomholten, kruipgaten, stallen en schuren
boomholtesteekmuggen (4)		
eieren *Aedes albopictus, Aedes aegypti*	*Aedes*	ei-afzetting: net boven waterlijn ei is het overwinteringsstadium ei is droogteresistent
larven van *Aedes albopictus, Aedes aegypti*	*Aedes*	massale ontwikkeling in boomgaten, regentonnen, blikjes, autobanden, dakgoten en overige antropogene waterpartijen
volwassen *Aedes albopictus, Aedes aegypti*	*Aedes*	rust- en schuilplaats: opgaande begroeiing
knutten(5)		
knutten	*familie* *Ceratopogonidae*	rust- en schuilplaats: opgaande begroeiing overwintering: als ei of larve ei-afzetting: allerlei wijzen

Toelichting:

(1) Het habitat van de **malariamug** bestaat uit allerlei stilstaande ondiepe wateren (sloten, kanalen, poeltjes, plassen) met veel ondergedoken of emergente vegetatie, verlandende sloten en verlandingszones. De larven hebben geen ademhalingsbuis en hangen horizontaal tegen het wateroppervlak en voeden zich in tegenstelling tot andere steekmuggen ook aan het wateroppervlak. Malariamuggen ontwikkelen zich vanaf het voorjaar (mei) en bereiken de hoogste aantallen (circa 3de generatie) in de nazomer (hogere temperaturen; juli-september). Ze overwinteren als volwassenen.

(2) De ontwikkeling van de **moerassteekmug** is sterk gebonden aan waterpeilfluctuaties. De larven leven in temporaire moeras- en drassituaties en het tijdelijk droogvallende substraat dient als locatie voor het afzetten van de eitjes. Deze situatie kan het gevolg zijn van een weinig doorlatende ondergrond, eventueel in combinatie met een terreinreliëf waarin water stagneert, of een meer doorlatende of 'lekkende' ondergrond in combinatie met een tijdelijk hogere grondwaterstand.

(3) De **huissteekmug** kan zich vrijwel in alle semi-permanente, temporaire en antropogene wateren ontwikkelen. De larven leven in kleine waterpartijen met sterke fluctuaties in milieuomstandigheden. Voorbeelden zijn sterk organisch belaste wateren of wateren met een korte bestaansduur, zoals regenwaterplassen.

(4) De **boomholtesteekmug**, ook wel containersteekmug genoemd, dankt haar naam aan het oorspronkelijk habitat, de boomholte. Deze groep kan zich echter in allerlei zeer kleine, tijdelijke wateren ontwikkelen, waaronder autobanden, blikjes, schaaltjes en boomholten. De eieren ontwikkelen zich wanneer een dergelijk 'micro'-oppervlaktewater zich met water vult, bijvoorbeeld na een regenbui. Bij voldoende hoge temperaturen vliegen de larven na korte tijd uit. Boomholtesteekmuggen komen ook voor in permanente 'containermilieus', waar ze meerdere generaties ontwikkelen waarbij ook predatoren aanwezig kunnen zijn die de aantallen slechts enigszins verlagen.

(1 t/m 4) Voor **alle volwassen steekmuggen** zijn opgaande (al dan niet lijnvormige) houtige en hoge kruidachtige begroeiingen aantrekkelijk om te schuilen en om zich doorheen te verplaatsen. Ze bieden bescherming tegen wind en hebben over het algemeen een hoge luchtvochtigheid (geschikt microklimaat). Ze vormen ook een verbindingszone tussen het leefgebied van steekmuggen en eventuele bebouwing.

Het verspreidingsvermogen van steekmuggen verschilt per soort. Sommige soorten kunnen zich verspreiden in half open terrein, terwijl andere soorten sterk gebonden zijn aan bossen en open terrein geheel vermijden.

(5) **Knutten** kunnen zich, afhankelijk van de soort, in allerlei milieus ontwikkelen. Vooralsnog gaan we ervan uit dat in ieder geval vochtig grasland habitat is voor de soorten van het genus *Culicoides*. Dit is het genus dat bloed zuigt en o.a. blauwtong overdraagt. Of hier ook aquatische milieus aan bijdragen is nog onbekend.

2.1.2 Risicobepalende factoren en processen

Voor een bestaand of her in te richten gebied kan op basis van kennis van risicobepalende factoren en processen worden beoordeeld hoe groot het risico is dat steekmuggen en knutten massaal gaan optreden. De volgende factoren of processen zijn van invloed op de vorming van habitats die geschikt zijn voor ten eerste de verschillende levensstadia van steekmuggen en ten tweede het voorkomen van hun predatoren. Daarmee bepalen ze de risico's van inrichtingsmaatregelen. Predatoren of rovers ontbreken wanneer milieuomstandigheden sterk wisselen (bijvoorbeeld droogval) of in extremen verkeren. Over de biologie van knutten is onvoldoende bekend om deze factoren voldoende te kunnen invullen.

Permanentie van het oppervlaktewater

De permanentie of omgekeerd de mate van droogval van een oppervlaktewater wordt bepaald door de neerslag, de grondwaterstand, en de mate en frequentie van inundatie. Op basis van waterdiepte en hydrologische isolatie van een al dan niet tijdelijk oppervlaktewater zijn verschillende watertypen te onderscheiden.

Permanente oppervlaktewateren

Dit betreft wateren zoals plassen, boezems, nooit droogvallende sloten, kanalen, beken of rivieren In dergelijke permanente wateren kunnen populaties van predatoren van steekmuggen hun levenscyclus voltooien en door predatie voorkomen dat steekmuggen zich massaal ontwikkelen. Steekmuglarven zijn uiterst kwetsbaar voor predatie, mede omdat ze zich vaak aan het wateroppervlak bevinden. Ook in tijdelijk onder water staande terreinen die met permanente wateren verbonden zijn, kunnen steekmuglarven zich moeilijk ontwikkelen, omdat deze toegankelijk zijn voor predatoren uit het permanente water.

Geïsoleerde semi-permanente en temporaire oppervlaktewateren

Deze wateren hebben een geringe waterdiepte en zijn niet verbonden met permanente oppervlaktewateren. Dergelijke oppervlaktewateren hebben een grote kans om jaarlijks droog te vallen. Droogvalling is bij uitstek een gunstige uitgangspositie voor de ontwikkeling van grote aantallen steekmuggen. Als gevolg van droogval delen de steekmuggen het water met weinig andere organismen, dit is gunstig voor steekmuggen, omdat de larven een uiterst geringe concurrentiekracht hebben. Ook kunnen de meeste predatoren van steekmuglarven hun levenscyclus niet voltooien in droogvallende wateren en ontbreken dan ook. Lage concurrentie en predatie leiden tot het massaal optreden van steekmuggen in dit type wateren.

Stroming en golfslag

Steekmuggen zijn voor hun ontwikkeling afhankelijk van stilstaand water. De larven en poppen van steekmuggen zijn zeer gevoelig voor stroming en golfslag, en zullen wanneer dit optreedt in hun ontwikkeling beperkt blijven (Fritz & Heimer, 1981). In grotere oppervlaktewateren met een brede ondiepe oeverzone zal tussen de oevervegetatie nauwelijks stroming of golfslag optreden. In deze delen is de aanwezigheid van predatoren (zoals roofkevers, libellenlarven en amfibieën) een belangrijkere factor die de ontwikkeling van de steekmuggen beperkt.
Knutten komen in allerlei wateren voor. Stroming en golfslag spelen een geringe rol ten aanzien van het voorkomen, behalve indien daadwerkelijk sprake is van stroming. De oeverzone is altijd voor bepaalde soorten geschikt.

Terreinreliëf in relatie tot bodemopbouw

Met het reliëf van het terrein wordt een afwisseling van hogere en lagere delen van het maaiveld bedoeld. Deze afwisseling kan het gevolg zijn van inrichtings-maatregelen (zoals plaggen of afgraven) of van nature aanwezig zijn (zoals langs beken en rivieren, in duinvalleien en moerasgebieden). Langs grotere beken en rivieren kan door erosie en sedimentatie tijdens inundaties ook een bepaald reliëf ontstaan. In moerasgebieden ontstaat reliëf als gevolg van bultvorming door de aanwezige vegetatie.
Tijdens perioden met veel neerslag of na inundatie kan water achterblijven in laagten, putjes en kuilen. De verblijftijd van het water is afhankelijk van de doorlaatbaarheid van de bodem en de terreinhelling (deze laatste factor vooral in vlakke gebieden). Wanneer veel kleiafzettingen in de bodem aanwezig zijn, kan water lange tijd blijven staan. Bestaat de bodem voornamelijk uit zand, dan zal het water sneller inzijgen, behalve wanneer sprake is van een hoge grondwaterstand (bijvoorbeeld zo hoog als het maaiveld). Wanneer in het voorjaar plassen en poelen langer water bevatten, is dit in het voordeel van steekmuggen. In combinatie met de ontwikkeling van hogere vegetatie (hogere luchtvochtigheid en windluwte) is dit een gunstige uitgangssituatie voor steekmuggenplagen.

Verlanding

Verlanding van ondiepe oppervlaktewateren en oeverzones bevordert de ontwikkeling van habitat voor steekmuggen. Tussen de dichte submerse en emergente watervegetaties hebben larven van steekmuggen meer schuil- en ontsnappingsmogelijkheden voor predatoren. Ondiepe delen warmen daarnaast ook sneller op, hetgeen de groeisnelheid van larven van steekmuggen sterk bevordert.
Ook voor knutten zijn dergelijke zones met ondiep water en veel organisch materiaal als habitat zeer geschikt.

Opslag van bomen en struiken

Voor volwassen steekmuggen zijn opgaande (al dan niet lijnvormige) houtige en hoge kruidachtige begroeiingen aantrekkelijk om te schuilen en geschikt om zich doorheen te verplaatsen. De begroeiing biedt bescherming tegen wind en wordt over het algemeen gekenmerkt door een hoge luchtvochtigheid (geschikt microklimaat). Hiermee vormt de begroeiing een verbindingszone tussen de plaats waar de larven zich ontwikkelen en eventuele bebouwing, waar de vrouwtjesmuggen op zoek gaan

naar een bloedmaaltijd. Het verspreidingsvermogen van steekmuggen verschilt per soort. Sommige soorten kunnen zich in half open terrein verspreiden, terwijl andere soorten sterk gebonden zijn aan bossen. Deze volwassen steekmuggen mijden open terrein volledig, onder andere vanwege de lagere luchtvochtigheid.
De afstand waarover steekmuggen zich op eigen kracht verspreiden is beperkt, behalve wanneer ze met de wind worden verplaatst. Wanneer er open terrein tussen menselijke bewoning en het leefgebied van steekmuggen aanwezig is, blijft overlast vaak beperkt, omdat maar weinig volwassen steekmuggen de bewoning bereiken.

Temperatuur
Steekmuggen ontwikkelen zich sneller bij hogere temperaturen. Ondiepe wateren warmen in de zomer snel op en vormen daarmee een uitstekend milieu voor de zich dan zeer snel (tot binnen 10 dagen) ontwikkelende steekmug. Opeenvolgende jaren met warme zomers kunnen de omvang van de aanvangspopulaties doen toenemen.

Milieuwisselingen en extreme condities
Een sterke wisseling van milieuomstandigheden, bijvoorbeeld een afwisseling van zout (brak) naar zoet water of van neutraal naar een lage zuurgraad, heeft tot gevolg dat de meeste waterdieren sterven. Met een wisseling naar brak of zoet wordt een nieuw watermilieu gecreëerd waar, als gevolg van afwezigheid van predatoren, steekmuggen zich goed in kunnen ontwikkelen. Extreme milieus zoals regentonnen en natte kruipgaten leveren een voor veel aquatische organismen onleefbaar milieu op, maar een habitat dat echter wel weer geschikt is voor steekmuggen.

Inundatie
Het moment in de tijd, de frequentie en de duur van inundatie in samenhang met het terreinreliëf zijn sterk bepalend voor de permanentie van achterblijvende wateren. Overstroming van rivieruiterwaarden en beekbegeleidende gronden treedt vooral op in de winter en het voorjaar (beek- of rivierinundatie). In onregelmatige terreinen met een slecht doorlatende bodem (veen- en kleigebieden, zoals veel aanwezig in de laagveenregio in het westen van Nederland) of terreinen met een hoge grondwaterstand (bijvoorbeeld duinvalleien, laagten en veenweidepolders) treden als gevolg van intense neerslag in de zomer ook (regen)inundaties op. Water zal in vlakke gebieden na (regen)inundatie langer aanwezig blijven. Wanneer gedurende langere tijd water in een terrein achterblijft, biedt dit een semi-permanent milieu dat geschikt is voor de ontwikkeling van steekmuggen.

Eutrofiëring en saprobiëring
Verrijking met voedingsstoffen (eutrofiëring) leidt onder andere tot een sterk wisselende zuurstofhuishouding. Veel wateren in agrarisch gebied zijn door uitspoeling van landbouwkundige meststoffen ge-eutrofiëerd. Hierdoor treden periodes op waarin het water zeer weinig zuurstof bevat. Steekmuggen hebben onder zuurstofarme condities meer overlevingskansen ten opzichte van veel andere waterdieren, zoals hun predatoren. Dit is het gevolg van een aangepaste ademhaling. Steekmuglarven zijn namelijk in staat via een adembuis zuurstof uit de lucht te gebruiken. Eutrofiëring leidt ook tot meer algenontwikkeling en eventueel een groter

aantal dierlijke micro-organismen. Beide dragen bij aan een verhoogd voedselaanbod voor de steekmuglarven.
Saprobiëring (= verrijking met dood organisch materiaal) treedt op wanneer organisch materiaal in een oppervlaktewater terecht komt. In geval van lozingen is er vaak sprake van het plotseling optreden van voor steekmuggen gunstige zuurstof-arme omstandigheden. In poelen en greppels in bosgebieden leidt bladval tot saprobiëring. In deze wateren vormt het organisch materiaal ook de basis voor het voedsel voor veel steekmuggen, namelijk de bacteriën en algen die op deze bladeren voorkomen.

Beheer

Begrazing door runderen en/of paarden kan het terreinreliëf vergroten. Afhankelijk van de bodemgesteldheid en vegetatiestructuur kunnen lage plekken met vaak een sterk verdichte bodem ontstaan (pootafdrukken, kuilen, ligplekken van vee), waarin water kan achterblijven. Omgekeerd echter voorkomt een hoge graasdruk de ontwikkeling van hoog opgaande vegetatie, wat weer negatief uitwerkt voor volwassen steekmuggen.
Ook het maaibeheer speelt een rol in het leefgebied van steekmuggen. Extensief beheerde weidegebieden hebben veelal hogere vegetaties met een hogere luchtvochtigheid en met meer luwe plekken, wat in het voordeel is van steekmuggen.

De levensstadia van steekmuggen en knutten kunnen direct in verband worden gebracht met de risicobepalende factoren en processen (Tabel 2).

Tabel 2. Het verband tussen levensstadia van steekmuggen en knutten en risicobepalende factoren en processen. (+++ = randvoorwaarde, ++ = groot voordeel, + = voordeel, 0 = niet noodzakelijk, - = nadeel)

risicofactoren en processen	***positief voor steekmuggen en knutten***	**eieren en larven** **moeras-steekmuggen**	**huissteek-muggen**	**malaria-muggen**	**boomholte-steek-muggen[4]**	**knutten**
predatie	*afwezig*	+++	+++	++	++	+
permanentie	*droogval*	+++	++	0/+	0	0
waterbeweging	*afwezig*	-	-	-	-	0
terreinreliëf	*onregelmatig*	+++	+++	0/+	+++	+
verlanding	*sterk*	+	++	+++[3]	++	+
temperatuur	*hoog*	++	++	++	+++	++
milieuwisselingen/ extreme condities	*sterk*	0	++	0	+++	0
inundatie	*aanwezig*	+++[1]	++[2]	0	+++[1]	+
eutrofiëring/ saprobiëring	*hoger*	+	+	++	++	+
		volwassenen				
opslag	*aanwezig*	++	++		++	
bewoning	*aanwezig*	0	++	++	++	
beheer	*aanwezig*					

1 met name in het voorjaar en in mindere mate zomer
2 met name in de zomer
3 watervegetatie
4 komen nog niet in Nederland voor

Samenvattend beschrijft Tabel 2 enkele milieutypen en omstandigheden die positief bijdragen aan mogelijke plaagvorming. Echter deze tabel kan niet los gezien worden van andere factoren die een rol spelen bij het daadwerkelijk optreden van 'overlast', zoals keuzen in gebiedsinrichting en beheeropties.

Samenvattend:

- De larven van moerassteekmuggen gedijen optimaal wanneer er in een onregelmatig terrein veel tijdelijk (geen predatoren) water is (veel poeltjes als gevolg van inundatie door begeleidend water of door winterneerslag) in het voorjaar, en de temperaturen oplopen.
- De larven van huissteekmuggen gedijen optimaal wanneer er tijdelijk (geen predatoren) of predatorloos permanent (milieuwisseling bijvoorbeeld in verlandingszones of extreme condities in regentonnen) water is en de temperatuur over meer dan 10 dagen hoog (>20°C) is (vaak in de zomer)
- De larven van malariamuggen gedijen optimaal in plantenrijke, ondiepe, mogelijk voedselverrijkte wateren (minder predatie, voedsel) in de zomer bij hoge temperaturen.
- De larven van boomholtesteekmuggen ontwikkelen zich in de zomer in allerlei zeer kleine, tijdelijke wateren, van nature in boomholten maar ook in autobanden, blikjes en schaaltjes. Deze groep komt nog niet in Nederland voor maar is in de nabije toekomst te verwachten en is daarom voor alle duidelijkheid hier opgenomen
- De knutten is een grote groep die onder allerlei omstandigheden gedijen. Voor een meer specifiek beeld dienen de meest relevante genera apart bekeken te worden. Echter het onderhavige onderzoek is niet toereikend voor deze verfijning.

2.1.3 Risicoanalyse

Om de kans op overlast of een plaag van steekmuggen of knutten in te schatten is een risicoanalyse uitgevoerd. De risico's op overlast of plaagvorming worden bepaald door:

a) De habitateisen van relevante levensstadia van steekmuggen en knutten;
b) De aanwezigheid van geschikte habitats en de daar bijbehorende sturende factoren en processen.

De habitateisen komen voort uit de ecologie van de soortgroepen (Bijlage 1, 2) en zijn per groep samengevat gepresenteerd in paragraaf 2.1.1. De mate van geschiktheid van een habitat is gebaseerd op watertype, diepte/permanentie, peil en voedselrijkdom.
Het al dan niet optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is tenslotte uitgedrukt in risicoklassen (Tabel 3).

Tabel 3. Omschrijving van de risicoklassen.

Risicoklasse	omschrijving
zeer risicovol (+++)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is bijna zeker
risicovol (++)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is groot
potentieel risicovol (+)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is zeker mogelijk
risicoarm (0)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is gering
geen risico (-)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is nagenoeg nul

2.2 Overlast en plaagvorming

2.2.1 Plaagvorming door steekmuggen

Omdat veel larvale habitats van steekmuggen ongeschikt zijn voor kolonisatie door (potentiële) predatoren (rovers) als gevolg van zeer wisselende milieuomstandigheden kunnen hoge dichtheden aan steekmuggen en daarmee plagen ontstaan. Predatoren van larven van steekmuggen zijn vissen, amfibieën, waterinsecten (rovers als kevers, libellen en wantsen) en vogels (bijvoorbeeld de witte kwikstaart). Steekmugpopulaties kunnen op plaatsen zonder predatoren grote dichtheden bereiken. Er zijn gevallen bekend waarbij populaties tot meer dan 50.000 larven per vierkante meter uitgroeiden. Naar schatting kunnen circa 113.000.000 eieren per 0.4 hectare moerasland worden afgezet. Echter is de sterfte van de larven tijdens de aquatische stadia hoog. Het opdrogen van het habitat is hiervan de belangrijkste oorzaak.

De weersomstandigheden in een jaar in samenhang met de locale terreingesteldheid bepalen in hoeverre een steekmugplaag kan ontstaan. Daarbij wordt aangenomen dat de oorspronkelijke populatie enkele jaren nodig heeft om uit te groeien tot een plaagvormende populatie. Dit geldt in het bijzonder voor de soorten die hun eieren semi-aquatisch of terrestrisch afzetten. In natte zomers blijven adulten langer leven, zodat voorjaarssoorten ook nog in de zomer worden aangetroffen. Afhankelijk van de weersomstandigheden en van de soort varieert het aantal generaties in een jaar van één tot meer. De watermassa van het larvale habitat is in de regel beperkend (opdroging). In ondiepe wateren bereikt de temperatuur snel hoge waarden, waardoor de groei van de larven versneld kan worden en er meerdere generaties achter elkaar tot ontwikkeling kunnen komen. In de gematigde zone zijn de soorten van het geslacht *Aedes* de belangrijkste plaagvormende steekmuggen, alhoewel plaatselijk ook soorten van de geslachten *Culex* en *Culiseta* tot hoge dichtheden kunnen uitgroeien.

Om te begrijpen hoe een steekmuggenplaag ontstaat is kennis nodig omtrent de relatie tussen het milieu en de ecologie van de veroorzakende soort(en) en wel van elk stadium: ei, larf, pop en adult. Voor de vorming van een *Aedes*-plaag is onder andere van belang op welke hoogte boven de waterlijn de eieren zijn afgezet. Een

hogere waterstand leidt tot ei-afzetting op een hoger niveau. Dit heeft tot gevolg dat in droge jaren de eieren niet door het water worden bereikt. Het voorkomen van eventuele opeenvolgende *Aedes*-generaties is afhankelijk van tussentijdse wisselingen in de waterstand; het aantal wisselingen en de mate daarvan (wat afhankelijk is van de hoeveelheid en verdeling van de neerslag) bepalen, afhankelijk van de soort, het aantal generaties. Over het algemeen blijkt dat de eerste (voorjaars)generatie de hoogste dichtheden oplevert, hetgeen samenhangt met de hydrologisch natte situatie in het voorjaar, die doorgaans aanzienlijk van de drogere zomersituatie verschilt.

Hoge dichtheden van *Culex* en *Culiseta* soorten treden veelal alleen op tijdens extreem natte zomerperioden of in nieuw gevormde wateren.

De aanwezigheid van predatoren in een permanent water of een permanent water in verbinding met een relatief klein tijdelijk water voorkomt een overmatige toename van de steekmugpopulatie. Naast de predatie op steekmuglarven kan ook predatie optreden op volwassen steekmuggen. Roofvliegen prederen op uitvliegende adulten, en spinnen en vogels (bijvoorbeeld zwaluwen) op adulten. Het is echter niet waarschijnlijk dat dergelijke predatie in belangrijke mate invloed heeft op de omvang van de plaag.

Naast een geschikt leefmilieu en een geringe predatordichtheid is ook een voldoende groot voedselaanbod voor de steekmuglarven van belang. Het voedselaanbod voor steekmuggen en knutten kan bestaan uit dierlijke micro-organismen, algen en plantenresten. In voedselrijk en met afgestorven plantenmateriaal en blad belast water is het voedselaanbod hoger.

Tenslotte speelt de omvang van de aanvangspopulatie een rol. De omvang van de aanvangspopulatie van steekmuggen en knutten is afhankelijk van de grootte van het leefmilieu, de beschikbaarheid van het milieu (tijdsduur) en de temperatuur. Wanneer in opvolgende jaren geschikt leefmilieu optreedt, zullen bij bijvoorbeeld huissteekmuggen en malariamuggen meer vrouwtjes en bij moerassteekmuggen meer eieren de winter overleven en zal de aanvangspopulatie toenemen. Het verdere verloop is voor huissteekmuggen en malariamuggen sterk weersafhankelijk, en voor moerassteekmuggen sterk waterpeilafhankelijk.

2.2.2 Plaagvorming door knutten

Knutten kennen veelal twee perioden waarin ze massaal kunnen optreden, een voorjaarspiek (mei-juni) en een piek in de nazomer (augustus). De voorjaarspiek is een gevolg van een zekere synchronisatie van de overwinterende larven terwijl de nazomerpiek vaak tweede generaties betreft. De univoltiene soorten (soorten met één generatie per jaar) vliegen veelal van juni tot augustus, maar dit verschilt sterk per soort.

Alle vrouwtjes prederen op volwassen insecten zoals vedermuggen, eendagsvliegen en andere knutten. De vrouwtjes bijten de prooi, pompen enzymen in de prooi en

zuigen vervolgens de gehele opgeloste prooi-inhoud op. Soms worden tijdens de paring ook de mannetjes gedood en leeggezogen. Daarnaast zuigen sommige soorten bloed. De vrouwtjes die bloed zuigen doen dit om hun eiwitvoorraad aan te vullen, soms al voor de eerste leg, anders pas bij de tweede of latere leg. Bloed kan van mensen maar ook van andere gewervelden (inclusief kikkers) gezogen worden. De bloedzuigende soorten brengen vaak ziekten (virussen, protozoa, draadwormen) over (Linley, 1985). Knutten zijn onder andere verantwoordelijk voor de verspreiding van de ziekte blauwtong onder herkauwers. In augustus 2006 openbaarde deze ziekte, die normaal in warme streken voorkomt, zich bij Nederlandse schapen.

2.2.3 Gebiedstypen en plaagvorming

De in paragraaf 2.1.2 beschreven risicobepalende factoren en processen die een rol spelen bij 'overlast' door steekmuggen en knutten hangen sterk samen met veel voorkomende gebiedstypen. Per gebiedstype zijn hierna deze risicobepalende factoren en processen benoemd:

Open water
Op basis van de waterdiepte en hydrologische isolatie zijn de volgende subtypen open oppervlaktewateren te onderscheiden:
- Diepe oppervlaktewateren (waterdiepte > 0.8 m), eventueel permanent in open verbinding met grotere wateren (boezem of plas).
- Diepe hydrologisch geïsoleerde oppervlaktewateren (waterdiepte > 0.8 m) die gevoed worden door regenwater, grondwater of waterinlaat.
- Ondiepe geïsoleerde oppervlaktewateren (waterdiepte < 0.8 m).
- Ondiepe oppervlaktewateren (waterdiepte < 0.8 m), permanent in open verbinding met grotere wateren (boezem of plas).

In open oppervlaktewateren kan het peil constant of wisselend zijn en zijn de risicobepalende factoren en processen: permanentie, waterbeweging, temperatuur, eutrofiëring en verlanding.

Oeverzone van open water
De oeverzone van open water kan meer of minder ondiep zijn en kan onderverdeeld worden naar:
a) Omgekeerd peil (zomer hoog, winter laag).
b) Natuurlijk peil (winter hoog, zomer laag).
c) Constant peil.

De risicobepalende factoren zijn oeverreliëf in relatie tot bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

Moeras
Het moeras betreft terreinen met een groot aandeel semi-permanente oppervlaktewater en een zompige ondergrond. Het betreft gebieden waar tijdens

perioden met veel neerslag, hoge grondwaterstand, kweldruk in combinatie met terreinreliëf langdurig water kan blijven staan. In het moeras zijn de risicobepalende factoren: terreinreliëf in relatie tot grondwater en bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, inundatie (neerslag of grondwaterstand-verhoging), eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

Plas-dras situatie

De plas-dras situaties zijn feitelijk vergelijkbaar met moerassen maar hebben een stevige ondergrond. Ze kunnen onderverdeeld worden naar waterstandwisseling:

a) Omgekeerd peil (zomer hoog, winter laag).
   Deze plas-dras situaties met een wisselende waterstand kenmerken zich door het in de zomer tijdelijk in verbinding staan met permanente oppervlaktewateren zoals een plas of sloot. Een dergelijke vernatting kan ertoe leiden dat delen van het plas-dras gebied, na peilverlaging, geïsoleerd komen te liggen. Hierbij ontstaan in de zomersituaties tijdelijk geïsoleerde ondiepe watertjes. In deze geïsoleerde plas-dras situaties zijn de risicobepalende factoren: terreinreliëf in relatie tot bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, inundatie (neerslag of grondwaterstandverhoging), eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).
b) Natuurlijk peil (winter hoog, zomer laag).
   Deze plas-dras situaties met een wisselende waterstand kenmerken zich door het in de winter en het vroege voorjaar tijdelijk in verbinding staan met permanente oppervlaktewateren zoals een plas of sloot. Een dergelijke vernatting kan ertoe leiden dat delen van het plas-dras gebied, na peilverlaging in het late voorjaar, geïsoleerd komen te liggen. Hierbij ontstaan tijdelijk geïsoleerde ondiepe voorjaarswatertjes. In deze geïsoleerde plas-dras situaties zijn de risicobepalende factoren: terreinreliëf in relatie tot bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, inundatie (neerslag of grondwaterstandsverhoging), eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).
c) Constant peil.
   Deze plas-dras situaties kenmerken zich door een constante waterstand in het in verbinding staande permanente oppervlaktewater zoals een plas of sloot. Een dergelijke constantie zorgt ervoor dat de plas-dras situaties, ondanks de geïsoleerde ligging, niet snel indrogen. De risicobepalende factoren zijn terreinreliëf in relatie tot bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

Grasland

In het veenweidegebied is het onderscheid tussen droge, vochtige en natte graslanden nauwelijks van belang. Het vochtvasthoudend vermogen van de bodem is zodanig dat het voor de larven van de knutten geen verschil maakt. De risicobepalende factoren zijn vochthuishouding in relatie tot bodemopbouw, temperatuur en eutrofiëring.

Bebouwde omgeving

De bebouwde of urbane omgeving omvat woonhuizen, boerderijen en hun directe omgeving. Juist voor steekmuggen en knutten speelt de bebouwde omgeving een

belangrijke rol. Veel tijdelijke restwatertjes blijven op en rondom bebouwing achter en fungeren zo als een tijdelijk watermilieu dat uitermate geschikt is voor steekmuggen. Vochtige graslanden zijn uitermate geschikt voor de culicoide knutten. Onderscheid kan gemaakt worden in:

a) Permanent water met zoninval, zoals vijvers, drinkpoelen en bassins.
   Deze permanente wateren zijn vergelijkbaar met ondiep open water mits het niet, zoals soms bij bassins het geval is, regelmatig droogvalt of wordt leeggepompt.
b) Permanent van licht afgesloten water zoals regentonnen, ondergrondse bergingen en kruipruimten.
   Het ontbreken van licht verhindert de ontwikkeling van een watersysteem met daarin rovers en andere organismen. Het is een biologisch relatief 'leeg' maar permanent oppervlaktewater.
c) Tijdelijk water
   De tijdelijke oppervlaktewateren omvatten droogvallende kunstmatige waterpartijen zoals die ontstaan in oude badkuipen en drinkbakken. Het peil is sterk wisselend en er treedt op onregelmatige tijden droogval op.
d) Onvoorzien water
   De onvoorziene oppervlaktewateren betreffen zeer kleine tot grotere waterpartijen die vaak na perioden met neerslag ontstaan in bijvoorbeeld autobanden, bloembakken, emmers, speciekuipen, jampotjes, verstopte dakgoten, slecht afwaterende platte daken, depressie in afdekplastics, enz.

2.2.4 Risicosleutel

Op basis van de in de voorgaande paragrafen beschreven bouwstenen is een sleutel die ingezet kan worden bij een risicoanalyse ontwikkeld (Tabel 4). Deze sleutel kan helpen bij het inschatten van het risico op het ontstaan van steekmuggen- en knuttenplagen. Naast de nu in Nederland aanwezige soorten zijn voor de vergelijkbaarheid ook de in de nabije toekomst te verwachten boomholte-steekmuggen opgenomen.

Tabel 4. Risicoanalysesleutel (+/0/- zie Tabel 3, ? = onbekend, - = n.v.t., > 10 dagen = meer dan 10 dagen waterhoudend, > 5 dagen = meer dan 5 dagen waterhoudend, < 5 dagen = minder dan 5 dagen waterhoudend).

				risico				
type	**oppervlaktewater**	**peil**	**voedsel-rijkdom**	**huissteekmug**	**moerassteekmug**	**malariamug**	**knut**	**boomholte-steekmug[1]**
open water (geïsoleerd, bv. petgat)	diep	constant of wisselend	matig	-	-	-	0/+?	-
			rijk	-	-	-	0/+?	-
	ondiep	constant of wisselend	matig	-	-	++	0/+?	-
			rijk	-	-	+++	0/+?	-
open water (niet geïsoleerd, bv. kanaal, vaart, boezemwater)	diep	constant of wisselend	matig	-	-	-	0/+?	-
			rijk	-	-	-	0/+?	-
	ondiep	constant of wisselend	matig	-	-	++	0/+?	-
			rijk	-	-	+++	0/+?	-
oeverzone	diep of ondiep (winter laag, zomer hoog)	wisselend (bergingmoeras)	matig	++ (zomer >10 dagen)	-	++	0/+?	- (zomer <5 dagen)
			rijk	+++ (zomer >10 dagen)	-	+++	0/+?	0 (zomer >5 dagen)
	diep of ondiep (zomer laag, winter hoog)	wisselend (bergingzone)	matig	+ (zomer >10 dagen)	+ (tot april water)	0/+	0/+?	- (zomer <5 dagen)
			rijk	++ (zomer >10 dagen)	+ (tot april water)	+	0/+?	0 (zomer >5 dagen)
	diep of ondiep	constant (natte natuur s.s.)	matig	-	-	0/+	0/+?	-
			rijk	-	-	+	0/+?	-
moeras (zompige ondergrond, bv. trilveen, moeras)	ja (winter laag, zomer hoog)	wisselend (bergingmoeras)	matig	+++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	-	0/+?	0 (zomer >5 dagen)
			rijk	+++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	0/+	0/+?	+ (zomer >5 dagen)
	ja (zomer laag, winter hoog)	wisselend (bergingmoeras)	matig	+ (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water)	-	0/+?	0 (zomer >5 dagen)
			rijk	++ (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water)	0/+	0/+?	+ (zomer >5 dagen)
	ja	constant (natuurmoeras: op of net onder maaiveld)	matig	0/+	0/+	-	0/+?	0 (zomer >5 dagen)
			rijk	0/+	0/+	-	0/+?	+ (zomer >5 dagen)

				risico				
type	**oppervlaktewater**	**peil**	**voedsel-rijkdom**	**huissteekmug**	**moerassteekmug**	**malariamug**	**knut**	**boomholte-steekmug[1]**
plas-dras	ja	wisselend	matig	+++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	-	+?	0 (zomer >5 dagen)
(stevige ondergrond, bv,	(winter laag, zomer hoog)	(bergingmoeras)	rijk	+++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	0/+	++?	+ (zomer >5 dagen)
dotterbloemgrasland	ja	wisselend	matig	+ (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water)	-	+?	0 (zomer >5 dagen)
van veen en klei,	(zomer laag, winter hoog)	(bergingzone)	rijk	++ (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water)	0/+	++?	+ (zomer >5 dagen)
natte strooiselruigte,	ja	constant	matig	0/+	0/+	-	+?	0 (zomer >5 dagen)
wilgenstruweel)		(natte natuur s.s.)	rijk	0/+	0/+	-	++?	+ (zomer >5 dagen)
grasland	nee	hoog	matig	-	-	-	++?	-
(veen, klei; bv.			rijk	-	-	-	+++	-
nat schraalland,	nee	matig/laag	matig	-	-	-	++?	-
bloemrijk grasland van het zand en		(vochtvasthoudende grond)	rijk	-	-	-	+++	-
veengebied,	ja	hoog	matig	++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	0	+?	-
bloemrijk grasland van het klei gebied, nat matig voedselrijk	(geïnundeerd vanuit aangrenzend oppervlaktewater)		rijk	+++ (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water)	0/+	+++	-
grasland)	ja	matig/laag	matig	+ (zomer >10 dagen)	+ (tot april water)	-	+	-
	(bv. regenplassen)	(vochtvasthoudende grond)	rijk	++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	0	+++?	-

				risico				
type	**oppervlaktewater**	**peil**	**voedsel-rijkdom**	**huissteekmug**	**moerassteekmug**	**malariamug**	**knut**	**boomholte-steekmug[1]**
bouwde omgeving	permanent water	wisselend	matig	++ (zomer >10 dagen)	-	0	0/+?	++ (zomer >5 dagen)
(situatie rondom	(vijver, bassin)	(berging)	rijk	+++ (zomer >10 dagen)	-	0/+	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
huizen en	permanent water	wisselend/constant	matig	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
boerderijen)	(regenton, kruipgat)	(afgesloten van daglicht)	rijk	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
	tijdelijk water	wisselend	matig	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
	(drinkbak, kuip, enz.)		rijk	++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	++ (zomer >5 dagen)
	onvoorzien water	zeer wisselend	matig	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
	(schalen, potjes, blikjes, emmers, autobanden, plastic bedekking, enz.)		rijk	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)

	begroeiingstype	**adulten**	**adulten**	**adulten**	**adulten**	
begroeiingstype	kaal	-	-	-	-	-
	korte vegetatie	-	-	-	-	-
	opgaande kruidige en ruigtevegetatie		+++	+++	+++	+++
	struikachtige vegetatie	+++	+++	+++	+++	+++
	bos met ruigte /struikondergroei		+++	+++	+++	+++
	open bos	0	0	0	0	0

1 : voor de risico inschatting van de leefmilieus oever, plas-dras en moeras wordt uitgegaan dat de microhabitat (kleine putjes) tijdelijk water bevatten en dat ingevallen blad aanwezig is. Echter de bijdrage van deze leefmilieus aan de ontwikkeling van de boomholtesteekmuggen is vooralsnog onzeker.

2.3 Ziekten

Een infectieziekte die op natuurlijke wijze kan worden overgedragen van gewervelde dieren op mensen wordt een zoönose genoemd. Meestal fungeren de gewervelde dieren als reservoir (= drager van de ziektekiem) en wordt de infectie door een tussengastheer overgedragen. Geleedpotigen (arthropoden) en met name steekmuggen vormen een belangrijke groep van tussengastheren (Giessen et al., 2004). Betreft de infectie een virus en wordt deze door geleedpotige overgebracht dan betreft het een zogenaamd arbovirus. Daarnaast is de overdracht van de eencellige parasiet van het geslacht *Plasmodium*, de veroorzaker van malaria, voor Nederland uit historisch oogpunt van belang. Naast virussen kunnen ook bacteriën, protozoa of wormen worden overgedragen (Lundstrom, 1999). Op deze laatste groepen wordt wegens een het geringe risico niet nader ingegaan.
Ten aanzien van de dierziekten krijgt het recent opgedoken blauwtong extra aandacht.

2.3.1 Arbovirussen

Verschillende in West-Europa voorkomende en door steekmuggen overgebrachte arbovirussen behoren tot de families van de Bunyaviridae, Flaviviridae en Togaviridae. Deze arbovirussen zijn in steekmuggen gevonden en kunnen voor de mens maar ook voor andere gewervelden ziekteverwekkend zijn. Deze virussen komen voor, wanneer de tussengastheer een steekmug betreft, in een *Aedes*-zoogdier, *Anopheles*-zoogdier of *Culex*-vogel overdrachtscyclus (Lundstrom, 1999). De ziekteverwekker brengt namelijk een deel van zijn levenscyclus in de koudbloedige gastheer (zoals de steekmug) door. Als een besmette steekmug bloed zuigt bij een dier of mens, komt het virus in de bloedbaan terecht. Geïnfecteerde mensen nemen veelal niet deel aan deze cycli. Er zijn echter ook ziekten waarbij de mens als reservoir optreedt, bijvoorbeeld de *Aedes*-mens cyclus.
In het algemeen kan er onderscheid worden gemaakt tussen:

- *infecties die van oudsher in Europa voorkomen en ziekteverwekkend zijn bij de mens*
  Jaenson (1990) noemt voor Europa de overdracht van de virussen Inkoo, Tahyna, Batai en Sindbis. WHO (2004) noemt de volgende in Europa aanwezige virussen: West-Nijl, Batai, Ockelbo, Inkoo, Tahyna en Dengue (knokkelkoorts: laatste rapportage 1928 Griekenland). Medlock et al. (2007) noemen negen arbovirussen waaronder West-Nijl, Sindbis en Tahyna. In Groot-Brittannië zijn bij vogels antilichamen tegen de virussen Sindbis, Tahyna, Usutu en West Nijl aangetroffen (Medlock et al., 2005). Hubálek (2007) beschrijft 11 in Europa voorkomende virussen die door steekmuggen op de mens kunnen worden overgebracht en waarvan er zes van oudsher in Europa voorkomen (Sindbis, West-Nijl, Tahyna, Snowshoe hare (=poolhaas), Inkoo en Batai).
  Relevant als ziekteverwekker zijn West-Nijl en Dengue.

- *infecties die in Europa voorkomen maar niet ziekteverwekkend zijn voor de mens maar wel voor andere gewervelden*

Hubálek (2007) noemt twee aan vogels gebonden virussen die geen ziekten bij de mens veroorzaken (Lednice- en Usutuvirus). Daarnaast is hier recent de door knutten overgedragen ziekte blauwtong bijgekomen.

In Tabel 5 is getracht het bovenstaande, betreffende de in Europa relevante virussen, in een samenvattend, echter nog ten dele onvolledig, overzicht weer te geven.

Tabel 5. Overzicht van relevante virussen per familie (kolom 1), het voorkomen in Europa (kolom 2), het reservoir oftewel de dierlijke drager (kolom 3) en de tussengastheer (kolom 4). De virussen zijn in Bijlage 3 uitgebreid beschreven.

Virus	inheems/exoot in west-Europa	reservoir (= drager ziektekiem)	tussengastheer (alleen de Europese genera)
Bunyavirus (Bunyaviridae)			
Californische encefalitis groep		knaagdieren, haasachtigen	*Aedes, Anopheles, Culex, Culiseta*
Tahyna	inheems (o.a. Duitsland, Oostenrijk, Italië en Frankrijk.)	vogels, haasachtigen, knaagdieren, mensen	*Aedes, Culex, Culiseta*
Inkoo	inheems (Noord-Europa)	kleine zoogdieren	*Aedes*
Batai of Calovo	inheems	zoogdieren	*Anopheles, Aedes, Culex*
Lednice (alleen ziekteverwekkend voor vogels)	inheems	vogels	*Culex, Culiseta, Anopheles*
Togavirus (Togaviridae)			
Ockelbo	inheems/exoot	vogels, mens	*Aedes, Culex, Culiseta*
Sindbis	inheems (Amerika)	vogels, soms knaagdieren	Culicidae
Overigen			
Semliki Forest complex	inheems (Centraal en Zuid Europa)	vogels, knaagdieren	*Aedes, Culex, Culiseta*

2.3.2 Malaria

Malaria is een infectieziekte die veroorzaakt wordt door eencellige parasieten die tot het geslacht *Plasmodium* (Sporozoa) behoren. De parasiet wordt op mensen overgebracht door malariamuggen.

Malaria wordt vooral veroorzaakt door *Plasmodium falciparum, P. ovale, P. malariae* (tropische malaria) en *P. vivax* (inheemse malaria). De Nederlandse malaria werd door een bijzondere vorm van *P. vivax* veroorzaakt, namelijk een vorm met een incubatietijd van 8 maanden (Takken et al., 1999). Ter vergelijking, de tropische *P. vivax* vorm heeft een incubatietijd van 2-3 weken. In 1959 werd 'inheemse' malaria voor het laatst geconstateerd in Nederland.

De ontwikkeling en verspreiding van de parasiet verloopt ruwweg in vier fasen. De malariamug, een mug van het geslacht *Anopheles*, steekt iemand die al besmet is, en krijgt zodoende bloed met de parasiet binnen. De steekmuggen steken omdat ze

bloed nodig hebben om eitjes te kunnen leggen. Malaria wordt dan ook alleen door vrouwtjesmuggen overgebracht. In de darm van de mug vermeerdert de parasiet zich zowel geslachtelijk als ongeslachtelijk en gaat ook in de speekselklieren van de mug zitten. Vervolgens steekt de mug iemand die nog niet besmet is. Hierbij worden kiemen van de parasiet in het nog niet besmette menselijke lichaam geïnjecteerd. De kiemen komen in de lever terecht, waar ze zich verder ontwikkelen. Binnen de mens deelt de parasiet zich alleen ongeslachtelijk. In een bepaalde ontwikkelingsfase komen de jonge parasieten in het bloed terecht, waar ze de rode bloedcellen opzoeken. Daar delen ze zich, tot de bloedcel uiteenvalt of te gronde gaat, om vervolgens opnieuw rode bloedcellen binnen te dringen, waar ze zich weer delen, et cetera.

Menselijke malaria kan slechts overgebracht worden door steekmuggen van het geslacht *Anopheles*. In Europa is het aantal soorten dat malaria overbracht gering (*A. superpictus, A. algeriensis, A. claviger, A. plumbeus* en soorten uit het *A. maculipennis* complex met 8 Europese soorten: *atroparvus, beklemishevi, labranchiae, maculipennis, martinus, melanoon, messeae,* en *sacharovi*) (WHO, 1989). Onderstreept zijn de tot op heden uit Nederland bekende soorten. In Nederland is alleen *Anopheles atroparvus* als malariavector bekend. *A. atroparvus* is geassocieerd met relatief schoon, (zwak) brak water (Seventer, 1969).

Om malaria in stand te houden moeten er behalve voldoende hoeveelheden geïnfecteerde malariamuggen ook voldoende malariapatiënten aanwezig zijn. Van het laatste is, gezien de staat van de medische zorg in Nederland, nu en in de toekomst geen sprake.
Het aantal meldingen van malaria is van 569 in 2001 naar 210 in 2007 teruggelopen en betrof meestal besmettingen opgelopen in Ghana en Nigeria (Rahamat et al., 2008).

Takken et al. (1999) komen op basis van onderzoek in Zuid-Holland tot de conclusie dat terugkeer van malaria in Nederland onwaarschijnlijk is. De redenen hiervoor zijn een lage dichtheid van *A. atroparvus* (vooral voldoende hoge dichtheden in het najaar), het gebrek aan geschikte brakke wateren en de afwezigheid van geschikte winterrustplaatsen voor de volwassen vrouwtjes. Stallen staan los van de woonhuizen en zijn goed geventileerd, waardoor er weinig donkere, vochtige schuilplaatsen beschikbaar zijn. Momenteel zijn deze condities niet gewijzigd en ook vernattingsprojecten zullen dit niet veranderen.

2.3.3 Blauwtong

In de tweede helft van 2006 trad een uitbraak van blauwtong bij schapen en runderen op in Noord-Europa (België, Frankrijk, Luxemburg, Nederland, Duitsland). De ziekte is vernoemd naar één van de symptomen, namelijk de blauwe tong die dieren kunnen krijgen. Deze verkleuring wordt veroorzaakt door cyanose. Naast schapen kunnen ook rundvee, geiten, dromedarissen, buffels en wilde herkauwers besmet worden met het blauwtongvirus. Blauwtong is niet overdraagbaar op mensen en vormt dus geen bedreiging voor de mens. Het blauwtongvirus wordt, voorzover

bekend, verspreid door knutten van het geslacht *Culicoides*. Tot op heden zijn in onze streken 5 soorten als mogelijke vector ge-identificeerd (*C. imicola*, *C. dewulfi*, *C. obsoletus*, *C. scoticus*, *C. pulicaris ss*). in de literatuur worden veel meer soorten als vector aangemerkt. De ontwikkelingen in de nabije toekomst zijn moeilijk te duiden. De mogelijkheid bestaat dat nog andere blauwtongvirustypen Nederland bereiken.

2.4 Huidige situatie

2.4.1 Gebiedstypen in het Groene Hart

In de laagveenregio van West Nederland liggen in de huidige situatie een aantal bebouwde en agrarische gebiedstypen die geschikt zijn voor de ontwikkeling van steekmuggen en knutten (Tabel 6).

Tabel 6. Voor steekmuggen en knutten relevante gebiedstypen in laag-Nederland.

hoofdgebiedstype	gebiedstype
geïsoleerd open water	diep met constant of wisselend peil, matig of voedselrijk
	ondiep met constant of wisselend peil, matig of voedselrijk
niet-geïsoleerd open water	diep met constant of wisselend peil, matig of voedselrijk
	ondiep met constant of wisselend peil, matig of voedselrijk
oeverzone	bergingsmoeras: diep of ondiep met wisselend peil (winter laag, zomer hoog), matig of voedselrijk
	bergingszone: diep of ondiep met wisselend peil (zomer laag, winter hoog), matig of voedselrijk
	natte natuur: diep of ondiep met constant peil, matig of voedselrijk
moeras	bergingsmoeras: zompige ondergrond, wisselend peil (winter laag, zomer hoog), matig of voedselrijk
	bergingsmoeras: zompige ondergrond, wisselend peil (zomer laag, winter hoog), matig of voedselrijk
	natuurmoeras: zompige ondergrond, constant peil, matig of voedselrijk
plas-dras	bergingsmoeras: stevige ondergrond, wisselend peil (winter laag, zomer hoog), matig of voedselrijk
	bergingsmoeras: stevige ondergrond, wisselend peil (zomer laag, winter hoog), matig of voedselrijk
	natuurmoeras: stevige ondergrond, constant peil, matig of voedselrijk
grasland	geen oppervlaktewater, hoge grondwaterstand, matig of voedselrijk
	geen oppervlaktewater, matig-lage grondwaterstand, matig of voedselrijk
	tijdelijk oppervlaktewater, hoge grondwaterstand, matig of voedselrijk
	tijdelijk oppervlaktewater, matig-lage grondwaterstand, matig of voedselrijk
bebouwde omgeving	bergingswater: permanent oppervlaktewater, wisselend peil, matig of voedselrijk
	permanent oppervlaktewater, wisselend of constant peil, afgesloten van daglicht, matig of voedselrijk
	tijdelijk oppervlaktewater, wisselend peil, matig of voedselrijk
	onvoorzien oppervlaktewater, zeer sterk wisselend peil, matig of voedselrijk
begroeiing	kaal
	kort
	opgaand, ruigte
	struiken
	bos met ondergroei
	bos zonder ondergroei

Voor de natuurgebieden in deze regio zijn de natuurdoeltypen bekend en deze typen zijn goed te koppelen aan de voor steekmuggen en knutten relevante gebiedstypen (Tabel 7).

Tabel 7. Koppeling van natuurdoeltypen en gebiedstypen.

Natuurdoeltype	gebiedstype
Grasland en klein open water	
trilveen	moeras
nat schraalland	grasland
dotterbloemgrasland van veen en klei	plas-dras
bloemrijk grasland van het zand en veengebied	grasland
bloemrijk grasland van het klei gebied	grasland
nat matig voedselrijk grasland	grasland
Moeras, struweel en groot open water	
moeras	moeras
natte strooiselruigte	plas-dras
wilgenstruweel	plas-dras
kanaal, vaart en boezemwater	open water
petgat	open water

Het voert binnen dit kader te ver om voor het Groene Hart een locatiespecifieke risicoanalyse uit te voeren. Echter met de identificatie van de huidige gebiedstypen en de risicoanalyse in Tabel 5 zou het wel mogelijk zijn dergelijke locatiespecifieke uitspraken te doen.

2.4.2 Kennis van verspreiding en overlast van steekmuggen en knutten in Nederland

De steekmuggen zijn een weinig bestudeerde familie van insecten in Nederland. De belangrijkste onderzoeken dateren uit de eerste helft van de vorige eeuw en waren gericht op de malariamug en haar bestrijding. Het verdwijnen van malaria uit Nederland in de jaren vijftig van de vorige eeuw liet zien dat de hoge dichtheden aan malariamuggen sterk terugliepen als gevolg van de toepassing van insecticiden, de vermindering van het aantal varkens- en paardenstallen (potentiële overwinterings-plaatsen), een dichtere kroosgroei (eutrofiëring werkt negatief in op de larvale habitats), het mechanisch schonen van slootoevers, het verdwijnen van sloten door verstedelijking en het gebruik van anionische detergenten. Opvallend was dat de ontzilting pas na de teruggang van de malariamug optrad (Seventer, 1969). Over aantallen larven in de aquatische milieus is niets bekend. Wel spreekt Swellengrebel (1937) van dichtheden van volwassen malariamuggen in de orde van >1000 per stal. Bij een vergelijkend onderzoek in hoogveenrestanten in Nederland troffen Verdonschot et al. (1988) >100 larven per appelmoeszeef schep over een lengte van 20 cm water aan in delen van het Korenburgerveen, de Goote Peel en de Mariapeel. Meer gekwantificeerd zijn met dezelfde methode in 1987 tot 238 Culex-larven aangetroffen in Nieuw-Velp Zuid (Schmidt & ten Cate, 1989) en in 1997 zijn tot 1460 *Aedes*-larven aangetroffen in de Starnumanbossen (van den Hoek, 1998). In de

Engbertsdijksvenen zijn tot 207 *Aedes*-larven per schep aangetroffen (Verdonschot et al., 1988). De onderzoeken naar het optreden van steekmuggenplagen in alle genoemde gebieden en het recente onderzoek naar de plaag op Schiermonnikoog (Verdonschot, 2008) komen in zoverre allen overeen in het feit dat de waarnemingen aan aantallen steeds na de plaag zijn verricht. Tijdens de piek van de steekmuggenplaag in de Engbertsdijksvenen zijn circa 165 volwassen vrouwtjes per 10 minuten met de 'human bait' techniek gevangen. Met de emergentievallen zijn in 1988 (Schmidt & van Haren, 1988) tot circa 12400 individuen per m^2 gevangen. Een landelijk overzicht van het voorkomen van steekmuggen en kennis over achtergrondaantallen ontbreken.

De knutten zijn wat de larvale stadia betreft een niet bestudeerde groep van insecten in Nederland. Ook de aandacht voor de volwassen dieren is schaars, behalve recente onderzoeken in verband met de uitbraken van blauwtong. Op dit moment ontbreekt zowel de taxonomische, geografische en ecologische kennis om met enige zekerheid uitspraken over de knutten te doen.

2.4.3 Kennis van steekmuggen en knutten in het Groene Hart

In de eco-atlas van de Nederlandse waterorganismen (Stowa, 1997) is slechts 1 soort steekmug opgenomen, namelijk *Culex pipiens*, en geen knutten. De opgaven van *Culex pipiens* omvatten slechts 1 vindplaats in het Groene Hart. Gezien het veelvuldig voorkomen van deze en andere soorten blijkt dat de routinematige monitoring uitgevoerd door de regionale waterbeheerders onvoldoende is om een beeld op te bouwen van de eventuele aanwezigheid en dichtheden van steekmuggen en knutten.
In de Macrofauna-atlas van Noord-Holland (Steenbergen, 1993) staat 1 vindplaats van het genus *Aedes* met > 90 exemplaren per monster, circa 35 vindplaatsen van *Anopheles* met altijd 1-12 (1 maal 13-90) exemplaren, 2 vindplaatsen met 1-12 exemplaren van *Coquillettidia*, 4 vindplaatsen met 1-12 exemplaren en 1 vindplaats met >90 exemplaren van *Culex* en tenslotte 1 vindplaats met 1-12 exemplaren en 1 vindplaats met 13-90 exemplaren van *Culiseta*. Daarnaast zijn een zeer hoog aantal vindplaatsen met een variabel aantal exemplaren van de Ceratopogonidae (knutten) als familie vermeld. De informatie betreft het voorjaars- en zomermonster per vindplaats van 1 jaar. De meer intensieve inventarisatie waarop de macrofauna-atlas is gebaseerd heeft waarschijnlijk voor de genera *Anopheles* en *Coquillettidia* en de familie van Ceratopogonidae een iets beter beeld opgeleverd. Echter ook deze inventarisatie betrof bemonsteringen van grotere open oppervlaktewateren en geen moeras of plas-dras situaties. Het geeft wel aan dat alle eerder genoemde steekmuggen en knutten nu al in het Groene Hart voorkomen.

3 Autonome ontwikkeling met klimaatverandering

3.1 Klimaatverandering in Nederland

Het wereldklimaat is in de loop van de 20e eeuw veranderd. De wereldgemiddelde luchttemperatuur aan het aardoppervlak is sinds 1860 met ongeveer 0,6°C toegenomen. Zo'n sterke, snelle opwarming is de laatste duizend jaar waarschijnlijk niet eerder voorgekomen.

Het IPCC geeft in haar derde rapport (2001) een redelijk betrouwbare voorspelling voor de temperatuur gemiddeld over de gehele aarde voor de komende eeuw. Zonder klimaatbeleidsmaatregelen verwacht het IPCC voor de komende eeuw:

- een stijging van de wereldtemperatuur met 1.4 tot 5.8°C;
- een toename van de hevigheid van regenbuien.

Op basis van dit IPCC rapport heeft het KNMI drie klimaatscenario's opgesteld. De verwachte effecten op het weer zijn weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8. KNMI klimaatscenario's voor Nederland in 2100 op basis van het derde IPCC rapport (KNMI 2003). Het jaarlijks maximum van de 10-daagse neerslagsom geeft een indruk van de hevigheid van de extreme neerslag. De herhalingstijd van de 10-daagse winterneerslagsom geeft een indruk van de kans op extreme neerslag.

	lage schatting	centrale schatting	hoge schatting
temperatuur	+ 1 °C	+ 2 °C	+ 4 tot 6 °C
gemiddelde zomerneerslag	+ 1 %	+ 2 %	+ 4 %
zomerverdamping	+ 4 %	+ 8 %	+ 16 %
gemiddelde winterneerslag	+ 6 %	+ 12 %	+ 25 %
jaarlijks maximum 10-daagse winterneerslagsom	+ 10 %	+ 20 %	+ 40 %
herhalingstijd van 10-daagse som die nu eens per eeuw voorkomt	47 jaar	25 jaar	9 jaar
zeespiegelstijging	+ 20 cm	+ 60 cm	+ 110 cm

Het KNMI stelde in 2003 dat een stijging van de wereldgemiddelde temperatuur met 1.4 tot 5.8 graden in honderd jaar waarschijnlijk in de afgelopen tienduizend jaar niet eerder is voorgekomen. De rekenmodellen van de atmosfeer zijn echter nog niet goed in staat om regionale klimaatvoorspellingen te doen, dus we kunnen daarover weinig met zekerheid zeggen. Een mogelijk scenario voor Nederland voor de rest van de 21e eeuw schetst het KNMI in zijn derde klimaatrapportage (1999):

- stijging van de temperatuur vergelijkbaar met die van het wereldgemiddelde,
- verkorting van de duur van strenge winters,
- meer neerslag in de winter (6% per graad Celcius) met toename van enkele procenten per graad warmer,
- intensievere regen in situaties met langdurige hevige winterneerslag,
- zwaardere buien in de zomer.

In het klimaatrapport van 2003 stelt het KNMI (2003) verder:

- een toename van de kans op perioden met extreme neerslag;
- een vergroting van de kans op natte jaren;
- een kleine toename van de gemiddelde zomerneerslag (1% per graad Celcius) met tegelijk een sterkere toename van de verdamping in de zomer, met grotere kans op verdroging;
- een toename van de kans op lokale wateroverlast, ook in de zomer als gevolg van de toename van de kans op hevige lokale buien.

Het is opmerkelijk dat recente jaren (1995, 1997, 1998, 2001, 2002, 2006 en 2007) in ieder geval de warmste jaren waren sinds 1860 en waarschijnlijk zelfs in de afgelopen duizend jaar (KNMI, 2003). Daarbij zijn de jaren 2006 en 2007 de warmste sinds het begin van de Nederlandse metingen in 1706 geweest (KNMI, 2008). In de laatste 20 jaar van de 20e eeuw was de gemiddelde wintertemperatuur in de Bilt 3.3°C, hetgeen beduidend hoger is dan het langjarig gemiddelde van 2.5°C over de periode 1881-2000. Door de temperatuurstijging is de bedekking van de aarde met sneeuw en ijs afgenomen. De hoeveelheid neerslag op gematigde en hogere breedten is toegenomen. De neerslag vertoonde van 2003 tot 2007 net als in andere perioden een grote variabiliteit. In de afgelopen vijf jaar zijn 2004 en 2007 nat geweest, terwijl 2003 een droog jaar was. De jaren 2005 en 2006 waren gemiddeld (KNMI, 2008). Uit waarnemingen van de vegetatie blijkt dat wereldwijd de lengte van het groeiseizoen is toegenomen. Al deze feiten wijzen op een opwarming van het wereldwijde klimaat.

Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), opererend onder de vlag van het United Nations Environment Program (UNEP) en van de Wereld Meteorologische Organisatie (WMO), stelt dat het zeer waarschijnlijk is dat een deel van de opwarming sinds de tweede helft van de twintigste eeuw door menselijk handelen is veroorzaakt. Sterker nog, waarschijnlijk komt het merendeel van de opwarming op rekening van de mens. De uitstoot van broeikasgassen, zoals CO_2, maar ook andere gassen zoals methaan en lachgas, versterken het natuurlijke broeikaseffect, waardoor de aarde opwarmt.

Recent onderzoek van het KNMI geeft aan dat de opmerkelijk warme periode aan het eind van de twintigste eeuw in Nederland deels samenhangt met de wereldwijde opwarming. Ongeveer de helft van de opwarming sinds de jaren '60 kan hiermee verklaard worden, de andere helft hangt samen met de grilligheid van het Nederlandse klimaat. Nederland is sinds 1950 twee keer zo snel opgewarmd als de wereldgemiddelde temperatuur. De temperaturen van herfst 2006, winter 2007 en voorjaar 2007 zijn - zelfs als we rekening houden met de snellere opwarming van Nederland - uitzonderlijk grote afwijkingen boven de trend.

In de (late) zomer is de Nederlandse kust de laatste 5 jaren gemiddeld natter dan de rest van het land gebleken (KNMI, 2008). Ook in de afgelopen zomers is een paar keer sprake geweest van overvloedige regenval en wateroverlast in kustprovincies. Naast die uitzonderlijke regenval waren er ook een paar heel droge perioden. Het warme Noordzeewater blijkt de zomerse neerslag aan de kust te kunnen versterken. Naarmate Nederland verder opwarmt, zal dat effect sterker worden. De droge zomer

van 2003 was niet zo uitzonderlijk: zulke droge jaren zijn er zo af en toe in Nederland. Maar droogte zoals in het voorjaar van 2007 is nog nooit gezien. Dit leidde echter niet tot een record droge zomer, want de droge periode was al voorbij toen de zomer begon (KNMI, 2008).

Door thermische uitzetting en het smelten van gletsjers en ijskappen zal de zeespiegel gaan stijgen, de IPCC verwachting ligt tussen 9 en 88 cm (vergelijk de verwachting van het KNMI van +20-110 cm; Tabel 8). De relatieve bijdrage is ca. 75% thermische uitzetting, 35% afsmelten gletsjers, en 10% door smeltend ijs op Groenland (KNMI, 2001). Doordat de oceanen maar heel langzaam in evenwicht komen met het veranderende klimaat, zal de zeespiegelstijging nog lang (eeuwen) na-ijlen, ook in de scenario's waarin de broeikasgasconcentraties zich stabiliseren.

Door de zeespiegelstijging in combinatie met de afname in rivierafvoer in de zomer, zal het zoute zeewater verder de mondingsgebieden van de rivieren indringen. Dit zal nadelige gevolgen hebben voor drinkwaterinname en landbouw. De verwachting is dat vooral de frequentie van een zout of extreem zout jaar (ver opdringende zouttong in de rivieren) zal toenemen. De duur van de periode waarin het water niet kan worden gebruikt zal verdubbelen (MNP, 2005). Door de zeespiegelstijging zal ook de zoute kweldruk toenemen, dit is vooral een probleem in diepe polders in het westen van het land.

De klimaatprojecties in het Rijnstroomgebied impliceren een toename van de gemiddelde afvoer van de Rijn in de winter, en een afname in de zomer. De grotere afvoer in de winter geeft kans op overstromingen. De afname in de zomer kan leiden tot een afname in waterkwaliteit, vooral in systemen waarop effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties geloosd wordt (Senhorst & Zwolsman, 2005).

De klimaatveranderingen zullen ook gevolgen hebben voor het landgebruik. Hogere temperaturen, nattere winters en drogere zomers zullen leiden tot wijzigingen in ruimtelijke ordening, grondgebruik en gewasteelten.

3.2 Gevolgen klimaatverandering voor steekmuggen en knutten

Samenvattend uit zich klimaatverandering in Nederland in:

- een temperatuurstijging van 4 tot 6°C over de komende 100 jaar
- een intensivering van de neerslag in de winter
- langere droge perioden in de zomer
- meer en meer langdurige extreme zomerbuien
- verzilting in de kustgebieden
- grotere kans op overstromingen
- versterking van de eutrofiëring
- wijzigingen in landgebruik

Opwarming
Het warmere klimaat leidt bij alle steekmuggen tot een verkorting van de levens-cyclus. De soorten met meerdere generaties per jaar kunnen ook meerdere cycli voltooien. Dit leidt tot verhoging van de aantallen, vooral aan het einde van de zomer.
De warmere klimaatomstandigheden dragen daarnaast bij aan een verhoogde kans op vestiging van nieuwe zuidelijke soorten, zoals de tijgermug, in Nederland. Dergelijke generieke processen staan los van de vernattingsopgaven.

Winterneerslag
Een verhoging van de neerslag in de winter leidt tot vernatting van veel gebiedstypen in het (vroege) voorjaar. Dit leidt tot vergroting van het areaal waar vooral moerassteekmuggen gebruik van maken.

Zomerdroogte
In de zomer leidt verdroging van tijdelijke aquatische milieus en moerassen tot een sterke inkrimping van het zomerareaal van steekmuggen. Tegelijkertijd leidt verdroging echter tot het verdwijnen van niet alleen de steekmuggen maar ook de predatoren. Afhankelijk van de herkolonisatie mogelijkheden kan verdroging in navolgende jaren daarom juist een steekmuggenbevorderend effect hebben.

Zomerneerslag
De tijdelijke nattere zomerperioden zullen in het voordeel werken van steekmuggen, vooral van huissteekmuggen en boomholtesteekmuggen. Er worden, bij vaak hoge temperaturen, veel zeer tijdelijke natte milieus gevormd. In deze habitats kunnen huis- en boomholtesteekmuggen zich snel vermeerderen.

Verzilting
De verzilting kan leiden tot uitbreiding van het brakwater-areaal. Verbrakking kan leiden tot een toename van het areaal van de malariamug *Anopheles atroparvus*. Dit betekent niet dat daarmee de kans op het optreden van malaria vergroot wordt. Ten eerste vanwege het (nagenoeg) ontbreken van de parasiet en ten tweede omdat het areaal aan overwinteringsplekken laag is.

Overstromingen
Inundaties van beken en rivieren leiden tot het ontstaan van tijdelijke aquatische milieus. Dergelijke milieus kunnen zowel voor de in het voorjaar talrijk optredende *moeras*steekmuggen of in de zomer optredende huis- en boomholtesteekmuggen gunstig zijn. Tijdelijke overstromingsvlakten bezitten vaak een lage dichtheid aan predatoren.

Eutrofiëring
Klimaatverandering heeft ook gevolgen voor de nutriëntencycli in en rond oppervlaktewateren. De temperatuurtoename leidt, vooral in het voorjaar, tot een verhoging van de denitrificatie en daarmee een lagere stikstofbelasting en tot een toename van de interne fosfaatbelasting. Dit leidt weer tot een verhoging van de algenproductie. De afname van ijsbedekking leidt tot verminderde resuspensie en dus

een toename van de productie. Omgekeerd leidt het ontbreken van sneeuw en smeltwater tot een vermindering van de afspoeling en daarmee tot een vermindering van de nutriëntenbelasting. Intense zomerbuien en verhoogde winterneerslag daarentegen leiden tot een verhoogde afspoeling en een vergrootte nutriëntenvracht. Het vaker optreden van zomerdroogte kan leiden tot verlenging van de verblijftijd en veraarding (= het afbreken van het organisch of venig materiaal in de opgedroogde bodem) van de oeverzones, en daarmee verhoging van de eutrofiëringeffecten.
Samenvattend leidt klimaatverandering vaker tot versterking van de eutrofiëring en het verhoogt daarmee het voedselaanbod voor eventueel aanwezige steekmuggen.

Landgebruik
Klimaatverandering heeft ook een doorwerking op het landgebruik. Hoe deze doorwerking gaat verlopen is moeilijk te beschrijven. Zowel extensivering, teeltwijziging als intensivering zouden kunnen optreden. Afhankelijk van het landgebruik kunnen zowel meer als minder potentiële steekmuggenmilieus ontstaan.
Wanneer het landgebruik gepaard gaat met hogere grondwaterstanden is dit van positieve invloed op de ontwikkeling van knutten.

3.3 Nieuwkomers

Naast de bestaande kennis van de in Nederland voorkomende steekmuggen zijn er enkele soorten die mogelijk als gevolg van klimaatverandering Nederland kunnen bereiken en in deze context relevant zijn, namelijk de boomholtesteekmuggen *Aedes aegypti, A. japonicus* (Medlock et al., 2005) en *A. albopictus* (tijgermug). Deze soorten zijn recent in Europa aangetroffen en *A. japonicus* en *A. albopictus* hebben zich succesvol gevestigd. *A. aegypti* komt in Europa alleen voor op Madeira. Het oorspronkelijke habitat van deze soorten zijn met water gevulde boomholten, vandaar dat ze aangeduid worden als boomholtesteekmuggen.

Aedes albopictus komt van nature voor van het noorden van China en Japan tot in tropisch zuid-oost Azië, de Pacific en naar het westen tot in Madagaskar. De soort is inmiddels geïntroduceerd in Noord- en Zuid-Amerika, Afrika, Australië en Europa (Albanië, Italië en Frankrijk; Eritja et al., 2005), Spanje (Aranda et al., 2006), Zuid-Zwitserland en Griekenland (Samanidou et al., 2005). Een belangrijke verspreidingsvector is het zogenaamde 'lucky bamboo' (*Dracaena spp.*); een kamerplant. In België is in 2004 melding gemaakt van een tijgermugpopulatie in een bandenopslag van een recyclingbedrijf in Oost-Vlaanderen in 2000. Het bedrijf importeerde banden uit de Verenigde Staten en Japan, waarmee de tijgermug waarschijnlijk naar Europa is gekomen. De lokale omstandigheden waren blijkbaar zo geschikt dat de tijgermug er zich wist voort te planten. De populatie is inmiddels weer verdwenen, waarschijnlijk als gevolg van de lage wintertemperaturen. De uitbraak van het Aziatische Chikungunyavirus in Italië in 2007 is hoogst waarschijnlijk veroorzaakt door de tijgermug na infectie van een uit India gearriveerde man. De waarnemingen in Nederland betreffen dieren meegekomen met het 'lucky bamboo'. De aantallen zijn het laatste jaar scherp gedaald en er zijn geen aanwijzigingen voor vestiging van de soort in Nederland (Takken mond. med.). Het

RIVM heeft onlangs een studie afgesloten waaruit blijkt dat er geen mensen met een door *A. albopictus* overgedragen pathogeen besmet geraakt zijn (Takken mond. med.).

De tijgermug (*A. albopictus*) is een boomholtebewoner die zich echter in bebouwde gebieden ontwikkelt in allerlei kleine waterpartijen zoals blikjes, autobanden, vogelbadjes, emmers en dergelijke. Een extra stimulans is aanwezig wanneer deze tijdelijke wateren ook ingewaaid en of gevallen blad bevatten, hetgeen leidt tot water met een chemische samenstelling die vergelijkbaar is met een boomholte. De volwassen dieren houden zich in de opgaande vegetatie op. Het is een soort die zich snel aan allerlei milieus kan aanpassen. *A. albopictus* kan echter ook voorkomen in niet-bebouwde gebieden zoals kustgebieden, landbouwkundige gebieden, natuurlijke en aangeplante bossen, watergangen, wetlands enzovoorts (Eritja et al., 2005).

A. albopictus is een agressieve steekmug (30 tot 48 steken per uur; Cancrini et al., 2003) die overdag steekt (mensen, zoogdieren, vogels, reptielen, amfibieën); zowel binnen- (Novak, 1992) als buitenshuis (Eritja et al., 2005). De volwassen dieren voeden zich met plantennectar (Lutz, 2002). De volwassen vrouwtjes zuigen bloed. De vrouwtjes zetten droogteresistente eieren (150-250 per legsel) af boven het wateroppervlak, vooral op verticale randen van donkere ronde oppervlakken (Novak, 1992). Een volwassen vrouwtjes zet in totaal 1-4 legsels af (ISSG, 2004). In Japan en Noord-Amerika treedt de voortplanting op van de late lente tot en met de vroege herfst. Bij regen stijgt het waterpeil en kunnen de eitjes tot ontwikkeling komen. In Rome zijn larven gevonden van maart tot november, maar actieve vrouwtjes tot december (Eritja et al., 2005). De eitjes in koudere streken zijn meer resistent tegen lagere temperaturen dan die van warme streken (Eritja et al., 2005). In de koudere streken indiceren een korte daglengte (fotoperiode) en een lagere temperatuur bij de vrouwtjes het leggen van eieren die in diapauze gaan (Hanson & Craig, 1995). Risicogebieden in Europa hebben een gemiddelde wintertemperatuur van >0°C, minimal 500 mm neerslag per jaar en een temperatuur van >20°C tijdens warme maanden (Eritja et al., 2005). De larven ontwikkelen zich in 5 tot 10 dagen afhankelijk van de temperatuur tot een pop. het popstadium duurt 2 dagen. De volwassen dieren hebben een kleine actieradius en ze vliegen niet bij sterke wind.

Aedes aegypti en *A. japonicus* hebben beide een zeer vergelijkbare ecologie als *A. albopictus*.

A. aegypti en *A. albopictus* treden beide als vector op voor ziekten zoals Dengue, West Nijl en Japanse encephalitis. Daarnaast zijn verspreidingen bekend van Gele koorts, Rift Valley, Chikungunya, Sindbis, Israelisch kalkoen virus, Tahyna, Batai, Jamestown Canyon, Keystone, LaCrosse, Potosi, Cache Valley en Tensaw virus en Equine encefalitis.

Aedes japonicus is afkomstig uit Azië en breidt zich momenteel uit over N. Amerika.. Er is minder bekend over de gezondheidsrisico's die deze soort kan veroorzaken, maar wordt gezien als vector voor Japanse encefalitis onder varkens. Onder experimentele omstandigheden wordt het virus ook overgedragen op muizen. Daarnaast blijkt dat het virus ook aan de volgende generatie via de eieren en larven

wordt doorgegeven. *A. japonicus* kan ook optreden als tussengastheer voor West-Nijl en St. Louis encefalitis virus.

Momenteel gaat de zorg meer uit naar de komst en vestiging van de vectoren dan van het uitbreken van ziekten (med. M. Koopmans, RIVM; Takken, 2008), omdat met de vestiging van deze nieuwkomers nog niet zeker is of ook de ziekteverwekkers zich gaan vestigen. De risicosleutel voor boomholtesteekmuggen is in Tabel 4 opgenomen.

3.4 Gevolgen voor de gezondheid

Met de komst van enkele nieuwe boomholtesteekmuggen zouden ook bepaalde ziekten overgebracht kunnen gaan worden. De infecties die mogelijk in Europa gaan voorkomen en ziekteverwekkend zijn bij de mens dienen echter Nederland dan ook te bereiken en levensvatbaar te blijken. Met een verschuiving van de grenzen van het tropische klimaat is het echter niet ondenkbaar dat de (sub)tropische ziekten zullen volgen. Ziekten zoals Malaria (geen virusziekte maar een parasiet), West-Nijl en Dengue, die worden overgebracht door geïnfecteerde muggen, steken steeds vaker de kop op in gebieden waar ze tot voor kort niet voor kwamen en kunnen zich naar voorheen te koude streken uitbreiden (WHO, 2004). Hubálek (2007) noemt drie exotische virussen die incidenteel in Europa worden geïmporteerd (Chikungunya, Dengue en Gele koorts). Takken (mond. med.) noemt voor Nederland als nieuw en serieus te nemen virussen Chikungunya, Dengue, Phlebo (=Rift Valley), West-Nijl en Ockelbo. Takken (mond. med.) betwijfelt of Gele koorts ooit terugkeert naar Europa. *Aedes aegypti* is niet langer in Europa aanwezig en de laatste grote epidemieën waren in Spanje rond 1870. Giessen et al. (2004) noemen voor Europa: Phlebo, Gele koorts, Dengue, Japanse encephalitis, West-Nijl, Equine encephalitis (=het oostelijk, westelijk en Venezuelaans virus), Sinbis en Ross River.

Relevant als ziekteverwekker zijn in ieder geval West-Nijl, Dengue, (Chikungunya), Rift Valey en Equine encephalitis. De West-Nile virusinfectie is sinds dit jaar meldingsplichtig (Rahamat, 2008).

In Tabel 9 zijn de nieuwe voor Europa relevante virussen in een samenvattend, echter nog ten dele onvolledig, overzicht weergegeven.

Tabel 9. Overzicht van relevante virussen per familie (kolom 1), nieuw in Europa (kolom 2), het reservoir oftewel de dierlijke drager (kolom 3) en de tussengastheer (kolom 4). De virussen zijn in Bijlage 3 nader beschreven.

Virus	**inheems/exoot in west-Europa**	**reservoir**	**tussengastheer (alleen de Europese genera)**
Bunyavirus (Bunyaviridae) **Californische encefalitis groep**		knaagdieren, haasachtigen	*Aedes, Anopheles, Culex, Culiseta*
La Crosse	exoot (N. Amerika)	eekhoorns	*Aedes triseriates*
Phlebo (Rift Valley)	exoot (Afrika, Midden-Oosten)	schapen, geiten, zangvogels, kleine zoogdieren	*Aedes, Culex*
Snowshoe hare	exoot		
Flavivirus (Flaviviridae)			
West-Nijl	exoot/inheems (Afrika, Azië, Amerika en in Europa: Roemenië, Rusland)	vogels, mensen	*Culex, Aedes, Anopheles, Ccquilettidia*
Dengue (knokkelkoorts)	exoot (tropisch Afrika, Amerika, Azië en 1-maal endemisch in Griekenland in 1928)	apen, mensen	*Aedes (aegypti, albopictus)*
Gele koorts (Europees?)	exoot (tropisch Afrika, Z. Amerika)	apen, steekmuggen	*Aedes (aegypti)*
Japanse encephalitis	exoot (ZO Azië, Australië)	gewervelden, steekmuggen	*Aedes, Anopheles, Culex*
Usutu (alleen op dieren)	exoot/inheems		
Togavirus (Togaviridae)			
Chikungunya	exoot (tropisch Afrika, Azië)	apen, mensen	*Aedes*
Ross river	exoot (Australië, zuidelijke Pacific)	allerlei	*Culicidae*
Equine encefalitis	exoot (Amerika, Azië)	paarden, vogels	*Aedes, Culex*
Reoviridae			
blauwtongvirus (catarrhaalkkoorts)	exoot/inheems sinds 2006	herkauwers	*Culicoides*
paardenpest (Orbivirus)	exoot (Afrika, Spanje 1996)	paarden	*Culicoides*

4 Toekomstige ontwikkelingen met vernattingsopgaven

4.1 Vernattingsopgaven

In de laagveenregio van West Nederland liggen een aantal vernattingsopgaven die de komende jaren vorm gaan krijgen en waarbij herinrichting en ander beheer van land en water aan de orde zijn. Het betreft maatregelen die:

- De bodemdaling als gevolg van inklinking van de veengrond moet tegengaan.
- Het watersysteem robuuster en minder faalgevoelig maken en veilig houden.
- Meer gebiedseigen water bufferen in de regio.
- De waterkwaliteit te verbeteren (ondermeer in het kader van de KRW).
- De verdroging van belangrijke natuurgebieden structureel verminderen (TOP-gebieden).
- Nieuwe natuur aanleggen, zowel in het kader van de Ecologische Hoofdstructuur als van de robuuste verbinding 'De Groene Ruggengraat'.

Bij veel van deze opgaven zal vernatting aan de orde zijn. Vernatting zal geschieden door het nemen van maatregelen:

- Het gemiddeld verhogen van slootpeilen.
- Het instellen van een ander peilregime.
- Het inrichten van nieuwe boezems.
- Het aanleggen van grasland of moeras gerelateerde natuur.

4.2 Effecten op steekmuggen en knutten

Met de realisatie van deze vernattingsopgaven zullen naar verwachting niet zozeer nieuwe gebiedstypen ontstaan, maar zullen de aandelen van de nu aanwezige gebiedstypen veranderen (zie Tabel 6). Afhankelijk van de mate van verschuiving kunnen gebiedstypen die drager zijn van bepaalde steekmuggen- en knuttenpopulaties in oppervlak toenemen of afnemen.

4.3 Vernatting en gezondheid

Om een beeld te kunnen geven van het effect van mogelijke veranderingen in de afgelopen jaren in verband met steekmuggen en knutten op de volksgezondheid en de gezondheidsrisico's spelen vier belangrijke zaken:

- De aan steekmuggen en knutten gerelateerde gezondheidsrisico's.
  Tot op heden worden de in West-Europa door steekmuggen overgedragen virussen en andere ziekteverwekkers niet als een groot gezondheidsprobleem (h)erkend. Een groot aantal van de genoemde virussen brengen geen grote risico's mee. Ziektegevallen veroorzaakt door het Sindbisvirus en ziekte en sterfgevallen veroorzaakt door het West-Nijlvirus zijn wel aanleiding om meer kennis te

verzamelen ten aanzien van de ecologie, epidemiologie en medisch belang hiervan (Lundstrom, 1999).

- De huidige en toekomstige verspreiding van vectoren.
  Steekmug gerelateerde uitbraken van ziekten worden bepaald door de aanwezigheid en of import van de geschikte vector. Verschillende ecologische factoren vergroten de kans op het optreden van de ziekten:
  - aanwezigheid van geschikte leefmilieus voor de betreffende steekmug(gen) en knutten, zoals wetlands, poeltjes, vochtige ruimten
  - (voor het virus) geschikte zomertemperaturen
  - intense neerslag in de zomer en tijdelijke overstromingen
  - het voldoende talrijk aanwezig zijn van de vector (het virus)
  - het aanwezig zijn van het reservoir of de gastheer (veelal vogels of zoogdieren)

  Het intensiever internationale verkeer en de globale uitwisseling van goederen heeft geleid tot een vergrote verspreiding van vectoren in Europa (WHO, 2004). De tijgermug *Aedes albopictus* is hiervan een goed voorbeeld van een soort die zich in Nederland kan vestigen. Dergelijke nieuwe soorten kunnen infectieziekten meebrengen of effectievere vectoren zijn voor al bestaande ziekten. Zo is de inheemse *Aedes vexans* een potentiële vector voor het Phlebovirus (WHO, 2004). Introductie van het virus in Europa maakt bij aanwezig zijn van vectoren een snelle verspreiding naar ook Nederland mogelijk.
- De bijdrage van klimaatverandering aan gezondheidsrisico's (autonome ontwikkeling).
  Klimaatverandering zal bijdragen aan de vergroting van het gezondheidrisico omdat het ruimte biedt aan de vestiging van nu nog meer zuidelijk voorkomende soorten en infectieziekten. Door de globalisering en klimaatverandering is monitoring en nadere risicobeoordeling daarom noodzakelijk.
- De bijdrage van vernatting aan gezondheidsrisico's.
  De relatie tussen vernatten en nieuwe ziekten of tussengastheren is moeilijk aan te geven. De tijgermug zal bijvoorbeeld veel meer het habitat van de huissteekmug bezetten. De verspreiding van voor Nederland nieuwe gastheersoorten door Europa en het bereiken van Nederland staat echter los van de vernattingopgaven. Gebieden zoals de laagveenregio van het Groene Hart in zijn huidige vorm herbergen in ruime mate gebiedstypen die bij klimaatverandering ruimte kunnen bieden aan zich in die regio nieuw vestigende gastheersoorten die drager kunnen zijn of worden van menselijke ziekten en dierziekten. Belangrijk in dit verband is de vraag in hoeverre vernattingsopgaven hieraan extra zullen bijdragen. Het is wel waarschijnlijk dat vernattingsopgaven waarbij met inrichting en beheer geen rekening is gehouden met het voorkomen van steekmuggen en knutten, de 'overlast' zal kunnen toenemen.

5 Mitigerende maatregelen

5.1 Inleiding

Bij het overwegen van het nemen van herinrichtings-, beheers- of bestrijdingsmaatregelen voor steekmuggen is de relatie met de levensstrategie van deze dieren van belang. Steekmuggen en knutten hebben een r-levensstrategie. Dit betekent dat zij snelle groeiers zijn met een korte levensduur, ze investeren veel energie in de reproductie en produceren veel eieren. Het broed wordt niet verzorgd, waardoor de sterfte hieronder hoog is. Deze levensstrategie is aangepast aan het leven in instabiele milieus (bijvoorbeeld pionierstadia, storingssituaties). Onder natuurlijke omstandigheden zijn steeds ontwikkelingstendensen (successie) aanwezig die de rol van r-strategen doen afnemen ten gunste van de zogenaamde K-strategen door directe wijzigingen in het biotische milieu (het optreden van concurrenten, voedsel, natuurlijke vijanden, en dergelijke) en indirecte in het abiotische milieu (fysische en chemische factoren).

Bij het nemen van maatregelen ten opzichte van steekmuggen dient gebruik gemaakt te worden van deze kennis. Dit kan op indirecte wijze door herinrichting en beheer of op directe wijze door bestrijding. Zowel de bestrijding als het beheer zijn onder te verdelen in een fysische, chemische en biologische component. Bestrijding richt zich direct op de steekmuggen- of knuttenpopulatie en beoogt deze te decimeren, een korte-termijnbenadering aangezien het milieu blijft bestaan en de populatie zich kan herstellen. Herinrichting grijpt in op het habitat (structuur) van de populatie en wijzigt deze, een lange-termijnbenadering waarbij de populatie niet kan terugkeren. Beheer zit hier vaak tussenin. In het algemeen geldt steeds dat voor een verantwoord ingrijpen of bijsturen de (auto-)ecologische kennis van de onderhavige soort(en) en hun milieu noodzakelijk is.

5.2 Herinrichting

Klimaatverandering kan tot gevolg hebben dat het leefmilieu van (groepen van) steekmuggen en knutten wordt bevorderd. Maar bij het nemen van mitigerende maatregelen staat echter altijd voorop 'het voorkomen van situaties waar massale ontwikkeling kan plaats vinden'. Voor een verantwoorde herinrichting geldt daarbij dat kennis van de ecologie van mogelijk optredende soort(en) steekmuggen en of knutten noodzakelijk is om een locatiespecifieke risicoanalyse vooraf mogelijk te maken.

Bij de herinrichting van gebieden is vooraf vaak sprake van een vraag naar het potentieel optreden van steekmuggen en knutten. Ten aanzien van de relatie tussen steekmuggen en knutten en herinrichting zijn op hoofdlijnen de volgende fysische, chemische en biologische componenten te onderscheiden.

Fysische factoren

Bij het herinrichten van natte gebieden wordt altijd ingegrepen op de fysische omstandigheden van het terrein en het houdt bijna altijd een wijziging van de structuur van het aanwezige ecosysteem in. Ten aanzien van ontwikkeling van steekmuggen en knutten zijn hierbij twee uitersten mogelijk. Enerzijds het voorkómen of verminderen van het ontstaan van oppervlaktewater (vooral tijdelijke aquatische milieus) en anderzijds het volledig en permanent onder water zetten (van delen) van een gebied. Dit zijn vaak doeltreffende methoden gebleken om omvangrijke leefmilieus van steekmuggen en knutten te minimaliseren (Havelka, 1978, Kriegerowski, 1980, Fritz & Heimer, 1981). Het nadeel bij het voorkómen van grote drassige oppervlakken en moerassen of het egaliseren van potentieel drassige terreinen is dat hierdoor ook de temporaire aquatische milieus zelf met hun eigen flora en fauna verdwijnen (Service, 1971). Bij het volledig onder water zetten van deelgebieden geldt hetzelfde nadeel, echter door het graven van bijvoorbeeld sloten en plassen kan nog een redelijke aquatische diversiteit ontstaan.

Bij de aanleg van permanente wateren dient rekening te worden gehouden met:

1. de potentiële ontwikkeling van waterplanten als substraat voor de plantenboorsteekmug *Coquillettidia*;
2. een eventuele golfslagzone ter voorkoming van kolonisatie door *Anopheles* en *Culex* (malariamug respectievelijk huissteekmug);
3. een steilere oever ter voorkoming van ei-afzeting door *Aedes* (moerassteekmug).

Dit dient echter steeds in relatie met de plaats, de aanwezigheid van predatoren, de doelstellingen en de ontwikkelingsmogelijkheden van het gebied te worden bekeken. Minder drastische mitigerende maatregelen omvatten een meer ecologische inrichting van de potentiële (tijdelijke) aquatische milieus door bijvoorbeeld:

- Het over grote afstanden voorkómen of regelmatig weghalen van overhangende vegetatie ter voorkoming van ei-afzettingsmogelijkheden voor schaduwminnende soorten.
- Het niet aanplanten of laten ontwikkelen, of het kappen van bomen en struiken waardoor de toevoer van organische voedingsstoffen voorkomen of verminderd wordt (Kriegerowski, 1980) en de schuil- en dispersiemilieus voor volwassen dieren verminderen.
- Het verwijderen van watervegetatie (stevige helofyten zoals lisdodde, egelskop, kalmoes, gele lis, mannagras en dergelijke) waaraan *Coquillettidia* gebonden is voor de luchtademhaling (Kriegerowski, 1980).
- Het (laten) optreden van onregelmatige waterstandwisselingen waardoor tijdelijk aquatische milieus in aanraking komen met permanente milieus of juist verder indrogen. Hierbij moet wel gezorgd worden dat juist geen extra tijdelijke aquatische milieus ontstaan.
- Het eind februari instellen van een hoog waterpeil (minimaal 20 cm) en in mei van een lager peil waardoor geen synchronisatie van *Aedes* populaties kan optreden en predatie een kans krijgt.
- Het voorkómen van brede ondiepe, onregelmatig en te flauw aflopende oevers waar veel tijdelijke aquatische milieus zich kunnen vormen.

- Het voorkómen van het optreden van teveel restwateren (kleine poelen) na waterstanddaling in het voorjaar door bijvoorbeeld het egaliseren van de flauw aflopende oevers of een steilere oevervorm.
- Het aanbrengen van voldoende waterbeweging.

Al deze methoden hangen samen met de aanwezige ecologische kennis van de plaagveroorzakende soorten. Elke situatie vraagt om een eigen interpretatie van het aanwezige gebiedstype en de te beïnvloeden fysische factoren. Daarbij is het nodig om te weten welke soorten steekmuggen aanwezig zijn dan wel te verwachten zijn.

Chemische factoren

Het sturen van de chemische samenstelling van het water in het potentiële leefmilieu van steekmuggen en knutten omvat vaak drastische maatregelen, zoals:

- Het omvormen van een zoutwater in een zoetwaterhabitat of omgekeerd (Service, 1971).
- Het omvormen van een zuur in een neutraal milieu of omgekeerd.
- Het omvormen van een voedselrijk in een meer voedselarm milieu of omgekeerd.

Dergelijke ingrepen hangen vaak nauw samen met mogelijke hydrologische maatregelen en of saneringsmaatregelen. Hierbij gelden dezelfde nadelen ten aanzien van biodiversiteitsverlies als genoemd onder de fysische factoren. Een bijkomend risico is dat juist bij omvorming de nieuwe leefmilieus mogelijk geschikt worden voor andere soorten steekmuggen en knutten. Minder drastische inrichtingsmogelijkheden omvatten bijvoorbeeld:

- Het voorkomen/verminderen van toevoer van voedselrijk water.
- Het voorkomen van organische belasting.

Bij het inlaten van water of wijzigen van kwelstromen moet er rekening me worden gehouden dat sulfaatrijk water kan leiden tot interne eutrofiëring (veenrot).

Biologische factoren

Eén van de meest kansrijke biologische factoren houdt de introductie van of het scheppen van randvoorwaarden voor het optreden van predatoren in (Service, 1971). Meestal zijn de leefmilieus van steekmuggen en knutten ongeschikt voor kolonisatie door (potentiële) predatoren als gevolg van de aanwezige dynamische milieu-omstandigheden (onder andere periodieke uitdroging, wisseling in chemische samenstelling). Het met succes doen optreden van of doen koloniseren met predatoren betekent in veel gevallen ook vermindering van een groot deel van de steekmuggen en knutten. Een voorbeeld is een (tijdelijke) koppeling aan een permanent oppervlaktewater. Specifieke predatoren van steekmuggen en knutten zijn niet bekend (Service, 1971), maar generieke des te meer. Sommige planten (*Eleocharis sp., Scirpus sp.*) remmen de ei-afzetting van bepaalde soorten (Service, 1971). Het stimuleren van de ontwikkeling van deze planten kan waar mogelijk zinvol zijn.

Moment van herinrichting

Bij herinrichting ontstaan vaak nieuwe al dan niet tijdelijke oppervlaktewateren. Dergelijke wateren zijn mogelijk nog niet gekoloniseerd met predatoren, met andere

woorden: de levensgemeenschap is nog niet ontwikkeld. Dit biedt een ruimte voor kolonisatie van snel groeiende soorten zoals steekmuggen. Vaak treedt na ingreep binnen korte tijd een massale ontwikkeling van steekmuggen op. Bij de herinrichting kan aandacht gegeven worden om dergelijke tijdelijke uitbraken te verminderen:

- Het uitvoeren van de aanleg in de nazomer waardoor meer fauna tussen de nazomer en het voorjaar van het volgende jaar tijd krijgt om het nieuwe of heringerichte milieu te koloniseren.
- Het in verbinding brengen van het nieuw aangelegde of heringerichte water met reeds bestaande permanente wateren zoals plassen of brede sloten. Deze koppeling versnelt de kolonisatie met predatoren van het (ver)nieuw(d)e milieu.
- Het monitoren van nieuw aangelegde natte gebieden om, indien daar aanleiding voor is, plaatselijk en gericht te bestrijden (zie paragraaf 3.5.3).

5.3 Beheer

De uiteindelijk ontwikkelde toestand van door klimaatverandering vernat of van een om andere reden heringericht gebied kan een verhoging op het aantal steekmuggen en knutten tot gevolg hebben. Ook zonder klimaatverandering zijn er in Nederland een aantal gebiedstypen in bepaalde tijden van het jaar (met pieken in april/mei en juli/augustus) 'overlast' aan steekmuggen of knutten veroorzaken.
Echter door herinrichtings- en beheermaatregelen kan overlast voor direct omwonenden worden verkleind. Een aantal mogelijkheden zijn:

- Het ervoor zorg dragen dat een afstand tussen nat terrein en bewoning van 60 tot enkele honderden meters wordt gehandhaafd. In deze strook zijn geen verbindende stroken van ruigtekruiden, opgaande begroeiingen of bossages aanwezig. Door deze corridors voor steekmuggen en knutten te vermijden zullen veel minder volwassen muggen de bewoning kunnen bereiken.
- Het ervoor zorg dragen dat vernatte, moerassige of plas-dras situaties op veel plaatsen met al dan niet tijdelijk in open verbinding komen te staan met permanent open water.
- Het ervoor zorg dragen dat oeverzones geleidelijk aflopen naar permanent water zodat bij verlaging van het waterpeil er nauwelijks tot geen restwater achterblijft, en het water dat wel achterblijft zo gering is dat het binnen tien dagen is verdampt.
- Waar mogelijk het permanent, zeer ondiep en vaak voedselrijk en plantenrijk water te laten bewegen, bijvoorbeeld bij bemalen, om zo steekmuggen veel minder kans te geven zich te ontwikkelen.
- Het streven, ook bij moeras- en plas-dras situaties of verbrede oevers, naar stabiele, matig-voedselrijke omstandigheden. In het agrarisch gebied is water echter vaak eutroof of hypertroof. Stabiele waterecosystemen hebben een beter ontwikkelde levensgemeenschap met meer veerkracht waarin groepen zoals steekmuggen en knutten veel minder kans hebben zich massaal te ontwikkelen. Minder voedselrijke wateren zullen ook veel minder snel verlanden.
- Begrazing door runderen of paarden vergroot het terreinreliëf. Afhankelijk van de bodemgesteldheid en vegetatiestructuur kunnen plekken (pootafdrukken, kuilen, ligplekken van vee) ontstaan waarin water achterblijft. Dit geldt vooral bij een

slechte draagkracht van de bodem, bijvoorbeeld bij natte veenbodems. Begrazing onder dat soort omstandigheden dient zoveel mogelijk te worden voorkomen.

- Ook het maaibeheer speelt een rol in het leefgebied van steekmuggen. Extensief beheerde weidegebieden hebben veelal hogere vegetaties met een hogere luchtvochtigheid en luwte, wat in het voordeel is van volwassen steekmuggen die daarin rustplaatsen vinden en zich daardoor kunnen verplaatsen.
- Verrijking van oppervlaktewater met voedingsstoffen (eutrofiëring) leidt onder andere tot een sterk wisselende zuurstofhuishouding. Steekmuggen hebben, in geval van zuurstofarme condities, door een aangepaste ademhaling meer overlevingskansen ten opzichte van veel andere waterdieren zoals hun predatoren. Voldoende strenge eisen aan de waterkwaliteit kan bijdragen aan de verkleining van de kans op steekmuggen.
- Ervoor zorg dragen dat kleinere, ondiepe wateren (vaak sloten) niet te ver verlanden. De verlandingscyclus moet tijdig wordt gestopt of teruggezet door maaien een baggeren.
- Waar terreinreliëf geen rol speelt bij de functie van een gebied, kan ervoor worden gezorgd dat er minder laagten aanwezig zijn, zodat achterblijvend water na inundatie of neerslag, vooral bij slechter doorlatende bodems, zich niet in tijdelijke plasjes ophoopt.

5.4 Bestrijding

Bestrijding van steekmuggen en knutten is alleen aan de orde op moment er toch onverwacht een plaag uitbreekt.

Fysische factoren

Een belangrijk gedragskenmerk van steekmuggen is de toepassing van luchtademhaling. Hiervoor gaan larven en poppen aan het wateroppervlak hangen. De bijna volwassen dieren kruipen uit de pophuid die eveneens aan het wateroppervlak hangt. Van deze afhankelijkheid van het wateroppervlak is bij de bestrijding al sinds lange tijd gebruik gemaakt. De eerste toepassing betrof het gebruik van petroleum en andere minerale oliën. Deze stoffen tasten de oppervlaktespanning van het water aan als gevolg waarvan de larven en poppen verdrinken. Een meer geavanceerde toepassing van deze vorm van bestrijding is het gebruik van plantaardige fosfolipiden. Deze lipiden worden op het water verspreid en vormen een monomoleculaire laag die vier tot zes uur werkzaam blijft. De methode werkt het meest effectief tegen de poppen (die zijn lichter dan water). Garret & White (1977) geven een lijst van potentieel toepasbare lipiden. Lipiden zijn moeilijk toepasbaar op grote wateroppervlakken als gevolg van windwerking en golfslag. De lipiden zijn niet alleen dodelijk voor steekmuggen maar ook voor alle andere dieren met luchtademhaling (met name waterkevers en waterwantsen). De toepassing van stoffen die de oppervlaktespanning verlagen heeft nooit geleid tot een effectieve bestrijding. Wel kan het goed worden toegepast in de directe huiselijke omgeving, zoals in kruipruimten of regentonnen.

Het droogmaken van wateren of het in (sterke) beweging brengen van water door middel van bemalen kan helpen bij het bestrijden van grote aantallen larven. Echter dient deze waterbeweging of droogval over het gehele wateroppervlak plaats te vinden. Wanneer restwateren of dicht begroeide oevers aanwezig zijn is de maatregel minder effectief.

Chemische factoren

In het algemeen zijn chemische methoden zeer effectief in de bestrijding van steekmuggen; mede vanwege de lage kosten zijn ze in het verleden vaak toegepast. De complicaties voor het ecosysteem op korte en lange termijn kunnen echter aanzienlijk zijn (verontreiniging, persistentie, mutatie/resistentie en accumulatie). Bovendien zijn veel tot dusver toegepaste chemicaliën niet selectief in de bestrijding van de doelorganismen; ook de begeleidende fauna wordt in veel gevallen in meer of mindere mate negatief beïnvloed. Enkele vooral in het verleden toegepaste chemische stoffen zijn olie (petroleum met de werkzame aromatische koolwaterstoffen), de niet-selectief, zeer toxisch en bovendien in de regel persistente gechloreerde koolwaterstoffen (onder andere D.D.T., dieldrin en aldrin), organofosfaten (Malathion, Fenthion, Temefos (Abate), Chloorpyrifos (Dursban), Parijs groen (koper-aceto-arseniet), pyrethrum en verwante synthetische verbindingen, carbamaten (Carbaryl, Propoxur (Baygon)) en 'Insect Growth Regulators' zoals Dimilin en Methopreen. Het gebruik van een aantal van deze middelen zoals de gechloreerde koolwaterstoffen en de organofosfaten zijn in Nederland verboden.
In het algemeen wordt met chemische middelen steeds terughoudender omgegaan. Enkele belangrijke nadelen zijn:

- De werking is vaak slechts van korte duur (korte termijn effect).
- De oorzaak van de plaag wordt niet weggenomen (niet structureel).
- Bij langdurig gebruik ontstaan chronische effecten in het systeem.
- De stoffen zijn vaak persistent.
- Er is een vergrote kans op mutanten (carcinogeniteit).
- Er is een grote kans op resistentievorming.
- In veel gevallen direct toxisch voor de mens.

Biologische factoren

De toepassing van biologische factoren bestaat onder andere uit het gebruik van lokstoffen (feromonen) en het uitzetten van steriele mannetjes. Hierbij worden de adulten aangetrokken door het feromoon en kunnen gericht worden gedood. Voor (soort)specifieke biologische bestrijding zijn technieken ontwikkeld die berusten op genetische controle zoals geïnduceerde steriliteit, cytoplasmatische incompatibiliteit, hybride steriliteit, sex-ratio verstoring en translocatie. Bij de toepassing van deze methoden zijn er nog grote moeilijkheden. Verder blijft de toepassing beperkt tot soorten die ziekten overbrengen en of van direct groot economisch belang zijn (Service, 1971a). Daarnaast is gezocht naar toepassing van pathogene virussen, protozoën en bacteriën. Lacey & Undeen (1986) geven een uitgebreid overzicht van de microbiële methoden. Een van de meest belovende toepassingen is het gebruik van de sporen van *Bacillus thuringiensis*. In augustus 1976 vond Margalit, tijdens zijn onderzoek naar ziekteverwekkers bij steekmuggen, dode en zieke larven van *Culex pipiens* in een plas in de Negevwoestijn. De oorzaak voor het ineenstorten van deze

Culex populatie bleek een sporen- en kristalvormende Bacillus te zijn, nauw verwant aan de door Berliner in 1911 geïsoleerde *Bacillus thuringiensis subspec. thuringiensis* (B.t.t.). Deze nieuw ontdekte bacterie werd *Bacillus thuringiensis subspec. israelensis* (B.t.i.) genoemd en behoort tot het serotype H-14. Terwijl B.t.t. specifiek pathogeen is voor rupsen, lijkt B.t.i. specifiek dodelijk te zijn voor muggenlarven, met name voor de 'filter feeders' onder larven van Culicidae en Simuliidae. Hoewel het specifiek letale effect van B.t.i. op Culicidae en Simuliidae in de literatuur algemeen wordt aangegeven, is dezelfde literatuur niet eenduidig over de invloed op de begeleidende fauna. Ook andere muggen zoals bepaalde soorten Chironomidae, Ceratopogonidae en Dixidae lijken in meer of mindere mate te worden beïnvloed. De werkzaamheid van B.t.i. hangt af van factoren zoals watervolume, trofiegraad, temperatuur, larvale stadium en populatiedichtheid.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Steekmuggen ontwikkelen zich vooral talrijk in moerassen, plas-dras situaties (al dan niet oever) en zeer tijdelijke milieus. Knutten ontwikkelen zich vooral in natte graslanden. Voor beide groepen zijn de factoren permanentie, dynamiek en temperatuur van water cruciaal. Een verhoogde voedselrijkdom draagt extra aan de ontwikkeling van deze dieren bij. Dit rapport geeft een risicosleutel waarmee het risico op 'overlast' door steekmuggen en knutten per gebiedstype kwalitatief in beeld kan worden gebracht.

In de huidige situatie, bij het huidige klimaat, is in veel gebieden in laag-Nederland reeds sprake van 'overlast' door steekmuggen en knutten. De aard en omvang van deze 'overlast' is echter niet bekend. Bij een ongewijzigd klimaat blijft deze 'overlast' aanwezig en in geval van verdere inklinking van bodems zou als gevolg van het huidige waterbeheer de 'overlast' zelfs enigszins kunnen toenemen (autonome vernatting).

Door de verdere internationalisering en globalisering van het handelsverkeer vindt er meer uitwisseling van goederen en daarmee ongewild ook van steekmuggen en knutten en ziektekiemen plaats.

Door klimaatverandering verandert de temperatuur en de neerslagverdeling in Nederland. Het warmere klimaat en de nattere winters en heftige zomerbuien tijdens droge, warme zomers dragen beide bij aan een verhoogde dynamiek in waterpeilen. Dit betekent ook dat klimaatverandering leidt tot uitbreiding van geschikte leef-milieus voor steekmuggen en knutten. Dit betreft niet specifiek gebiedstypen aanwezig in het landelijk gebied maar betreft alle situaties waar tijdelijke, ondiepe wateren kunnen ontstaan. Omdat klimaatverandering inmiddels een gegeven is, wordt deze ontwikkeling als autonoom beschouwd.

Om de effecten van klimaatverandering op de mate van ontwikkeling van steekmuggen en knutten te sturen en verminderen zijn diverse herinrichtings- en beheermaatregelen mogelijk.

Door het uitvoeren van de verschillende vernattingsopgaven worden eveneens grotere delen van gebieden meer geschikt als leefmilieu voor steekmuggen en knutten. Vooral de gebiedstypen van moeras, plas-dras en nat grasland zijn van belang.

Om de effecten van vernatting op de mate van ontwikkeling van steekmuggen- en knuttenpopulaties te sturen en verminderen zijn diverse herinrichtings- en beheermaatregelen mogelijk. Om onvoorziene 'overlast' of tijdelijk locale 'overlast' als gevolg van herinrichting tegen te gaan is bestrijding mogelijk.

Tot op heden worden de in West-Europa door steekmuggen overgedragen virussen en andere ziekteverwekkers niet als een groot gezondheidsprobleem (h)erkend. Een groot aantal van de genoemde virussen brengen geen grote gezondheidsrisico's mee.

Klimaatverandering en internationaal verkeer dragen bij aan vergroting van de kans op vestiging van nieuwe soorten. Deze soorten kunnen nieuwe ziekten overdragen. Voor zover nu bekend betreft dit vooral soorten die talrijk ontwikkelen in en nabij de bebouwde omgeving. De komst van deze soorten is onafhankelijk van het Nederlandse waterbeheer maar een gevolg van de autonome ontwikkelingen geïnitieerd door klimaatverandering.

De bijdrage van vernatting aan de vestiging en uitbreiding van nieuwe soorten steekmuggen en knutten is onzeker omdat de kennis van de ecologie van deze nieuwkomers en hun specifieke gedrag onder de toekomstige Nederlandse condities nog onvoldoende bekend is. In hoeverre nieuwkomers of nieuwe ziekten die ook overgedragen kunnen worden door inheemse steekmuggen en knutten baat bij vernatting hebben is eveneens onzeker.

6.2 Aanbevelingen

Om de problematiek van steekmuggen en knutten in relatie tot klimaatverandering en vernatting te benoemen is differentiatie van de verschillende ecologische groepen bruikbaar. Voor deze studie zijn de huissteekmuggen, moerassteekmuggen, malariamuggen en boomholtesteekmuggen apart beschouwd. De knutten zijn als gehele groep benoemd maar een nadere differentiatie is ook in deze familie wenselijk en nodig. Hiervoor is onderzoek nodig.

Het optreden van incidentele plagen zoals de moerassteekmuggenplaag in 1987 in Kloosterhaar, de huissteekmuggen overlast bij Velp in 1988 of de huissteekmuggenplaag op Schiermonnikoog in 2007 kenmerken zich door een te late start van het onderzoek en een gebrek aan kennis over de locale omstandigheden, achtergrondpopulaties en eventuele referenties. Voor steekmuggen is referentie-onderzoek aan de dichtheden onder de huidige omstandigheden in verschillende gebiedstypen met situaties zonder plaagvorming nodig.

De uitbraak van blauwtong kenmerkte zich door een sterke onderzoekfocus op de ziekte, de specifieke locaties waar de ziekte optrad en de volwassen knutten. De mogelijke andere habitats, de larven en de verspreiding van de soorten zijn in belangrijke mate buiten beeld gebleven. Voor Nederland ontbreekt voldoende taxonomische en ecologische kennis van de terrestrische en aquatische knutten. Zowel dergelijke basiskennis als kennis van referenties is noodzakelijk om te kunnen inspelen op toekomstige veranderingen. Het wordt aanbevolen deze kennis op te bouwen.

Risicoanalyse is een geschikt instrument om met 'overlast' of plagen van steekmuggen en knutten om te gaan. Echter, tot op heden beperkt de risicoanalyse

zich tot kwalitatieve parameters. Kennis van referentie-omstandigheden, gekwantificeerde populatie- en milieuparameters ontbreken maar zijn voor voorspellingen van risico's noodzakelijk.

De ecologische kennis van steekmugsoorten in Nederland dateert uit de periode 1987-1995. Deze informatie dient nodig te worden bijgewerkt. Een literatuurstudie zou hier in belangrijke mate aan kunnen bijdragen.

De verspreiding van steekmuggen in Nederland is nooit gericht of systematisch onderzocht en is dan ook onbekend. Er is geen atlas van Nederlandse steekmuggen beschikbaar. Kennis van het voorkomen en de verspreiding van steekmuggen biedt een referentiekader voor de evaluatie van 'overlast' of plagen.

Een belangrijke vraag bij de eventuele komst van boomholtesteekmuggen is de mogelijke bijdrage van tijdelijk natte milieus aan de ontwikkeling. Hier is extra literatuur studie of aanvullende informatie verzameling in reeds gekoloniseerde gebieden voor nodig.

De knutten zijn in lijn met de opdracht als gehele groep opgenomen alhoewel een nadere differentiatie in ecologische groepen de toekomst gewenst is. De taxonomische en ecologische kennis over de knutten in Nederland is zeer beperkt. Van de aquatische en terrestrische larven ontbreekt zelfs veel taxonomische kennis. We weten vaak niet eens hoe ze heten of welke er specifiek in Nederland voorkomen. In Europa en Noord-Amerika is meer kennis voorhanden en een gedegen literatuurstudie naar de taxonomie en ecologie van deze familie levert een basis om daadwerkelijke beschikbare kennis en leemten in beeld te krijgen. Daarnaast worden in het oppervlaktewater regelmatig individuen verzameld, met name door waterbeheerders, maar niet op naam gebracht. Verbetering van de taxonomische kennis zou het inzicht in voorkomen en verspreiding sterk kunnen vergroten.

Moerassen zijn een milieu dat noch tot de verantwoordelijkheid van de waterbeheerder en vooral faunistisch ook niet tot het aandachtsgebied van de natuurbeheerder worden gerekend. De beperkte kennis van fauna in plas-dras en moerassituaties maakt het uitvoeren van voorspellingen of risicoanalyses voor deze milieus extra moeilijk. Onderzoek naar de ongewervelde fauna in moerassen en plas-dras situaties kan sterk bijdragen aan de inzichten die nodig zijn voor herinrichting en beheer.

Kennis van overlast en plagen is verspreid en exemplarisch. We zijn meestal te laat. Monitoring van de risicosoorten ontbreekt. Validatie van de kennis is niet verricht. Meer systematische kennis kan bijdragen aan een beter en meer gerichte monitoring en advisering bij bestrijding, beheer en inrichting.

Ten aanzien van de nieuwe ziekten is het voor Nederland van belang de risico's in beeld te brengen, zowel voor mens als dier. Ten aanzien van de boomholte-steekmuggen dienen verspreidingsroutes en vestigingsmogelijkheden in Nederland in

beeld worden gebracht. Hiervoor is samenhangend onderzoek van de ecologie en van de verspreiding van zowel de vector als de ziekteverwekker nodig.

Herinrichtings- en beheersmaatregelen zijn vaak locatiespecifiek. In het algemeen is het streven geïsoleerde, tijdelijke watermilieus of dynamische omstandigheden te voorkomen of beperken. Bij herinrichting moet duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen de inrichtings- en de ontwikkelde fase. De effectiviteit van tussenmaatregelen dient nog nader te worden onderzocht. Ook de wijze en mogelijkheden van tijdelijke bestrijding. Veel kennis over maatregelen en steekmuggen en knutten is nog kwalitatief van aard. De eerste projecten dienen gemonitord te worden om waar mogelijk te kunnen bijsturen en optimaliseren.

Literatuur

Aranda, C., R Eritja & D. Roiz., 2006. First record and establishment of the mosquito Aedes albopictus in Spain. Med. Vet. Ent. 20: 150-152.

Beuk, P.L.Th., 2002. Checklist of the Diptera of the Netherlands. KNNV, Uitgeverij, Utrecht. 447 pp.

Blackwell, A. & F.C. King, 1997. The vertical distribution of Culicoides impunctatus larvae. Medical and Veterinary Entomology 11: 45-48.

Cancrini, G., A. di Regalbono, Ricci, I. Frangipane, C. Tessarin, S. Gabrielli, S. & M. Pietrobelli, 2003. Aedes albopictus is a natural vector of Dirofilaria immitis in Italy, Veterinary Parasitology 118(3-4): abstract.

Eritja, R., R. Escosa, J. Lucientes, E. Marque, R. Molina, D. Roiz & S. Ruiz, 2005. Worldwide Invasion of Vector Mosquitoes: Present European Distribution and Challenges for Spain, Biological Invasions 7: 87–97.

Fritz, H.G. & W. Heimer, 1981. Stechmückenbrutplätze im Naturschutzgebied 'Kühkopf knoblochsauce'. Untersuchungen zur Begleitfauna, Möglichkeiten einer Minderung der Stechmückenplage. Natur und Landschaft 56 (3), 80-84.

Giessen, J.W.B. van der, L.D. Isken & E.W. Tiemersma, 2004. Zoonoses in Europe: a risk to public health. National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, The Netherlands. 112 pp.

Glukhova, V.M., 1979. Larvae of the biting midges of the subfamilies Palpyomiinae and ceratopogoniinae ofthe Soviet Union. Keys to the Soviet Union Fauna, Nauka, Leningrad, 121. 131 pp.

Glukhova, V.M., 1979. Lichinki mokretsov podsemeistv Palpomyiinae i Ceratopogoninae fauny SSSR (Diptera, Ceratopogonidae = Heleidae) [Larvae of biting midges of the subfamilies Palpomyiinae and Ceratopogoninae of the USSR fauna (Diptera, Ceratopogonidae = Heleidae)]//Opredeliteli po Faune SSSR, izdavaemye Zoologicheskim institutom AN SSSR. Vol.121. Leningrad: Nauka. P.1-231. [In Russian; translated into English by L.J. Hribar & G.C. Steyskal, for Translation Bureau, Multilingual Services Division, Canada, under the title: Larval midges of the subfamilies Palpomyiinae and Ceratopogoninae of the fauna of the USSR. P.1-237].

Glukhova, V.M., 1989. Bloodsucking midges of the genera Culicoides and Forcipomyia (Ceratopogonidae). Fauna SSSR, Nauka, Leningrad 3, 5. 408 pp.

Gruys, P., J.C. van Lenteren, J.E. Parlevliet, P.C. Scheepens & J.C.J. van Zon, 1985. Oecologische achtergronden van plagen en hun bestrijding: In: 'Inleiding tot de oecologie', Bohn, Scheltema en Holkema, Utrecht, 465-492.

Gutsevich, A.V., 1973. Krovososushchie mokrecy (Ceratopogonidae) [Biting midges (Ceratopogonidae)]. Nasekomye dvukrylye 3(5). Fauna SSSR N.S. 107. Nauka, Leningrad (in Russian).

Hanson, S.M. & G.B.Jr. Craig, 1995. Relationship between cold hardiness and supercooling point in Aedes albopictus eggs. J. Am. Mosq. Control Assoc. 11(1): 35-38.

Haren, J.C.M. van & P.F.M. Verdonschot, 1990. Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijksvenen 3. RIN, Leersum, rapp. 90/6: 1-61.

Havelka, P., 1978. Rheinschnaken (Culiciden)Bekämpfung in rechtsseitigen Rheintal zwischen Karlsruhe und Mannheim im Jahr 1977 Culiciden Brutplätze. Veröff. Naturschutz Landschaftsplege Bad Württ. 47/48, 433-441.

Hubálek, Z., 2007. Mosquito-borne viruses in Europe. In: Vector-Borne Diseases: Impact of Climate Change on Vectors and Rodent Reservoirs. Berlin, 27 & 28 September 2007. Bundesministerium fur Gesundheid, Umwelt Bundesambt.

Illies, J., 1978. Limnofauna Europaea. Fischer Verlag, Stuttgart.

ISSG, 2004. Global Invasive Species database. IUCN – the World Conservation Union Species Survival Commission, Invasive Species Specialist Group. http://www.issg.org/database/species/search.asp?st=100ss&fr=1&sts

Jaenson, T.G.T., 1990. Vector roles of Fennoscandian mosquitoes attracted to mammals, birds and frogs. Medical and Veterinary Entomology 4: 221-226.

Kriegerowski, L., 1980. Die Dezimerung von Stechmücken mit landschaftsgestaltenden Massnahmen am Beispiel eines (West)Berliner Feuchtgebietes. Natur und Landschaft 55 (7 8), 291 295.

Lawson, J. W. H., 1951. The anatomy and morphology of the early stages of Culicoides nubeculosus Meigen (Diptera: Ceratopogonidae = Heleidae). Trans. R. ent. Soc. Lond 102: 511–570.

Linley, J.R., 1985. Biting midges (Ceratopogonidae) as vectors of nonviral animal pathogens. J. med. Ent. 22: 589-599.

Lundstrom, J.O., 1999. Mosquito-Borne Viruses in Western Europe: A Review. J. Vector Ecol. 24(1):1-39.

Lutz, N., 2002. Ecoaccess. North Carolina Central University http://ecoaccess.org/info/wildlife/pubs/asiantigermosquitoes.html

Mayer, K., 1934. Die Metamorphose der Ceratopogonidae (Dipt.). Ein Beitrag zur Morphologie, Systematik, Okologie und Biologie der Jugendstadien dieser Dipterenfamilie. Arch. naturgeschichte, N.F. 3: 205-288.

Medlock, J.M., K.R. Snow, S. Leach, 2005. Potential transmission of West Nile virus in the British Isles: an ecological review of candidate mosquito bridge vectors. Med Vet Entomol. 19(1):2-21.

Medlock, J.M., K.R. Snow, S. Leach, 2007. Possible ecology and epidemiology of medically important mosquito-borne arboviruses in Great Britain. Epidemiol Infect. 135(3):466-82.

Merrit, R.W. & K.W. Cummins, 1984. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/Hunt Publ. Comp., Dubuque. 441 pp.

Mohrig, W., 1969: Die Culiciden Deutschlands. Parasitol. Schr. 18, 260 p.

Muggen & Knutten, 2002. Muggen & Knutten: vooroordelen en misverstanden, waar- en onwaarheden, vóórkomen en voorkómen. Brochure Ministerie van Verkeer en Waterstaat, DG RWS, RIZA, Lelystad. 11 pp.

Novak, R., 1992. The Asian tiger mosquito, Aedes albopictus. Wing Beats, Vol. 3(3):5.

Rahamat-Langendoen, J.C., J.A. van Vliet & E.A. van Lier, 2008. Staat van infectie-ziekten in Nederland. RIVM, Bilthoven. Rapport 210211004. 52 pp.

Samanidou-Voyadjoglou, A., E. Patsoula, G. Spanakos & N.C. Vakalis, 2005. Confirmation of Aedes albopictus (Skuse) (Diptera: Culicidae) in Greece. European Mosquito Bulletin, 19, 10–12.

Schmidt, G. & L. ten Cate, 1989. Steekmuggen in Nieuw Velp-Zuid; aanbevelingen voor beheer. Int. rapp. RIN, Leersum. 89/3: 1-41.

Service, M.W., 1971. Conservation and the Control of Biting Flies in Temperate Regions. Biological Cons. 3 (2), 113 122.

Service, M.W., 1976. Mosquito ecology. Field sampling methods. Applied science publishers LTD. Barking, Essex. England, 583 p.

Seventer, H. van, 1969. The disappearance of malaria in the Netherlands. Thesis Universiteit van Amsterdam, Amsterdam. 86 pp.

Seyler, T., C. Rizzo, A.C. Finarelli, Alessio P. PoC., V. Sambri, M.L. Ciofi Degli Atti & S. Salmaso, 2008. Autochthonous chikungunya virus transmission may have occurred in Bologna, Italy, during the summer 2007 outbreak. Eurosurveillance 13, 3: 8015.

Steenbergen, H.A., 1993. Macrofauna-atlas van Noord-Holland: verspreidingskaarten en responsies op milieufactoren van ongewervelde waterdieren. Provincie Noord-Holland. Dienst Ruimte en Groen. 651 pp.

Szadziewski, R., 1983. Flies (Diptera) of the saline habitats of Poland. Polskie Pismo ent. 53: 31-76.

Stowa, 1997. Eco-atlas van waterorganismen. Deel V: macrofauna: insecten. Stichting Toegepast Wateronderzoek, Utrecht. 47: 289 pp.

Szadziewski, R., J. Krzywinski & W. Gilka, 1997. Diptera Ceratopogonidae, Biting Midges. In: Aquatic Insects of North Europe. A Taxonomic Handbook. Volume 2. Odonata – Diptera. Nilsson A. (ed.). Apollo Books, Stenstrup, Denmrk. 243-264.

Takken, W., R. Geene, W. Adam & T.H. Jetten, 1999. Malariamuggen en het risico voor terugkeer van malaria in de Rijn-Maas delta. Wageningen Universiteit en Research Centrum. 47 pp.

Takken, W., 2008. Insects and disease in the 21st century – a wind of change-Inauguration Lecture, Wageningen University, 5 June 2008. 17 pp.

Verdonschot, Piet F.M., Gertie Schmidt, Peter H.J. van Leeuwen & Joke A. Schot, 1988. Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijksvenen. RIN, Leersum, rapp. 88/31: 1-109.

Verdonschot, P.F.M., 2002. Culicidae. In: Beuk 2002, Checklist of the Diptera of the Netherlands. KNNV, Uitgeverij, Utrecht. 98-100.

Weissenböck, H., J. Kolodziejek, A. Url, H. Lussy, B. Rebel-Bauder & N. Nowotny, 2002. Emergence of Usutu virus, an African Mosquito-Borne Flavivirus of the Japanese Encephalitis Virus Group, Central Europe. Emerging Infectious Diseases 8: 652-656.

World Health Organization, 1989. Geographical distribution of arthropod-borne diseases and their principal vectors. WHO publication WHO/VBC/89.967. 134 pp.

World Health Organization, 2004. The vector-borne human infections of Europe. Their distribution and burden on public health. WHO publication, 144 pp.

Zadoks J.C., 1985. Landbouw tussen oecologie en economie. In 'Inleiding tot de Oecologie'. Bohn, Scheltema en Holkema, Utrecht. 375 421.

Zeller, H.G. & I. Schuffenecker., 2004. West Nile virus: an overview of its spread in Europe and the Mediterranean basin in contrast to its spread in the Americas. Eur J Clin Microbiol Infect Dis, 23(3):147-56.

Bijlage 1 Ecologie van steekmuggen

Classificatie

Voor meer uitgebreide ecologische beschrijvingen en soortspecifieke informatie wordt verwezen naar onder andere Mohrig (1969), Service (1976), Verdonschot et al. (1988), Schmidt & Ten Cate (1989), Merrit & Cummins (1984) en de literatuurverwijzingen in deze publicaties. Tot de stekende en bijtende Diptera (groep van vliegen en muggen) behoren in Nederland de volgende families volgens de classificatie naar Beuk (2002):

Klasse	Arthropoda (geleedpotigen)
	Insecta (insekten)
Orde	Diptera (muggen en vliegen)
Suborde	Nematocera (muggen)
	Culicomorpha
	Culicoidae
Familie	Culicidae (steekmuggen)
	Ceratopogonidae (knutten)

De familie van de Culicidae (steekmuggen) komt over de gehele wereld met ongeveer 3000 soorten voor. In geheel Europa komen 92 soorten steekmuggen voor, ongeveer 3.5 % van het totale soortenbestand (Illies 1978), in Midden Europa circa 45 soorten (Fritz & Heimer 1981) en in Nederland tot op heden 35 soorten (Verdonschot 2002).

Familie	Culicidae (steekmuggen)
Subfamilie	Anophelini (Anopheles (7))
(genus (aantal soorten*))	Culicini (Aedes (17), Culex (4), Culiseta (subgenera Culiseta (3), Culicella (3)), Coquillettidia (1)

*Verdonschot 2002

Steekmuggen ontlenen hun naam aan het feit dat vrouwelijke adulten dieren steken om bloed te zuigen. Het bloed is nodig voor de rijping van de eieren. Bij het steken wordt een speekselsecreet in de huid gebracht. De reactie hierop is wisselend (geen tot oedeem).

Levenscyclus

De levenscyclus van een steekmug wordt gekenmerkt door een zogenaamde volkomen gedaantewisseling (metamorfose). Het insect (larve) dat uit het ei komt verschilt morfologisch en fysiologisch volledig van het volwassen dier van de soort. Om het volwassen stadium te bereiken is een ruststadium nodig (pop), gedurende welke de omvorming plaats vindt. De levenscyclus van steekmuggen omvat een aquatische en een terrestrische fase. Steekmuglarven en -poppen leven meestal vrij zwemmend in de waterkolom: aquatisch. De volwassen dieren vliegen en leven op het land: terrestrisch. Per groep van steekmuggen is het ei-stadium terrestrisch of aquatisch.

Eieren
De volwassen vrouwtjes kunnen gedurende hun gehele leven, afhankelijk van de soort, één tot tientallen ei-ontwikkelingscycli voltooien. Het aantal eieren varieert per legsel van enkele tot circa 300 (400), afhankelijk van: de soort, de grootte van de vrouwtjes en de hoeveelheid bloedvoeding. Direct na het leggen van de eieren zijn de eieren eerst wit, maar verkleuren in ongeveer 40 minuten tot zwart. Per hoofdgroep verschilt de plaats waar de eieren worden afgezet:

De eieren van huissteek-, en malariamuggen worden op het wateroppervlak afgezet: gezamenlijk als drijvende vlotjes (genera *Culex, Culiseta* (subgenus *Culiseta*), *Coquillettidia*), of afzonderlijk drijvend (genus *Anopheles*). Het eistadium van de drijvend afgezette eieren duurt slechts enkele dagen. Eieren kunnen worden gegeten door predatoren of met de waterbeweging op de oever terecht komen en indrogen.

De eieren van boomholte- en moerassteekmuggen worden semi-aquatisch of terrestrisch afgezet in modder, strooisel of op vochtige bodem (genus *Aedes, Culiseta* (subgenus *Culicella*)). De eerste zes tot acht dagen na ovipositie zijn de eieren, afgezet op een vochtige bodem, gevoelig voor verdroging. Daarna doorstaan deze tot op zekere hoogte droogte. De eieren komen uit als ze gedurende voldoende tijd, meestal enkele dagen, in contact zijn geweest met water. Afhankelijk van de klimatologische omstandigheden kan het eistadium van op vochtige bodem afgezette eieren variëren van enkele weken tot enkele jaren. Deze semi-aquatisch of terrestrisch afgezette eieren kunnen namelijk in rust (diapauze) gaan. Dit gebeurt bij univoltiene (soorten met slechts één levenscyclus per jaar) soorten reeds in de zomer en duurt tot aan het volgend voorjaar. De multivoltiene soorten (soorten met meerdere levenscycli per jaar) hebben meestal synchrone generaties (hetgeen betekent dat de larven gelijktijdig uitkomen, ontwikkelen en of uitvliegen) daar het water vaak over grotere oppervlakken gelijktijdig stijgt (stijgende waterstand, neerslagrijke periode). Hierdoor begint de ontwikkeling van de eitjes gelijktijdig en wordt de populatie steeds weer gesynchroniseerd.

Larven
De larven van alle groepen van steekmuggen doorlopen vier stadia, elk eindigend met een vervelling. De duur van het larvale stadium is afhankelijk van: de soort, de temperatuur, de hoeveelheid water en de hoeveelheid aanwezig voedsel in het habitat. Onder optimale omstandigheden (hoge temperatuur, voldoende water en voedsel) kan de larvale ontwikkeling in twee tot drie weken zijn afgerond. De larven zijn zwaarder dan water en moeten daarom actief naar het wateroppervlak bewegen om adem te halen. Bij verstoring laten ze zich in het water zakken. Omdat ze afhankelijk zijn van luchtademhaling worden ze niet door lage zuurstofgehalten beïnvloed, behalve in het eerste stadium omdat dan nog huidademhaling wordt toegepast. Vanaf het tweede stadium ademen de larven (en poppen) door middel van een ademhoorntje aan het wateroppervlak, met uitzondering van de planten-boorsteekmug *Coquillettidia*, die zuurstof onttrekt aan de luchtkanalen van waterplanten. De voeding van alle larven bestaat uit micro-organismen, afgestorven plantenresten of algen. Delarven zijn zeer gevoelig voor predatie en uitdroging.

Poppen

De verpopping volgt bij voldoende hoge temperatuur nadat de vierde stadium larven zijn volgroeid. De poppen zijn lichter dan water waardoor ze meestal tegen het wateroppervlak hangen en daar atmosferische lucht ademen met behulp van ademhoorntjes op de thorax, met uitzondering van *Coquillettidia* die zuurstof onttrekt aan luchtkanalen van waterplanten. Bij verstoring vluchten zowel larven als poppen actief naar diepere waterlagen; na korte tijd verschijnen ze echter weer aan het wateroppervlak. De duur van het popstadium varieert van drie tot vijf dagen, het kan verlengd worden tot 10-21 dagen als gevolg van lage temperaturen. De poppen voeden zich niet.Ook de poppen zijn gevoelig voor predatie en uitdroging.

Adulten

De adulten ontpoppen aan het wateroppervlak uit de opengebarsten pophuid. Dit duurt 7 tot 8 minuten. Een voorwaarde hierbij is een onbeweeglijk wateroppervlak (geen golfslag). De adulten (zowel mannetje als vrouwtje) voeden zich met nectar. Als het geslachtsapparaat in het vrouwtje voldoende is ontwikkeld (na 2-3 weken) is ze rijp voor paring. Het vrouwtje paart één tot meerdere malen, veelal in de directe omgeving van het larvale habitat. Na de paring sterven de mannetjes. Mannetjes hebben daardoor een kortere levensduur dan vrouwtjes. Vrouwtjes zijn meestal actief in de schemering en de nacht, in zowel open als bedekt terrein. Bepalende factoren voor deze activiteit zijn lichtsterkte, temperatuur en luchtvochtigheid: de steekactiviteit is vooral hoog op dagen met een hoge luchtvochtigheid, een hoge temperatuur en (min of meer) lage luchtdruk. Pas twee tot drie weken na het uitvliegen (en de paring) wordt bloed gezogen. Het bloed is nodig voor de ontwikkeling van de eitjes. Vrouwtjes benaderen hun gastheer na visuele waarneming. Andere zintuigen spelen pas een rol op het moment dat de adulten in de directe omgeving van een gastheer zijn. Een combinatie van visuele stimuli met andere prikkels zoals geur, warmte en vocht verhogen het bloedzuiggedrag. De attractiviteit van de mens wordt naast lichaamstemperatuur en geurstoffen ook bepaald door het uitgeademde (verhoogde) kooldioxide. De volwassen dieren worden gepredeerd door roofvliegen en vogels. Lage luchtvochtigheid leidt eveneens tot sterfte.

Bijlage 2 Ecologie van knutten (Ceratopogonidae)

Classificatie

De knutten (Ceratopogonidae) omvat een familie van kleine muggen (1-4 mm lang) Wereldwijd zijn er meer dan 4000 soorten met in het genus *Culicoides* alleen al meer dan 500 soorten. Voor Nederland zijn circa 104 soorten ceratopogoniden bekend. Ze zijn nauw verwant aan de vedermuggen (Chironomidae), kriebelmuggen (Simuliidae) en Thaumaleidae.

Familie	Ceratopogonidae
Subfamilie (genus (aantal soorten in NL*))	Ceratopogoninae (Ceratopogon (3), Culicoides (15), Kolenohelea (1), Schizohelea (1), Serromyia (4), Stilobezzia (3))
	Dasyheleinae (Dasyhelea (13))
	Forcipomyiinae (Atrichopogon (10), Forcipomyia (20))
	Palpomyiidae (Bezzia (12), Clinohelea (1), Macropeza (1), Mallochohelea (2), Nilobezzia (1), Palpomyia (12), Probezzia (1), Sphaeromias (3))

* Beuk 2002

Levenscyclus

De levenscyclus van een knut wordt gekenmerkt door een zogenaamde volkomen gedaantewisseling (metamorfose). Het insect (larve) dat uit het ei komt verschilt morfologisch en fysiologisch volledig van het volwassen dier van de soort. Om het volwassen stadium te bereiken is een ruststadium nodig (pop), gedurende welke de omvorming plaats vindt. De eieren kunnen in 2-10 dagen ontwikkelen. De larve doorloopt 4 stadia. Bij hoge temperaturen (28-30°C) ontwikkelde *Culicoides nubeculosum* zich in 22-32 dagen tot pop (Glukhova, 1989). Het pop stadium duurt 3-5 dagen terwijl de volwassenen 1-2 maanden leven. De meeste soorten van het genus Culicoides ontwikkelen zich bij 20-25°C in circa 1 maand van ei (in 4-6 dagen), via larf (in 20-25 dagen), via pop (in 3-5 dagen) tot volwassen dier (Gutsevich, 1973). Ongeveer 4-5 dagen na het uitvliegen zuigen de volwassen vrouwtjes bloed, waarna na circa 5-7 dagen de eieren worden afgezet. Met andere woorden de gehele levenscyclus neemt daarmee ongeveer 1.5 maand (range 2-6 weken) in beslag.

De meeste knutten overwinteren in het derde of vierde larvale stadium, univoltiene soorten vaak als ei. De volwassenen vliegen van de vroege lente (in onze regio april/mei tegelijk met het steekmuggen genus *Aedes*) tot de late herfst (oktober/november).

Het aantal levenscycli per jaar kan van soort tot soort verschillen, zowel uni- als multivoltiene soorten komen voor. Dit is mede afhankelijk van de lokale klimatologische omstandigheden.

Eieren

De eieren zijn circa 0.25 mm groot, langgerekt al dan niet licht gebogen van vorm en worden enkelvoudig, in losse groepjes, in ketens (*Mallochohelea, Probezzia*) of in massale klompen afgezet op vochtige substraten zoals vochtige bodems, stenen of emergente vegetatie (Szadziewski, 1997). De eieren zijn eerst wit en verkleuren daarna tot bruin of zwart. De eiklompen kunnen tot zeker 450 eieren bevatten en een adult kan meerdere (tot 7?) van dergelijke eiklompen produceren. Bij kamertemperatuur komen de eieren van *Culicoides nubeculosum* na 48-65 uur uit (Lawson, 1951). Andere ontwikkelingstijden variëren van 2 tot 10 dagen. Sommige soorten zijn univoltien (bijvoorbeeld bij *Culicoides grisecens, C. vexans, Dasyhelea, Forcipomyia*), er treedt dan een embryonale diapauze op.

Larven

De larven gelijken wormen, zijn crème-wit van kleur en ongeveer 2 tot 5 mm lang. De larven doorlopen 4 stadia, waarbij alleen stadium 1 nog stekeldragende voorpoten heeft. De larven en poppen leven aquatisch, semi-aquatische of terrestrisch. Het leefmilieu is verderop meer in detail beschreven. Ze voeden zich met algen, schimmels en andere micro-organismen of zijn carnivoor. Er zijn dichtheden van meer dan 80.000 larven per vierkante meter beschreven (Glukhova, 1979). De larven leven voornamelijk als predatoren op kleine dieren zoals chironomiden, steekmug-larven, kokerjuffers, nematoden, rotiferen, wormen, protozoën en kannibalistisch. Echter sommige soorten leven op dood organisch materiaal, algen of bacteriën. De aquatische larven zijn goede en snelle zwemmers.
Larven van aquatische knutten worden vooral door vissen gegeten. Terrestrische larven bevinden relatief ondiep (2-5 cm) in de bodem en worden door vogels gepredeerd (Blackwell & King 1997).

Poppen

De pop is bleek geel tot bruin en is 2 tot 5 mm lang met een cephalothorax waarop zich een paar ademhalingshorentjes staan die al dan niet met haren bezet zijn. De poppen kunnen niet zwemmen, maar bewegen langzaam door met hun abdomen te draaien. Uitzondering zijn de poppen van de genera Mallochohelea en Probezzia die ventrale plaatjes bezitten waarmee ze snel naar de bodem van een water kunnen bewegen. In oppervlaktewater hangen de poppen veelal aan het wateroppervlak met hun ademhalingshoorntjes. Het popstadium duurt veelal 2-3 dagen.

Volwassenen

De volwassen mannetjes voeden zich met nectar of andere zoete plantensappen. De vrouwtjes van sommige soorten zuigen bloed van dieren, met name vertegenwoordigers van de genera *Culicoides*, enkele *Forcipomyia* en *Leptoconops*. Bloed-maaltijden worden vooral in de ochtend en de avond genuttigd, maar er komen ook soorten voor die zich overdag voeden. De Dasyheleinae en de meeste Forcipomyinae zijn fytofaag (o.a. enkele *Atrichopogon* die pollen uitzuigen) terwijl enkele Forcipomyinae en *Atrichopogon* entomofaag (op de lichaamsvloeistof van insecten) zijn. De overigen prederen op insekten.
De vrouwtjes vliegen circa 2 km terwijl de mannetjes de dubbele afstand afleggen.

Leefmilieu

Het leefmilieu is zeer variabel van droog naar nat. De knutten zijn gevonden in volledig aquatische milieus zoals beken, rivieren, bronnen, poelen, plassen, meren, boomholten, in tijdelijke wateren zoals rotspoeltjes en andere opdrogende wateren , in semi-aquatische omgeving zoals natte oeverzones, moerassen, venen, drassige weilanden, mos en andere vocht vasthoudende begroeiingen en vochtig grasland, en terrestrisch zoals in mest, rottende schimmels, mierennesten, rottend hout, strooisel en andere droge plekken. Er zijn ook larven gevonden in de sapstroom in planten. De echte aquatische knutten behoren allemaal tot de subfamilie van de Ceratopogoninae en Palpomyiinae. De meeste komen voor in ondiepe beken en plassen, vooral tot een diepte van 5-10 cm, maar er zijn ook vondsten tot 43 m diepte onder water bekend (Mayer, 1934).

Het genus *Culicoides* wordt gevonden op of nabij het oppervlak van natte bodems in zoete en brakke moerassen, drassige gronden en venen, oeverzones, boomholten en temporaire poeltjes. De Forcipomyinae zijn vaak semi-aquatisch alhoewel ze ook veel in het littoraal worden gevonden. *Atrichopogon* is de enige echt stromingsminnende soort. De verdeling in brak water is niet veel verschillend (Szadziewski, 1983).

Bijlage 3 Overzicht van (mogelijk) in Europa voorkomende arbovirussen en andere ziekteverwekkers

Voor malaria en blauwtong wordt verwezen naar paragraaf 2.3.2 respectievelijk 2.3.3.

Bunyaviridae (of Californische encefalitis virussen)
Hersenontsteking of encefalitis is een ontsteking van het hersenweefsel en kan door een arbovirus worden veroorzaakt. Meestal verloopt de infectie relatief mild, maar er kunnen ook ernstigere hersenbeschadigingen ontstaan soms met de dood als gevolg.

Tahynavirus
Het ziekteverloop van het Tahynavirus lijkt op een zomergriep (WHO 2004). Het Tahynavirus veroorzaakt koorts en ademhalingsproblemen met soms storingen in het centrale ruggemerg (Lundstrom 2004). Het Tahynavirus wordt door steekmuggen *Aedes vexans*, *A.cantans*, *A. sticticus*, *A. caspius*, *Culex pipiens*, en *Culiseta annulata* overgedragen. Het virusreservoir is gevonden bij vogels, haasachtigen en knaagdieren. Het komt in de meest Centraal en Zuid Europese landen voor (Lundstrom 1999), de WHO (2004) noemt met name Duitsland, Oostenrijk, Italië en Frankrijk.

Inkoovirus
Het Inkoo virus is tot op heden in West-Europa niet geassocieerd met een ziekte bij de mens, echter een Russische studie legt een verband met encefalitis (Lundstrom 1999). Het Inkoo virus komt in Noord-Europa (vooral in het hoge noorden voor).

Bataivirus
Het Batai- of Calovovirus komt in Zuid-, Centraal (meest frequent) en Noord-Europa voor. De immuniteit bij mensen is veelal laag, hetgeen erop duidt dat het virus als ziekteverwekker bij de mens een beperkte rol speelt (Lundstrom 1999).

Lednicevirus
Het Lednicevirus is alleen bekend van Tsjechië en Roemenië en is tot op heden niet op mensen overgedragen (Lundstrom, 1999).

La Crossevirus
Het La Cross virus wordt door *Aedes triseriatus* en *A. albopictus* overgedragen en komt voor in Noord-Amerika. Het is in 1969 in La Cross ontdekt. Het doorloopt een zoogdier-steekmug cyclus en overwintert via doorgifte in steekmug eitjes. Het ziekteverloop is mild, met in 1% van de gevallen en dodelijke afloop.

Phlebovirus (Rift Valley virus)
Het Phlebovirus komt vooral bij gedomesticeerde dieren voor maar kan ook mensen treffen. Het ziekteverloop bij de mens is vaak zonder symptomen of met lichte koorts, algehele vermoeidheid, rugpijn, hoofdpijn, duizeligheid, gewichtsverlies, myalgie en/of leverafwijkingen. In een klein percentage van de gevallen (< 2%) kunnen hemorrhagische koorts, hersenontsteking of oogafwijkingen optreden. Genezing treedt na 2-7 dagen op.

De ziekte is voor het eerst in Kenia rond 1915 waargenomen, maar is pas in 1931 geïsoleerd. Het virus komt zuidelijk van de Sahara voor en elders soms endemisch zoals in Egypte in 1977-78 met miljoenen zieken en duizenden doden, en in 2000 in Jemen en Saoedi-Arabië. In Kenia waren in 1998 meer dan 400 doden te betreuren.
Het Phlebovirus is wel een belangrijke veroorzaker van dierziekte met dodelijke afloop voor schapen en koeien en heeft dan ook ernstigere gevolgen voor de mens. Het virus wordt door soorten van de geslachten *Culex* en *Aedes* overgedragen, maar heeft niet perse een tussengastheer nodig. Experimenteel is aangetoond dat het virus een veelheid aan dieren kan infecteren en zeer wijd verspreid zou kunnen voorkomen. Het virus is nog niet buiten Afrika waargenomen maar de kans hierop wordt zeer serieus genomen.

Snowshoe hare virus (=poolhaas)
Het virus veroorzaakt hoofdpijn en koorts en behoort tot de Californische virussen die in 1943 voor heet eerst zijn geïsoleerd.

Flaviviridae (flavivirussen)
West Nijlvirus
Het West-Nijlvirus wordt overgebracht door steekmuggen en maakt vooral onder vogels slachtoffers, maar treft ook zoogdieren (vooral paarden) inclusief de mens. Bij 80% van de menselijke slachtoffers levert een infectie geen symptomen op. In de overige gevallen is er sprake van koorts, vermoeidheid, pijn in de ogen en spieren, hoofdpijn en encefalitis. In 0,7% van de gevallen zijn er ernstiger gevolgen met name encefalitis en meningitis (Lundstrom, 1999). Met name mensen boven de 50 jaar hebben een hoger risico op de ernstiger verschijnselen van de ziekte. Het virus stamt uit tropisch Afrika. Het virus is gevonden in vogels, paarden en steekmuggen (Lundstrom 1999). Het West-Nijlvirus werd in 1999 voor het eerst in de Verenigde Staten geconstateerd. Aangenomen wordt dat een drager de Verenigde Staten via een vliegtuig aan de oostkust binnen is gekomen. In slechts 4 jaar bereikte het virus de westkust van de Verenigde Staten. De komst naar west Europa is slechts een kwestie van tijd (Zeller et al. 2004). Hier traden vooral de soorten van het geslacht Culex als tussengastheer op (Medlock et al. 2005).
Het virus steekt in Europa regelmatig de kop op (Zuid-Frankrijk 1962-1965, Roemenie 1996 met hoog sterftecijfer, Portugal, Tsjechië). Antilichamen zijn bij vogels, huisdieren en mensen in verschillende andere Zuid- en Centraal Europese landen aangetroffen (Lundstrom, 1999). Potentiële tussengastheren zijn *Culex pipiens*, *C. europaeus*, *C. modestus*, *Anopheles plumbeus* , *A. maculipennis*, *A. atroparvus*, *A. messeae*, *Aedes caspius*, *A. cantans*, *A. cinereus*, *A. detritus*, *A. dorsalis*, *A. punctor*, *A. sticticus*, *A. vexans*, *Coquillettidia richiardii*, *Culiseta annulata* en *C. morsitans* (Medlock et al., 2005).Een uitgebreid overzicht van de historie en ontwikkeling van het West-Nijl virus probleem in Europa is gegeven door de WHO (2004).

Dengue (knokkelziekte)
Dengue (ook bekend als knokkelkoorts) is een virale infectieziekte die voornamelijk wordt overgebracht door beten van de steekmuggensoort *Aedes aegypti*, maar soms ook door *Aedes albopictus*. Er zijn vier verschillende verwante virussen bekend (van de groep flavivirus) die een vergelijkbaar ziektebeeld kunnen geven; na het doormaken

van een infectie met één van de vier is men voor die variant levenslang immuun. Er ontstaat echter geen kruisimmuniteit tegen de overige drie virussen. Integendeel, er zijn aanwijzingen dat bij een infectie met een van de andere virussen juist een ernstiger ziekteverloop optreedt. Dengue is een ziekte in opkomst; de mens is het voornaamste virusreservoir en de kans op overdracht van het virus neemt toe als veel mensen dicht op elkaar wonen en steekmuggen makkelijk toegang hebben.
De risicogebieden voor dengue komen min of meer overeen met die voor malaria. In Europa en Noord-Amerika komt de ziekte van nature niet voor, behalve in Mexico en Texas. In Midden-Amerika en de Caribische eilanden, Afrika en Zuid-Amerika rond de evenaar, India, Zuidoost-Azië, de Filippijnen en Noordoost-Australië is de ziekte endemisch. Dengue was eenmaal endemisch in Europa (Griekenland 1928: Giessen et al. 2004). Het endemisme is vooral een gevolg van de koude intolerantie van de tussengastheer *Aedes aegypti*, een gedomesticeerde, overdag mensen stekende steekmug. Echter nu de ziekte ook door de in Europa voorkomende soort *Aedes albopictus* kan worden overgedragen wordt het risico op een ziekte uitbraak veel groter (Giessen et al. 2004).

Gele koortsvirus

De Gele koorts is een infectieziekte veroorzaakt door het gele koortsvirus dat door steekmuggen wordt verspreid. De ziekte komt alleen in Afrika ten zuiden van de Sahara (ca. 180.000 gevallen per jaar) en Zuid- of Midden-Amerika (ca. 20.000 gevallen per jaar) voor. In Afrika gaat het meestal om de *Aedes aegypti* of *Aedes africanus*, in Zuid-Amerika zijn het vaak steekmuggen van het geslacht *Haemagogus*. Via de speekselklieren van de besmette mug komt het virus in het lichaam binnen en infecteert lymfocyten. Via de regionale lymfeklierstations verspreidt het virus zich vervolgens naar de rest van het lichaam. Muggen die een geïnfecteerde aap of mens steken worden na 2-3 weken besmettelijk.
Per jaar kan in een gebied met veel transmissie wel enkele procenten van de aanwezige bevolking geïnfecteerd worden met het gele koortsvirus. Bij de jong-volwassenen kan in zo'n gebied mede daarom bij de meerderheid antistoffen tegen gele koorts worden aangetroffen. In Nederland is er in meer dan 10 jaar geen gele koorts vastgesteld.

Japanse encefalitis

Japanse encefalitis is een in Azië niet zo zeldzame en potentieel ernstige virale hersenontsteking (verlammingen, epilepsie, coma, overlijden). Japanse encefalitis is met 30-50.000 gesignaleerde gevallen per jaar de voornaamste vorm van virale encefalitis in Azië, en heeft als bijnaam de 'pest van het Oosten'. Bij de mens veroorzaakt het virus meestal een onschuldige atypische infectie. Ongeveer 1 op 200 besmette personen ontwikkelt encefalitis (varieert tussen 1 per 50 tot 1 per 1000 besmettingen). In ongeveer 3 gevallen op tien lijdt de hersenontsteking tot de dood. In nog eens 3 gevallen op 10 zijn er blijvende neurologische of psychologische restverschijnselen.
De term 'Japanse' verwijst naar de plaats van de eerste virusisolatie in 1935. Het verspreidingsgebied is echter veel groter. De ziekte komt vooral voor in landelijke streken van Zuid- en Zuidoost-Azië (van India tot Japan). Recent dook het virus op in Papua Nieuw Guinea en het Noorden van Australië. De infectie komt in de

meeste gebieden seizoengebonden voor. In de gematigde klimaatzones vooral rond het einde van de zomer en het begin van de herfst en in de tropische klimaatzones bij het begin van de regenperiode (moesson). De aandoening komt vooral voor waar mensen en varkens in dicht verband samenleven.

Ustuvirus

Dit virus is voor het eerst in 1959 bij steekmuggen in Zuid-Afrika geïsoleerd en draagt de naam van een rivier in Swaziland. Het is aangetroffen bij vogels en zoogdieren. Het virus is nooit geassocieerd met een ernstige of fatale ziekte bij mensen of dieren (Weissenböck et al. 2002).

Togaviridae

Er zijn in totaal 25 verschillende togavirussen geïdentificeerd. Togavirussen kunnen verschillende diersoorten infecteren, waaronder vogels, knaagdieren en zoogdieren. Sommige togavirussen veroorzaken een fatale encefalitis (ontsteking van de hersenen) bij bijvoorbeeld paarden, terwijl andere infecties veel mildere symptomen laten zien. Ook mensen kunnen
worden geïnfecteerd door togavirussen, alhoewel dit echter relatief weinig voorkomt. De symptomen van een togavirusinfectie bij mensen variëren van griepachtige verschijnselen tot een ernstige encefalitis.

Ockelbo

Het Ockelbo virus (een Sinbis gerelateerd virus) wordt door de steekmugsoorten *Aedes cantans*, *A. cinereus*, *A communis*, *A. excrucians*, *A. intrudens*, *Culex pipiens*, *C. torrentium* en *Culiseta morsitans* overgedragen. Het virus overleeft in een vogel-mens-vogel overdrachtscyclus. De ziekte kenmerkt zich door gewrichtspijn (1 week tot 1 maand). Het virus is over geheel Europa, Azië en Afrika verspreid (WHO 2004).

Sindbisvirus

Het Sindbisvirus veroorzaakt koorts, huiduitslag en gewrichtspijn. Uitbraken zijn van Noord-Europa bekend uit 1981-1982, 1988 en 1995 (Lundstrom 1999). Het SIN virus is één van de minst gevaarlijke alphavirussen voor de mens en wordt daarom vaak gebruikt als een modelvirus in wetenschappelijk onderzoek (Jaenson 1990). Het Sindbisvirus wordt tussen vogels overgedragen door *Culex pipiens*, *C. torrentium* en *Culiseta morsitans*, and terwijl de overdracht tussen vogels en mens plaats vindt door soorten van het gelsacht *Aedes*, met name *A. cinereus*, een soort die zowel bloed zuigt van vogels als van zoogdieren (Jaenson, 1990).

Chikungunyavirus

Het Chikungunyavirus is een togavirus dat een milde koorts veroorzaakt en is veelal niet levensbedreigend. Het virus kan overgedragen worden door *Aedes aegypti* en *Aedes albopictus* (tijgermug). Voorafgaand aan 2007 waren besmettingen in Europa vooral incidenteel als gevolg van reizigers die besmet terugkeerden. In augustus 2007 brak rond Ravenna in Noord-Italië de eerste epidemie van het Chikungunya-virus in Europa uit. Hierbij raakten > 200 mensen besmet (Seyler et al. 2008).

Ross River
Voor het eerste geïsoleerd in 1928. De ziekte uit zich in gewrichtspijnen, spierpijn, koorts en huiduitslag. Het wordt onder andere overgedragen door *Aedes vigilax*.

Equine encefalitis (paardenencefalitis)
Er zijn drie vormen van dit virus. Het virus maakt vooral slachtoffers onder paarden. Echter oversmetting naar de mens is mogelijk en maakte eenmaal in het noordoosten van de VS 35% dodelijke slachtoffers (kinderen). Het oostelijke virus is lethaler dan het westelijke of Venezuela. Het virus wordt door de geslachten *Culex*, *Culiseta*, *Aedes* en *Coquiletidia* overgedragen.

Overigen
Naast de bovengenoemde virussen is er ook serologisch bewijs voor het voorkomen van het Semliki Forest complex virus in Centraal en Zuid-Europa.

Bacteriën
Tularaemia
Tularemie is een bacteriële zoönose veroorzaakt door *Francisella tularensis*. Deze bacterie is één van de meest virulente bacteriën. Infecties vinden in hoofdzaak incidenteel plaats, rechtstreeks door besmettingsbronnen van dierlijke oorsprong (zoals met uitwerpselen besmet hooi en stro), indirect via steekmuggen (Jaenson 1990) en teken of via oppervlaktewater. Evenals voor vele diersoorten is *F. tularensis* ook voor de mens een virulente ziekteverwekker. *F. tularensis* type B komt voor in Europa, Azië en Noord-Amerika (Jaenson 1990). Het veroorzaakt epidemieën onder bijvoorbeeld bevers, muskusratten en muizen. In Nederland is slechts eenmaal, bij een dode haas, *F. tularensis* aangetroffen. Men moet zich echter realiseren dat dit micro-organisme alleen met gerichte isolatie-technieken is te detecteren.

Protozoa
Zie paragraaf 2.3.2 Malaria.

Wormen
Filariasis
De overdracht van filariasis (veroorzaakt door *Dirofilaria immitis*) geschiedt door *Anopheles*, *Culex*, *Cocquilettidia* en *Aedes* soorten (WHO 1989).