
Stekende insecten in Waaluiteerwaarden

Natuurontwikkelingsgebied Wamel, Dreumel en Heerewaarden



Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research

Mei 2022

Auteurs

██████████ (correspondentie: ██████████@wur.nl)

Opdrachtgever

Kragten

Projectgroep

██████████ (Kragten), ██████████ (Projectteam UWDH RWS Oost Nederland), ██████████
██████████ (Bureau Stroming)

Wijze van citeren

██████████ (2021). Stekende insecten in Waaluiterswaarden. Natuurontwikkelingsgebied Wamel, Dreumel en Heerewaarden. Notitie Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen. 40 pp.

Trefwoorden

Nevengeul, aangetakte strang, overstromingsvlakte, poel, plas, natte tot vochtige natuur, tijdelijk restwater, *Aedes vexans*, *Ochlerotatus sticticus*, moerassteekmug, huissteekmug, vector, overdraagbare ziekte

Beeldmateriaal

██████████

DOI: <https://doi.org/10.18174/569754>

ISBN: 978-94-6447-229-5

Dit project is uitgevoerd in opdracht van Kragten

© 2022 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.

Inhoud

1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding	7
1.2	Het onderzoeksgebied	7
2	Landschapselementen ontwerp	8
2.1	Stromende nevengeulen	8
2.2	Overstromingsvlakten	12
2.3	Poelen in laagten	14
2.4	Plassen	15
2.5	Natte tot vochtige natuur	16
2.6	Waterberging	17
2.7	Beheer	17
2.8	Samenvatting landschapselementen en beheer	18
3	Stekende insecten	20
3.1	Ecologische groepen van steekmuggen en knutten	20
3.2	Steekmuggen van overstromingsuiterwaarden	20
3.3	Ontwikkeling van larven van stekende insecten in het onderzoeksgebied	22
3.3.1	Habitattypen	22
3.3.2	Beheer	25
3.3.3	Verspreiding van volwassen stekende insecten	26
3.4	Risicoschatting	26
3.5	Klimaatverandering en stekende insecten	28
3.6	Samenvatting stekende insecten	29
4	Mogelijke aanvullende (beheer)maatregelen	30
4.1	Herinrichten	30
4.2	Beheer	31
4.3	Aanleg- en ontwikkelingsfase	31
4.4	Samenvatting beheer	31
5	Stekende insecten en ziekten	32
5.1	Stekende insecten en pathogenen	32
5.2	Malaria in Nederland	34
5.3	Enkele meest bekende steekmug gerelateerde pathogenen	35
5.4	Samenvatting stekende insecten en ziekten	36
6	Literatuur	37

Samenvatting

Aanleiding

In opdracht van Rijkswaterstaat, Staatsbosbeheer en provincie Gelderland werkt Kragten aan het herinrichtingsproject van de uiterwaarden bij Wamel, Dreumel en Heerewaarden (project UWDH). Het betreft een natuurinrichtingsproject waarbij o.a. 5 meestromende nevengeulen en diverse overstromingsvlaktes en poelen worden aangelegd. Het ontwerp is intussen afgerond en het voorontwerp-bestemmingsplan heeft ter inzage gelegen. Bij de inspraakreacties hierop zijn vragen gesteld over het vasthouden van water in overstromingsvlaktes in relatie tot het 'terugkeren van tropische ziekten zoals malaria en knokkelkoorts'.

Kragten heeft voor project UWDH om advies verzocht omtrent: i.) het risico op ontwikkeling van stekende insecten, ii.) eventuele risico-beperkende maatregelen en iii.) het risico op het terugkeren van tropische ziekten. Dit advies en de beantwoording van de vragen zijn in de volgende drie paragrafen samengevat. Hierbij wordt voor nadere toelichting en verklaring verwezen naar de verschillende hoofdstukken in dit rapport.

Opzet rapport

Dit rapport is opgebouwd uit twee delen. Het eerste deel bevat een uitgebreide samenvatting ter beantwoording van de gestelde vragen. Het tweede deel is opgebouwd uit vijf hoofdstukken. In hoofdstuk 1 wordt het onderzoek ingeleid. Hoofdstuk 2 geeft een gekwantificeerd beeld van de landschapselementen die in het onderzoeksgebied worden aangelegd of uitgebreid. Hoofdstuk 3 beschrijft de ecologie van stekende insecten en de risico-analyse. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op mogelijke inrichtings- en beheermaatregelen om aantallen stekende insecten te beperken. De relatie stekende insecten en ziekten komt in hoofdstuk 5 aan bod.

Werkwijze

Om een risico-analyse voor het herinrichtingsgebied UWDH uit te voeren zijn eerst de beoogde toekomstige landschapselementen beschreven in milieukeurmerken relevant voor de habitat van stekende insecten. De vier belangrijkste landschapselementen zijn de nevengeulen (in het nieuwe ontwerp) en strangen (in de huidige situatie), en de overstromingsvlakten, de poelen en plassen en de natte graslanden in zowel het nieuwe ontwerp als in de huidige situatie. De kenmerken in ruimte en tijd van deze elementen zijn met name waterdiepte, waterbeweging en droogval, de vorm en bodemsamenstelling en de begroeiing. Daarnaast is het beoogde beheer beschreven, vooral de aspecten van maaien en beweiden.

Vervolgens zijn de habitateisen van te verwachten stekende insecten, met name de steekmuggen, beschreven. Er blijken twee groepen steekmuggen in overstromingsuiterwaarden voor te komen; de moeras- en huissteekmuggen. Daarvan behoren de twee meest dominante soorten tot de moerassteekmuggen. De milieukeurmerken van de beoogde landschapselementen zijn gekoppeld aan de milieukeurmerken van de habitats van de stekende insecten, in het bijzonder de moeras- en huissteekmuggen, om de kans op de ontwikkeling van hoge aantallen te bepalen. De kans op hoge aantallen van met name steekmuggen is het grootst wanneer tijdelijke restwateren optreden welke in het voorjaar, de maanden maart-mei nat blijven (gunstig voor moerassteekmuggen) of wanneer tijdelijke restwateren gedurende zomer voorkomen voor een periode van meer dan 1-2 weken (gunstig voor huissteekmuggen en sommige moerassteekmuggen). Dergelijke restwateren ontstaan vooral in vervuilde delen van natte graslanden en in moerasbos, vooral zachthoutoobos.

De effecten van het maai- en het beweidingsbeheer t.a.v. de mogelijke ontwikkeling of juist beperking van deze ontwikkeling van stekende insecten zijn aangeduid voor de verschillende landschapselementen of onderdelen daarvan. Het betreft het beperken van het ontstaan van tijdelijke restwateren.

Tenslotte is de relatie tussen stekende insecten en overdracht van ziekten beschreven in het algemeen in Nederland en in het bijzonder voor het herinrichtingsgebied.

Het advies

Het advies omvat de beantwoording van de drie gestelde vragen. De antwoorden zijn gebaseerd op de uitgebreide analyse verwoord in deel twee van dit rapport.

Welke (extra) effecten hebben de voorgenomen ingrepen op de problematiek van stekende insecten t.o.v. de huidige situatie?

Om deze vraag te beantwoorden is de huidige situatie en het ontwerp geanalyseerd op milieukeurmerken die belangrijk zijn voor de ontwikkeling van stekende insecten. Daarvoor is de natheid (overstromingsregime, hoogteligging, bodem), de begroeiing (vegetatie-ontwikkeling) en het beheer van de uiterwaarden gecategoriseerd in voor stekende insecten relevante habitattypen. De vier belangrijke landschapselementen, zijnde nevengeulen, de overstromingsvlakten, de poelen in laagtes en de plassen en de natte tot vochtige natuur, zijn hiertoe geïnventariseerd op de toekomstige milieu-omstandigheden. Met uitzondering van de stromende nevengeulen zijn bovengenoemde landschapselementen in de huidige situatie reeds aanwezig in de uiterwaarden van Wamel, Dreumel en Heerewaarden.

Nevengeulen

Er worden 5 nevengeulen met een gemiddelde breedte van 15 m aangelegd waarvan er 3 permanent watervoerend zijn met een waterpeil van 1.5-0.5 m. In twee nevengeulen zijn strangen aangetakt die ondieper (0.7-0 m) zijn waardoor stagnatie en droogval voor een geul van gemiddeld 1-2 (in extreme omstandigheden 3 maanden) maanden per jaar in het naseizoen (september-oktober) en in de andere geul wat langer, kan optreden. Dergelijke geulen worden semi-permanente nevengeulen genoemd. Uiteraard treden jaarlijks verschillen op. De voorjaarswaterstanden zijn hoog, de geulen diep en de peilen dynamisch met behoorlijke stroomsnelheden (0.3-0.5 m/s) met slechts 20-30 dagen per jaar lagere snelheden of geheel niet meestromend. De stroming zorgt voor morfologische processen waardoor plaatselijk oevers afkalven, zich slikkige oevers vormen en eilandjes en zandplaatjes kunnen ontwikkelen. De nevengeulen zijn mede door de stroming onbegroeid, ook in de semi-permanente nevengeulen komen weinig tot geen waterplanten voor en treedt geen kroosvorming of algenbloei op. Plaatselijk groeit wel watergentiaan en op de slikkige oevers ontwikkelt zich tijdelijk pioniervegetatie. Het water zakt pas van juli tot september uit.

Overstromingsvlakten

Voor de twee overstromingsvlaktes geldt dat het water na het instellen van het peil langzaam uit zal zakken en daarbij wordt de waterdiepte en het areaal kleiner. De kleinere restpoelen, voor steekmuggen relevant, ontstaan vooral in het laatste deel van dit proces en beslaan circa 10-15% van het oppervlak van de overstromingsvlaktes. Deze gebieden zullen slikkiger zijn met kans op ruigte-ontwikkeling. Deze fase zal enkele weken duren en zich ontwikkelen ergens in de periode half mei - eind juni. Meer in detail heeft na een hoogwater de ongestuurde overstromingsvlakte (tussen de scheepswerf en Bato's erf) een diepte van circa 0.5 tot 1.5 m (circa 10 ha tot op zand afgegraven oppervlak waarop een kleilaag wordt aangebracht die daarna met circa 1 cm aangroeit door sedimentatie) en dit water zakt respectievelijk in 3-4 weken tot 2.5 maand uit (uitzaksnelheid 1.5-2 cm per dag), neerslag kan deze periode verlengen. Dit proces treedt op in maart-april na de hoge voorjaarsafvoeren en kan in juni na de sneeuwsmeelt in combinatie met regenperiodes en bij intensieve regenperiodes ook soms in de zomer optreden. Bij het uitzakken van het water zet zich slib af wat bij achterwege blijven van maaibeheer en te weinig begrazing kan leiden tot ontwikkeling van ruigten. De overstromingsvlakten worden extensief begrast (verlengde seizoensbegrazing met een begrazingsdichtheid van 1-2 dieren per ha) waarbij de mate waarin de dieren de nattere delen betreden zal afhangen van de begroeiing. Deze vorm van beheer zal leiden tot circa 30% kort begrast gedeelte, een zone met wat hoger uitgegroeid gras en circa 10-20% verruigd gebied. In het gebied blijven diepere delen met water over om vissen de kans te geven de droogval te overleven. Het peil in de gestuurde overstromingsvlakte (voormalige eilanden De Voorn en Heerewaarden) wordt door waterinlaat met sluisjes gestuurd. In de huidige situatie wordt jaarlijks in het voorjaar ook al water ingelaten dat grotendeels weer wegstroomt, maar in lagere delen blijft dan 0.50-0.75 m water over wat over een periode van 1-1.5 maand uitzakt. In de nieuwe situatie wordt het water in de periode half februari t/m maart ergens ingelaten, waarna het wordt vastgehouden door de sluis te sluiten waarna het water langzaam zal uitzakken. De vlakte blijft dan nog 2 tot 3 maanden water bevatten, waarbij het areaal wel steeds verder afneemt; met andere woorden de bestaande situatie wordt opgerekt. Lokaal zijn diepere gebiedsdelen waar vissen weer in kunnen overleven. Na droogval wordt gemaaid in het noordelijk deel van de gestuurde vlakten en nabeweid. De zuidelijke gestuurde vlakte is opgenomen in een grotere begrazingseenheid en hier wordt niet gemaaid, alleen beweid.

Poelen en plassen

De poelen vormen onderdeel van de overstromingsvlakten en oobossen en behouden het langst water maar vallen uiteindelijk ook droog. De plassen hebben permanent open dieper water.

Natte tot vochtige natuur

De (randen van) overstromingsvlakten en omgeving bevatten vochtige en natte graslanden en oobos. Het beheer zorgt plaatselijk voor korte graslanden terwijl elders door minder of geen beheer een meer ruigtegrasland ontwikkelt. De oobossen zijn natter (zachthout) of iets droger (hardhout) en hebben het karakter van moerasbossen. Langs de winterdijk ligt een langgerekte strook met grienden (wilgen) op

rabatten (sloten- en greppelstelsels). Deze sloten en greppels vallen na mei of later droog, sommige sloten bevatten permanent water. Deze strook ontvangt naast overstromingswater ook kwelwater.

De rest van het gebied valt na hoogwater snel droog.

Er wordt niet verwacht dat door klimaatverandering de situatie veel verandert omdat de mate en frequentie van lage waterstanden de laatste 100 jaren gelijk lijkt te blijven en in dit riviergedeelte geen bodemdaling optreedt.

Om te bepalen hoe geschikt de toekomstige landschapselementen zijn voor stekende insecten is eerst gekeken welke soorten voor kunnen komen in rivieruiterwaarden. Er zijn twee soorten moerassteekmuggen die vaak dominant in overstromingsuiterwaarden optreden: *Aedes vexans* en *Ochlerotatus sticticus*. Deze soorten hebben speciale aanpassingen om in dit milieu talrijk te kunnen worden. Echter kunnen ook andere steekmugsoorten voorkomen, vooral uit de groepen van moeras- en huissteekmuggen.

Om de ontwikkeling van larven van deze stekende insecten in het onderzoeksgebied te kunnen beoordelen zijn vervolgens de landschapselementen met behulp van de hydrologische kenmerken van de rivierecotooptypen "vertaald" naar voor stekende insecten relevante habitattypen. Deze habitattypen zijn voorzien van een potentiële risico-inschatting op het voorkomen en het ontwikkelen van hoge aantallen. Dit betekent dat de kans op voorkomen van en de ontwikkeling van hoge aantallen stekende insecten is bepaald voor ieder van deze habitattypen. Een habitatype met een hoge kans op veel stekende insecten voldoet aan de milieu-eisen die de betreffende soort aan haar milieu stelt en waarbij eventuele predatoren ontbreken. In overstromingsuiterwaarden zijn dit habitats met (langdurig) tijdelijk ondiep oppervlaktewater, zoals bijvoorbeeld poeltjes tussen ruigtes of droogvallende rabatten in moerasbossen. Om te bepalen of er ook daadwerkelijk risico op hoge aantallen en overlast ontstaat zijn vier vragen over ontwikkeling van stekende insecten beantwoord:

- Hoeveel stekende insecten kunnen in het gebied per habitat ontwikkelen (de chemische kwaliteit van het water en het oppervlak van de risicovolle habitattypen)?
- Hoe geschikt is het habitatype voor de stekende insecten (de aanwezige begroeiing waarbij de habitat maximaal aanwezig kan zijn, vaak ruigtes en plas-dras en horst-slenk milieus)?
- Hoe ver kunnen de te verwachten soorten vliegen?
- Wat is de begroeiing van de vliegroute tussen gebied en bewoning?

De afstand tussen habitattypen die mogelijk resulteren in hoge aantallen stekende insecten en de omliggende bebouwing is klein. De begroeiing in de tussenliggende zone werkt als een corridor wat betekent dat de belangrijkste groepen, de moeras- en huissteekmuggen, geen beperking ondervinden om de omliggende woningen te bereiken.

De relevante habitattypen komen in de huidige situatie reeds veelvuldig voor in het uiterwaardengebied van Wamel, Dreumel en Heerewaarden. De kwaliteit van deze habitats verandert niet. Het oppervlak van de relevante habitattypen neemt door de voorgenomen herinrichting in geringe mate toe ten opzichte van de huidige situatie.

Samenvattend kan geconcludeerd worden dat als gevolg van de voorgenomen ingrepen slechts een geringe toename optreedt van het oppervlak aan habitattypen die interessant zijn voor de ontwikkeling van stekende insecten. Hierdoor verandert weinig ten opzichte van de huidige situatie. De mogelijke toename van overlast van stekende insecten wordt niet significant geacht.

Welke maatregelen t.a.v. inrichting en beheer kunnen genomen worden om probleem veroorzakende aantalstoename van stekende insecten (overlast- of plaagvormend) te voorkomen?

De mogelijkheden om middels het beheer van overstromingswaterhabitats het gebied met geschikte habitats voor overstromingssteekmuggen en andere steekmuggen en knutten te verkleinen is beperkt. De eerste stuurschakel zit in de wijze van herinrichten, de tweede in het beheer. Hierbij dient rekening gehouden te worden dat de maatregelen niet in strijd zijn met de beoogde natuurdoelen.

Tijdens de herinrichting

Bij het herinrichten van de uiterwaarden is het ten aanzien van de ontwikkeling van steekmuggen en knutten vooral belangrijk om het ontstaan van (langdurig) tijdelijke kleine of restwateren te voorkomen of verminderen. Daarnaast moet het oppervlak moeras beperkt blijven zolang het waterpeil dynamisch is en ook daar tijdelijke wateren ontwikkelen. Er zijn maatregelen beschreven om deze situaties zoveel mogelijk te beperken.

Tijdens de herinrichting betreft dit bij permanente wateren (nevengeulen, poelen en plassen):

- Het beperken van het oppervlak oeverzone met zachte helofyten.
- Het zoveel mogelijk toelaten van waterbeweging (zoals in de nevengeulen)
- Het behouden/aanleggen van steilere oevers.

Tijdens de herinrichting betreft dit bij tijdelijke wateren (overstromingsvlakten, natte tot vochtige natuur):

- Het bij gestuurde gebiedsdelen omzetten, bijvoorbeeld door compartimenteren, van delen van overstromingsgebieden met tijdelijk water in gebiedsdelen met veel permanente waterrijke habitats door het aanleggen van voldoende permanente poelen zonder ondiepe randen die predatoren voor de directe omgeving 'leveren' en waarbij dit habitat veel minder geschikt is voor de larven van overstromingssteekmuggen.
- Het (laten) stimuleren en vergroten van de connectiviteit tussen gebiedsdelen met tijdelijke wateren en permanente wateren zodat tijdelijk aquatische milieus in aanraking komen met permanente milieus.
- Het jaarlijks wijzigen van het sturen op het waterpeil zodat synchronisatie van steekmugpopulaties voorkomen wordt en predatie meer kans krijgt.
- Het voorkomen van toevoer van organische voedingsstoffen door bosschages/bos of ruigten.
- Het verminderen van schuil- en dispersiemilieus voor volwassen dieren (minder bosschages, bos).
- Het voorkomen van brede ondiepe, onregelmatig en te flauw aflopende oevers waar zich veel tijdelijke aquatische milieus kunnen vormen.
- Het voorkomen van het optreden van te veel restwateren na terugtrekking van het overstromingswater bijvoorbeeld door het egaliseren van flauw aflopende oevers of onregelmatig (geworden) terreindelen.
- Het toelaten van voldoende / hoog-frequente waterbeweging.

Met het beheer

De inrichting beoogt een beperkt oppervlak met risicodragende landschapstypen: plas-dras, moeras en moerassige ruigte al dan niet begroeid met ooibos. Deze landschapstypen vormen onderdeel van de gestelde doelen voor het gebied. Juist voor deze landschapstypen kan beheer aan risicobeperking bijdragen:

- Het aanleggen en onderhouden van de versnelde afstromingsmogelijkheden van rivierwater na overstromingen (bijvoorbeeld greppels, slenken) door het beheren op het tegengaan van ontwikkeling van verstoppingen door verruiging of begroeiing in afwaterende greppels/slenken.
- Het versneld laten wegzakken van het peil door het verlagen van het stuwpeil.
- Het beperken van verruiging waardoor plas-dras situaties of een horst-slenk terreinaccidentatie ontstaan door in september-oktober de ruigtevegetatie te klepelen.
- Het sturen van beweiding om zo te voorkomen dat een microreliëf aan putjes door vertrapping ontstaan voorkomt vooral kansen voor huissteekmuggen in de zomer. Dit geldt voor plaatsen waar de bodem nat is en waar de dieren vaker grazen/lopen.
- Het maaien van oevervegetatie in permanente wateren.
- Het voldoende onderhouden van ruigten waardoor rottend organische materiaal bij terugtrekking van het water na overstroming wegspoelt waardoor het voedselaanbod voor larven beperkt blijft.

Tenslotte wordt geadviseerd om in de eerste jaren na aanleg te sturen op het voorkomen van ondiep tijdelijk water op onbegroeide bodems.

Wat betekent het vasthouden van water in overstromingsvlaktes voor de kans op ziektes en in het bijzonder het terugkeren van tropische ziektes, zoals malaria en knokkelkoorts, ten opzichte van de huidige situatie?

Overdracht van ziekten

Bloedzuigende of -stekende insecten kunnen ziektekiemen zoals virussen, bacteriën, protozoa en nematoden, overdragen. Welke ziekten worden overgedragen hangt af van de soort steekmug of knut en ziektekiem. Niet iedere soort kan elke ziekte overdragen, integendeel, dat is redelijk beperkt. Alleen steekmuggen die besmet zijn geraakt en ziektekiemen dragen kunnen mensen ziek maken. De kans dat steekmuggen in Nederland ziekteverwekkers overdragen op mensen is echter zeer klein. Omdat in Nederland geen knokkelkoorts (dengue), Chikungunya en Zika voorkomt, kunnen de steekmuggen deze ziekten ook niet overdragen op de mens. De overdracht kan namelijk alleen plaats vinden door uitheemse steekmugsoorten en deze soorten bewonen ook geen habitats in het overstromingsgebied. Het West Nijl virus wordt overgedragen door huissteekmuggen en is sinds 2020 enkele malen in Nederland aangetroffen. Deze situatie wordt in Nederland gemonitord en huissteekmuggen komen vooral rondom bewoning voor.

Malaria

Malaria wordt wel regelmatig in Nederland als ziekte gediagnosticeerd maar het gaat dan om mensen die de ziekte in (sub)tropen hebben opgelopen. De kans op vestiging en overdracht in Nederland is hoogst onwaarschijnlijk. De redenen hiervoor zijn een lage dichtheid van de soort die Europese malaria overdraagt, *Anopheles maculipennis s.l. (atroparvus)* (vooral voldoende hoge dichtheden in het najaar), het gebrek aan geschikte brakke wateren en de afwezigheid van geschikte winterrustplaatsen (donkere, vochtige schuilplaatsen in bijvoorbeeld stallen) voor de volwassen vrouwtjes. Momenteel zijn deze condities niet gewijzigd en ook vernattingsprojecten zullen dit niet veranderen. 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. De andere malaria overdragende soort is *Anopheles plumbeus* maar die soort ontwikkelt alleen in oude gierkelders, mestsilos en vergelijkbaar organisch zwaar belaste habitats.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In opdracht van Rijkswaterstaat, Staatsbosbeheer en provincie Gelderland werkt Kragten aan het herinrichtingsproject van de uiterwaarden bij Wamel, Dreumel en Heerewaarden (project UWDH). Het betreft een natuurinrichtingsproject waarbij o.a. 5 meestromende nevengeulen en diverse overstromingsvlaktes en poelen worden aangelegd. Het ontwerp is intussen afgerond en het voorontwerp-bestemmingsplan heeft ter inzage gelegen. Bij de inspraakreacties hierop zijn vragen gesteld over het vasthouden van water in overstromingsvlaktes in relatie tot het 'terugkeren van tropische ziekten zoals malaria en knokkelkoorts'.

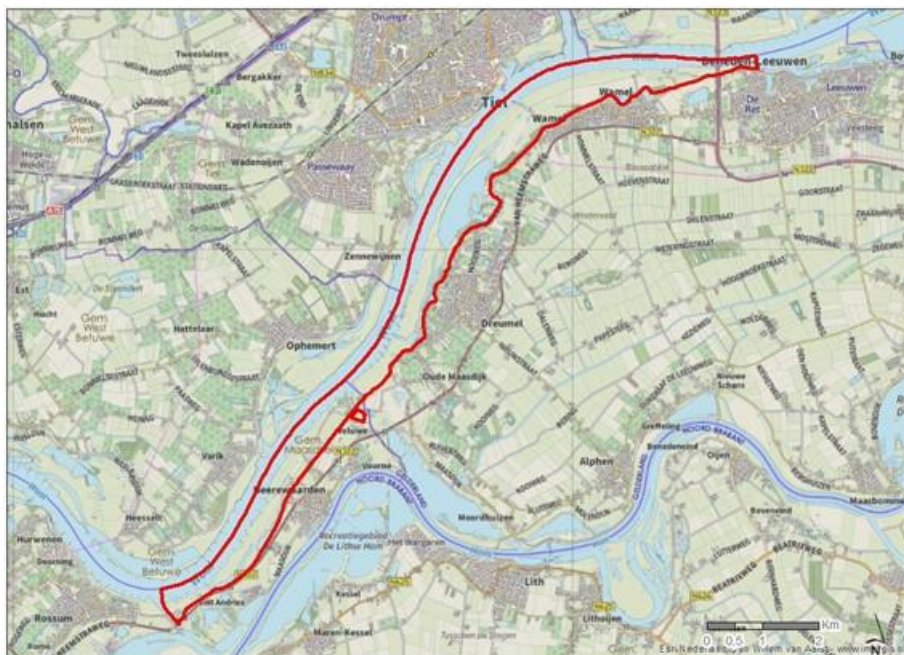
Kragten heeft voor project UWDH om advies verzocht omtrent: i.) het risico op ontwikkeling van stekende insecten, ii.) eventuele risico-beperkende maatregelen en iii.) het risico op het terugkeren van tropische ziekten.

De bijhorende vragen luiden:

1. Welke (extra) effecten hebben de voorgenomen ingrepen op de problematiek van stekende insecten t.o.v. de huidige situatie?
2. Welke maatregelen t.a.v. inrichting en beheer kunnen genomen worden om probleem veroorzakende aantalstoename van stekende insecten (overlast- of plaagvormend) te voorkomen?
3. Wat betekent het vasthouden van water in overstromingsvlaktes voor de kans op ziektes en in het bijzonder het terugkeren van tropische ziektes, zoals malaria en knokkelkoorts, ten opzichte van de huidige situatie?

1.2 Het onderzoeksgebied

Het herinrichtingsgebied heeft een lengte van circa 15 km, loopt vanaf bovenstrooms van de brug over de N323 bij Beneden-Leeuwen in het noordoosten tot aan Fort Sint Andries in het zuidwesten en ligt aan de zuidzijde tussen de Waal en de winterdijk (Figuur 1.1). Inrichtingsdoelen zijn het ontwikkelen van KRW rheofiele habitats en natuur in het kader van het Gelders Natuurnetwerk (GNN) en de Nadere Uitwerking Rivieren Gebied (NURG).



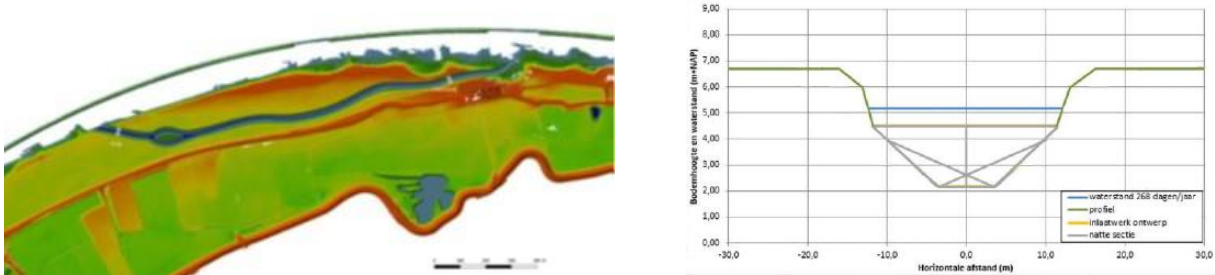
Figuur 1.1: Het projectgebied.

2 Landschapselementen ontwerp

In dit hoofdstuk wordt een gekwantificeerd beeld gegeven van de landschapselementen die in het onderzoeksgebied worden aangelegd of uitgebreid. Het betreft een beschrijving van de stromende nevengeulen (§2.1), overstromingsvlakten (§2.2), poelen in laagten (§2.3), plassen (§2.4), natte tot vochtige natuur (§2.5) en waterberging (§2.6). In §2.7 wordt het beoogde beheer in kort benoemd. Tenslotte wordt dit hoofdstuk samengevat op de aspecten die relevant zijn voor habitat van stekende insecten (§2.8) en die basis vormen voor hoofdstuk 4.

2.1 Stromende nevengeulen

Nevengeul van Wamel (Figuur 2.1, 2.2): lengte ±1650 m; bodembreedte 5 m; talud bodem-knikpunt = 1:4, knikpunt-1 m < maaiveld = 1:1 (waterstand 268 dg/jr), tot maaiveld = 1:2 tot 1:4; bodem overwegend zand; permanent watervoerend; door stroming zal plaatselijk de oever afkalven; bij waterstandsvaling ontstaan vooral lokaal slikkige kale oevers.
kenmerk: relatief steile oevers.

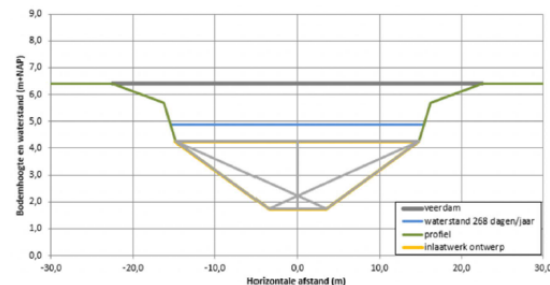
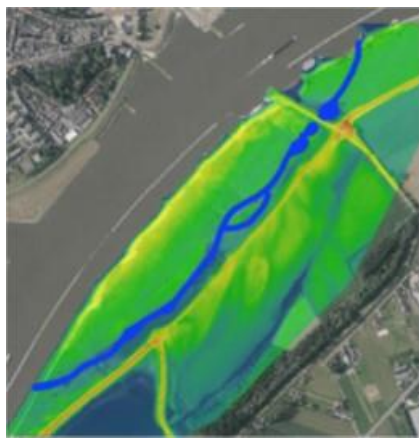


Figuur 2.1: Tracé en de hoogteligging permanent stromende nevengeul ter hoogte van Wamel (links) en Dwarsdoorsnede permanent stromende nevengeul Wamel. De doorsnede is van een traject stroomafwaarts van het inlaatwerk (rechts).



Figuur 2.2: Vegetatie en waterelementen van de nevengeul van Wamel.

Geul Tielse Plaat (Figuur 2.3, 2.4): lengte ± 1800 m; bodembreedte 5 m; talud bodem-1.8 m = 1:3, 1.8 m-3.8 m = 1:1 (waterstand 268 dg/jr), 3.8 m-maaiveld = 1:10 (begraasbaar); bodem overwegend zand; permanent watervoerend; door stroming zal plaatselijk de oever afkalven; bij waterstandsdeling ontstaan vooral lokaal sikkige kale oevers en in de bredere lage delen mogelijk enig oevervegetatie.

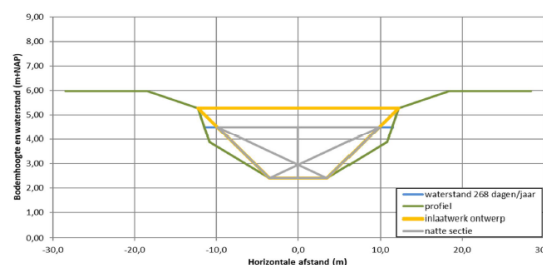
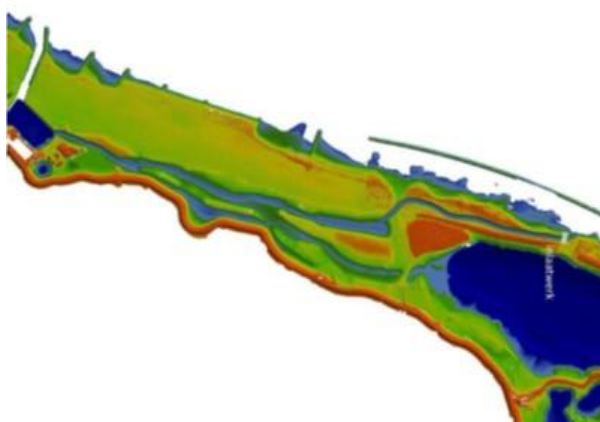


Figuur 2.3: Tracé van de permanent stromende nevengeul weergegeven op de hoogtekkaart van de huidige situatie (links) en dwarsdoorsnede permanent stromende nevengeul bij de Tielse Plaat. De doorsnede is van een traject stroomafwaarts van het inlaatwerk (rechts).



Figuur 2.4: Vegetatie en waterelementen van de nevengeul Tielse Plaat.

Nevengeul+strang Dreumel (Figuur 2.5, 2.6): lengte ± 2280 m; bodembreedte 5 m; talud bodem-knikpunt = 1:4, knikpunt-1 m < maaiveld 1:1 (waterstand 268 dg/jr), tot maaiveld 1:3 tot 1:9; bij zeer lage waterstand droogval door de ondiepere aantakking; bodem overwegend zand; door stroming zal plaatselijk de oever afkalven; bij waterstandsdeling ontstaan vooral lokaal sikkige kale oevers en in de bredere lage delen mogelijk enig oevervegetatie.

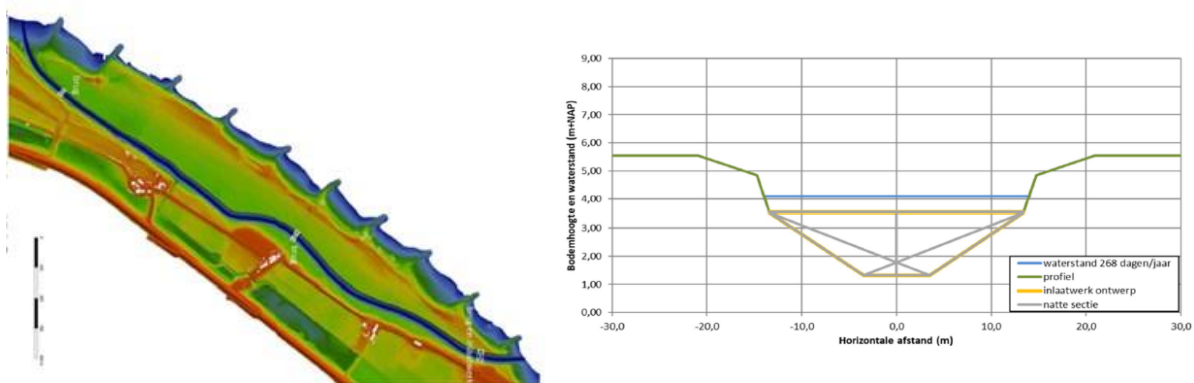


Figuur 2.5: Tracé en hoogteligging van de grotendeels stromende nevengeul ter hoogte van Dreumel (links) en dwarsdoorsnede grotendeels stromende nevengeul Dreumel. De doorsnede is van een traject stroomafwaarts van het inlaatwerk (rechts).

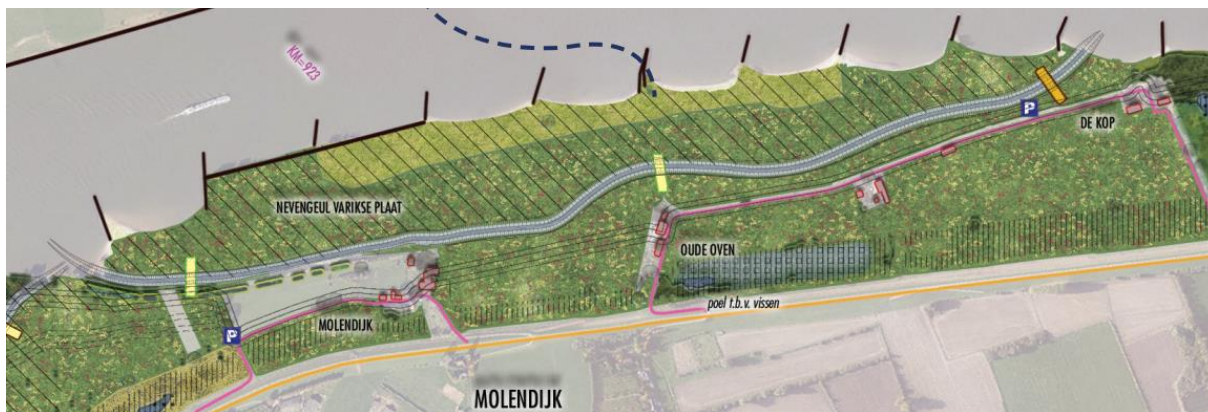


Figuur 2.6: Vegetatie en waterelementen van de nevengeul Dreumel.

Geul Varikse Plaat (Figuur 2.7, 2.8): lengte ± 2000 m; bodembreedte 7 m; talud bodem-knikpunt 1:5, knikpunt-1m < maaiveld 1:1 (waterstand 268 dg/jr), tot maaiveld 1:3 tot 1:9; bodem overwegend zand; permanent watervoerend; door stroming zal plaatselijk de oever afkalven; bij waterstandsdeling ontstaan vooral lokaal slikkige kale oevers met in bredere delen enige oevervegetatie.

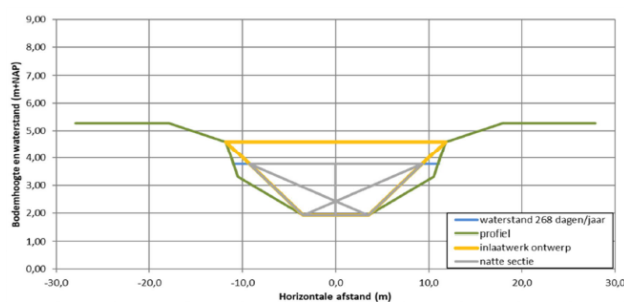
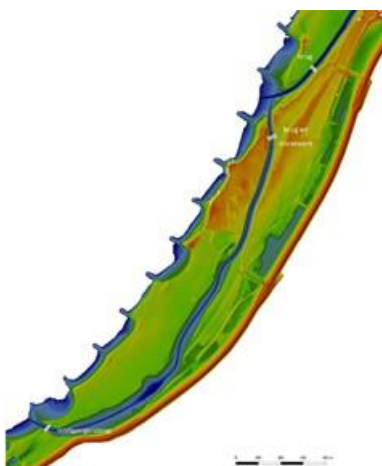


Figuur 2.7: Ontwerp stromende nevengeul ter hoogte van de Varikse Plaat (links) en dwarsdoorsnede stromende nevengeul Varikse Plaat. De doorsnede is ter hoogte van het inlaatwerk (rechts).

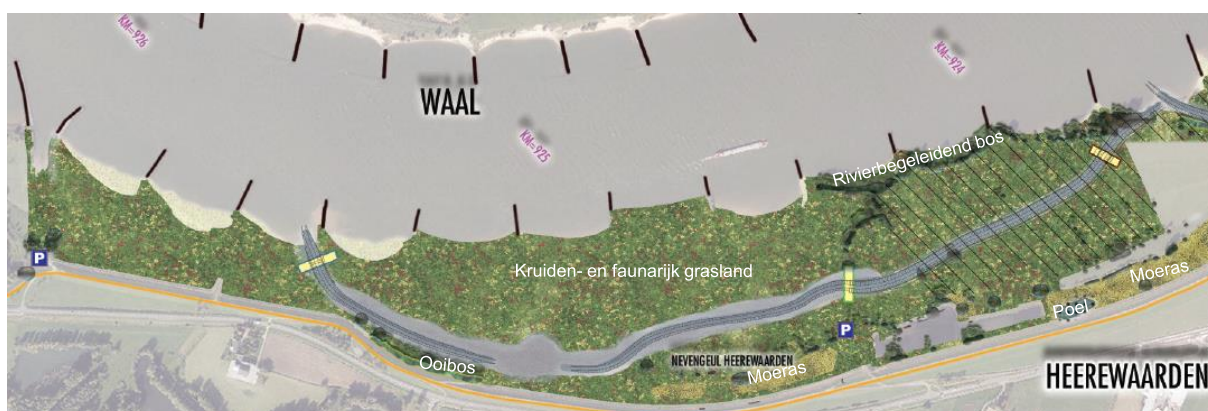


Figuur 2.8: Vegetatie en waterelementen van de nevengeul Varikse Plaat.

Geul Heerewaarden (Figuur 2.9, 2.10): lengte ± 1940 m; bodembreedte 7 m; talud bodem-knikpunt 1:5, knikpunt-1m < maaiveld 1:1 (waterstand 268 dg/jr), tot maaiveld 1:3 tot 1:9; bodem overwegend zand; door stroming zal plaatselijk de oever afkalven; bij waterstandsvaling ontstaan vooral lokaal slikkige kale oevers.



Figuur 2.9: Ontwerp grotendeels stromende nevengeul van Heerewaarden (links) en dwarsdoorsnede stromende nevengeul Heerewaarden. De doorsnede is ter hoogte van het inlaatwerk (rechts).



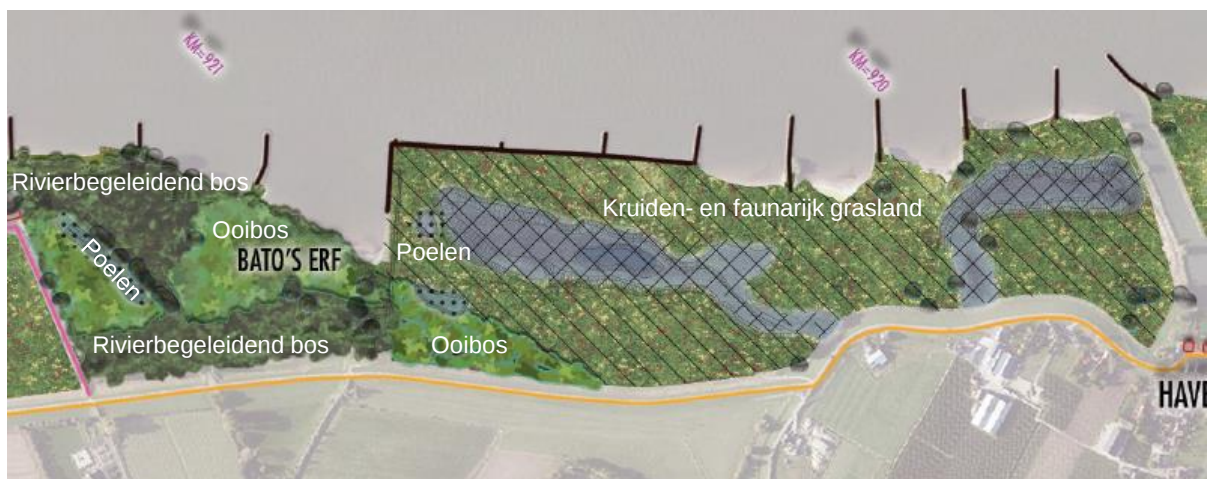
Figuur 2.10: Vegetatie en waterelementen van de nevengeul Heerewaarden.

2.2 Overstromingsvlakten

Tussen de scheepswerf en Bato's erf (Figuur 2.11, 2.12): totale oppervlak 10.4 ha; ongestuurd (inunderend en uitzakkend); inunderend 5 x /jr in winter met 95% kans (maart-half april), zomer kans 20-25%; variatie diepte geeft gedeelte droog in de zomer (natte grasland), natte moerasruigte, permanent.



Figuur 2.11: Locatie van de ongestuurde overstromingsvlakte (ontwerp). De cijfers in de kaart zijn maaiveldhoogtes in m+ NAP.



Figuur 2.12: Vegetatie en waterelementen van overstromingsvlakte tussen de scheepswerf en Bato's erf.

Voormalige eilanden De Voorn en Heerewaarden (Figuur 2.13, 2.14): oppervlak circa 44.4 ha (rood in Figuur 2.13); gestuurd (regelbaar) met doel water vanaf ca. 1 februari (15 maart) geleidelijk in delen over 2-3 maanden droogvalt door uitzakking (1.5-3 cm/dag). Om vissterfte te voorkomen wordt bij uitstroom een pool aangelegd. Doelvegetatie is vochtig grasland.

De vlaktes 1a, 1b, 2a en 2b worden allen als overstroomingsvlakte ingericht (Figuur 2.13). De droogval is in beeld gebracht bij geleidelijke droogval na hoogwater in de periode van half februari-eind maart bij een vast te houden waterpeil van 6.2 m+NAP en daarmee een begin waterdiepte van 2.5-0.5 m. Voor het noordelijk deel van de overstroomingsvlakte (vlakte 1a en 1b) geeft het blauw in het linker kaartje (figuur 2.14A en B) de inundatie na het instellen van het peil weer (half februari-eind maart), het kaartje in het midden geeft de situatie na circa 2 maanden (begin mei-eind mei) en rechts na circa 2.5-3 maand tussen begin juni en eind juni.

De droogval van het zuidelijk deel van de overstroomingsvlakte bij geleidelijke droogval na hoogwater in de periode 15/2 – 31/3 en vast te houden waterpeil van 6.4 m+NAP na een begin waterdiepte van 2.5-0.5 m. In figuur 2.14C voor vlakte 2a en 2b is links de waterstand van 5.75 mNAP bij instellen peil (half februari-eind maart) weergegeven, links-midden bij een peil van 5.5 mNAP na ongeveer 3 weken (half maart-half april), rechts-midden bij een peil van 4.6 mNAP na circa anderhalve maand (eind april-eind mei) en rechts bij een peil van 3.75 mNAP na circa twee en halve maand (eind mei-eind juni).



Figuur 2.13: Stelsels van polders die achter een zomerkaide liggen en die potentieel geschikt zijn voor inrichting als gestuurde overstroomingsvlakte.

A



B



C



Figuur 2.14: Situatie in de tijd bij het uitzakken van het water in het noordelijk deel vlakte 1a (A) en 1b (B) en zuidelijk deel vlakte 2a en 2b (C) van de overstromingsvlakte van Heerewaarden.

In deze gebieden wordt na de winter langer water vastgehouden zodat er het hele voorjaar pas-dras situaties aanwezig zullen zijn.

2.3 Poelen in laagten

Poelen in de Waaluitewaarden kenmerken zich door een kleibodem en na de hoogwaterperiode het afstromen van water tot een 50-75 cm diepe poel achterblijft die geleidelijk uitzakt en eventueel na 1 juli droog valt.

Wamelsche uiterwaarden (Figuur 2.15): 2 series van meerdere poelen (ieder 500-600m²) in laagtes die langzaam uitzakken (> 3 maanden) en gelegen in zacht ooibos (grondwater op 0-20 cm). De oevers zijn geleidelijk oplopend t.b.v. moerasplantenontwikkeling en in de nazomer en herfst vallen de poelen droog.



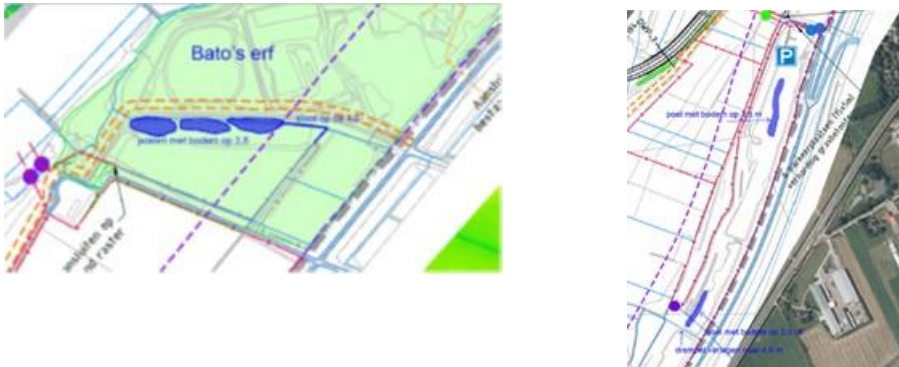
Figuur 2.15: Ligging nieuw te graven kamsalamander-poelen in de Wamelse uiterwaard. Het groene vlak is het gebied dat bestemd is voor ontwikkeling van zachthoutooibos.

Dreumelsche uiterwaarden (Figuur 2.16): 2 laagtes (ca. 1.000 en 2.000 m²) met ieder ca. 3 poelen (ieder 500-600 m²) met flauwe oevers in overstromingsvlakte die langzaam uitzakken (> 3 maanden). De oevers zijn geleidelijk oplopend t.b.v. moerasplantenontwikkeling en in de nazomer en herfst vallen de poelen droog.



Figuur 2.16: Ligging nieuw te graven kamsalamander-poelen in de Dreumelsche uiterwaard. Het groene vlak is het hoog gelegen voormalige steenfabrieksterrein Bato's erf waar zich hardhoutooibos zal ontwikkelen.

Heerewaardense uiterwaarden (Figuur 2.17): in overstromingsvlakte 3 plaatsen beperkte verlagingen van ca. 2.200, 1.500 en 2.500 m² ieder weer opgedeeld in clusters van 2 of 3 poelen (ieder ca. 500 tot 600 m²) met flauwe oevers en die langzaam uitzakken (> 3 maanden). De oevers zijn geleidelijk oplopend t.b.v. moerasplantenontwikkeling en in de nazomer en herfst vallen de poelen droog.



Figuur 2.17: Links: Ligging nieuw te graven kamsalamander-poelen in het noordelijke bekade gebied van de Heerewaardense uiterwaard. Het groene vlak ten noorden van de locatie is het hoog gelegen voormalige steenfabrieksterrein Bato's erf waar zich hardhoutooibos zal ontwikkelen. In het lagere (ook groen gekleurde) gebied ten zuiden van de poelen zal zich zachthoutbos ontwikkelen. Rechts: Ligging nieuw te graven kamsalamander-poelen in het zuidelijke bekade gebied van de Heerewaardense uiterwaard.

2.4 Plassen

Vonkerplas (Figuur 2.18): zandwinplas (permanent water, relatief steile oever). Hier vinden geen inrichtingsmaatregelen plaats, de bestaande situatie blijft gehandhaafd.



Figuur 2.18: Vegetatie en waterelementen rondom de Vonkerplas.

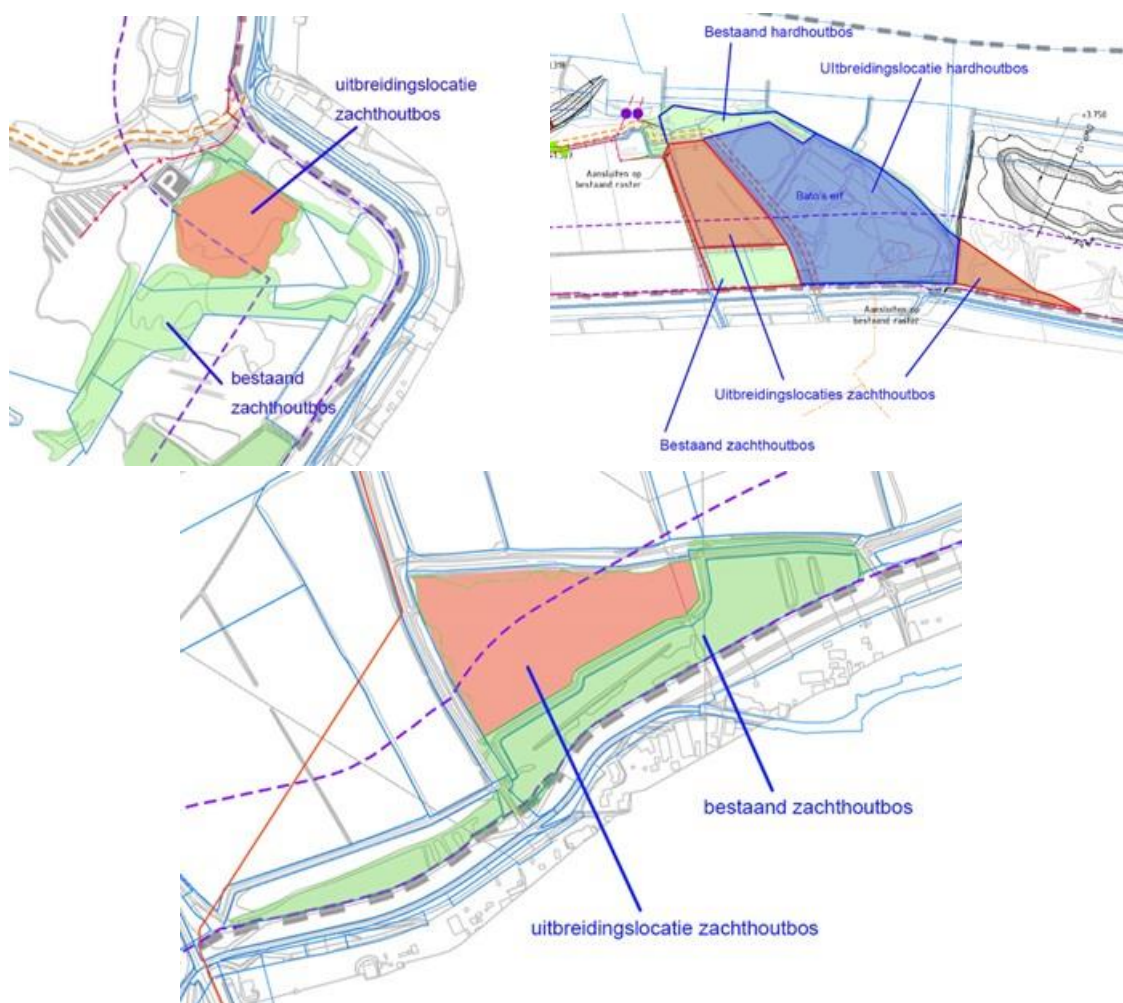
Kolken in de Dreumelsche uiterwaarden (permanent water, relatief steile oever), de bestaande situatie blijft gehandhaafd.

2.5 Natte tot vochtige natuur

Zachthout ooibos (figuur 2.19)

- De Dreumelsche uiterwaarden zijn relatief smal en hier wordt zachthout ooibos met circa 1.5 ha uitgebreid tot een totaal inclusief de huidige situatie van circa 4 ha.
- Nabij Bato's erf wordt circa 1.1 ha zachthout ooibos en hoger, droger en circa 2 ha hardhoutbos. Het totaal inclusief de huidige situatie komt dan op circa 13 ha, waarvan 5 ha zachthout ooibos.
- In de Wamelsche uiterwaarden wordt zachthout ooibos met 2.5 ha uitgebreid tot in totaal inclusief de huidige situatie circa 5.5 ha.

Opgemerkt wordt dat het areaal bestaand ooibos/rivierbegeleidend ooibos langs de winterdijk veel groter is.



Figuur 2.19: Ooibos (linksboven: Dreumelsche uiterwaard; rechtsboven: Bato's erf, onder: Wamelsche uiterwaard)

Vochtig-natte graslanden

Vochtige hooilanden en extensief beweidde natte graslanden hebben een plas-dras karakter, wat betekent dat ze een waterpeil van 0-20 cm beneden het maaiveld hebben. Na het terugtrekken van het inundatiewater verdwijnt op maaiveld staand water vrij snel. Voor een nadere omschrijving zie de

beschrijving van de overstromingsvlakte Heerewaardense uiterwaarden (gestuurde overstromingsvlakte) en Dreumelse uiterwaarden (ongestuurde overstromingsvlakte).

Op grond van de uitzaksnelheid en de initiële waterhoogte ontstaan er door het moment dat een uiterwaard droogvalt verschillen in landschapstype. Het tijdstip van droogval bepaalt het type dat zich gaat ontwikkelen:

- Droogval tussen 15 april en 15 juni: nat grasland
- Droogval tussen 15 juni en 15 juli: zachthoutoibos
- Droogval na 15 juli (laat in de zomer): moeras/moerasruigte

Droogval van een overstromingsvlakte is afhankelijk van de diepte die weer een gevolg is van de randhoogte.

2.6 Waterberging

Binnendijs wordt een waterberging (figuur 2.20) gerealiseerd om kwelwater te bergen, hetgeen 1 keer per 10 jaar verwacht wordt. Het gaat om een hoeveelheid van circa 4500 m³ die gedurende 4 – 8 weken op deze locatie wordt geborgen, om vervolgens, na de hoogwatergolf, te worden afgevoerd. Om de uitstroom vanuit het gebied te reguleren wordt een spindelschuijf aangebracht in de aangrenzende watergang.



Figuur 2.20: Waterberging.

2.7 Beheer

Maaibeheer

Behalve de oibossen en moerassen wordt de vegetatie in het gebied in mei-juli gemaaid. De overstromingsvlakten, die het midden houden tussen grasland en moeras worden in juni gemaaid. Indien de ongestuurde overstromingsvlakte vaker overstroomt kan meer moeras en ruigte ontwikkelen in een zone rondom een centrale laagte (poel).

Begrazing

Er worden in het gebied twee begrazingstypen toegepast: hooibeheer gevolgd door (na)beweiding (hooien in juni (zoals in de overstromingsvlakten, enkele weken later start begrazen) of seizoensbegrazing (15 mrt – 1 nov). De begrazingsdichtheid is laag met 1-2 dieren per ha.

Resets

Het, in verband met rivierkundige voorwaarden, rigoureus verwijderen van ruigten en struweel over aaneengesloten gebieden, wordt zo min mogelijk toegepast.

2.8 Samenvatting landschapselementen en beheer

Nevengeulen

Er worden 5 nevengeulen (gemiddelde breedte 15 m) aangelegd waarvan er 3 permanent watervoerend zijn met een waterpeil van 1.5-0.5 m. In twee nevengeulen zijn strangen aangetakt die ondieper (0.7-0 m) zijn waardoor stagnatie en droogval voor een geul van gemiddeld 1-2 (in extreme omstandigheden 3 maanden) maanden per jaar in het naseizoen (september-oktober) en in de andere geul wat langer, kan optreden. Uiteraard treden jaarlijks verschillen op. De voorjaarswaterstanden zijn hoog, de geulen diep en de peilen dynamisch met behoorlijke stroomsnelheden (0.3-0.5 m/s) met slechts 20-30 dagen per jaar lagere snelheden of geheel niet meestromend. De nevengeulen zijn mede daarom onbegroeid, ook in de droogvallende geulen komen weinig tot geen waterplanten voor en treedt geen kroosvorming of algenbloei op. Plaatselijk groeit wel watergentiaan en op de slikkige oevers ontwikkelt zich tijdelijk pioniervegetatie. Het water zakt pas van juli tot september uit. De stroming zorgt voor morfologische processen waardoor plaatselijk oevers afkalven, zich slikkige oevers vormen en eilandjes en zandplaatjes kunnen ontwikkelen.

Overstromingsvlakten

Voor beide overstromingsvlaktes geldt dat het water na het instellen van het peil langzaam uit zal zakken en daarbij wordt de waterdiepte en het areaal kleiner. De kleinere respoelen, voor steekmuggen relevant, ontstaan vooral in het laatste deel van dit proces en beslaan circa 10 - 15% van het oorspronkelijke geïnundeerd areaal. Deze gebieden zullen slikkiger zijn met kans op ruigte-ontwikkeling. Deze fase zal enkele weken duren en zich ontwikkelen ergens in de periode half mei - eind juni.

Meer in detail heeft na een hoogwater de ongestuurde overstromingsvlakte (tussen de scheepswerf en Bato's erf) een diepte van circa 0.5 tot 1.5 m (circa 10 ha tot op zand afgegraven oppervlak waarop een kleilaag wordt aangebracht die daarna met circa 1 cm aangroeit door sedimentatie) en dit water zakt respectievelijk in 3-4 weken tot 2.5 maand uit (uitzaksnelsnelheid 1.5-2 cm per dag), neerslag kan deze periode verlengen. Dit proces treedt op in maart-april na de hoge voorjaarsafvoeren en kan in juni na de sneeuwsmelt in combinatie met regenperioden en bij intensieve regenperioden ook soms in de zomer optreden. Bij het uitzakken van het water zet zich slib af wat bij achterwege blijven van maaibeheer en te weinig begrazing kan leiden tot ontwikkeling van ruigten. De overstromingsvlakten worden extensief begraasd (verlengde seizoensbegrazing met een begrazingsdichtheid van 1-2 dieren per ha) waarbij de mate waarin de dieren de nattere delen betreden zal afhangen van de begroeiing. Deze vorm van beheer zal leiden tot circa 30% kort begraasd gedeelte, een zone met wat hoger uitgegroeid gras en circa 10-20% verruigd gebied. In het gebied blijven diepere delen met water over om vissen de kans te geven de droogval te overleven.

Het peil in de gestuurde overstromingsvlakte (voormalige eilanden De Voorn en Heerewarden) wordt door waterinlaat met sluisjes gestuurd. In de huidige situatie wordt jaarlijks in het voorjaar ook al water ingelaten dat grotendeels weer wegstroomt, maar in lagere delen blijft dan 0.50-0.75 m water over wat over een periode van 1-1.5 maand uitzakt. In de nieuwe situatie wordt het water in de periode half februari t/m maart ergens ingelaten, waarna het wordt vastgehouden door de sluis te sluiten waarna het water langzaam zal uitzakken. De vlakte blijft dan nog 2 tot 3 maanden water bevatten, waarbij het areaal wel steeds verder afneemt; met andere woorden de bestaande situatie wordt opgerekt. Lokaal zijn diepere gebiedsdelen waar vissen weer in kunnen overleven. Na droogval wordt gemaaid in het noordelijk deel van de gestuurde vlakten en nabeweid. De zuidelijke gestuurde vlakte is opgenomen in een grotere begrazingseenheid en hier wordt niet gemaaid, alleen beweide.

Poelen en plassen

De poelen vormen onderdeel van de overstromingsvlakten en oobossen en behouden het langst water maar vallen uiteindelijk ook droog. De plassen hebben permanent open dieper water.

Natte tot vochtige natuur

De (randen van) overstromingsvlakten en omgeving bevatten vochtige en natte graslanden en oobos. Het beheer zorgt plaatselijk voor korte graslanden terwijl elders door minder of geen beheer een meer ruigtegrasland ontwikkelt. De oobossen zijn natter (zachthout) of iets droger (hardhout) en hebben het karakter van moerasbossen. Langs de winterdijk ligt een langgerekte strook met grienden (wilgen) op

rabatten (sloten- en greppelstelsels). Deze sloten en greppels vallen na mei of later droog, sommige sloten bevatten permanent water. Deze strook ontvangt naast overstromingswater ook kwelwater.

De rest van het gebied valt na hoogwater snel droog.

Er wordt niet verwacht dat door klimaatverandering de situatie veel verandert omdat de mate en frequentie van lage waterstanden de laatste 100 jaren gelijk lijkt te blijven en in dit riviergedeelte geen bodemdaling optreedt.

3 Stekende insecten

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de steekmuggen in Nederland. Hiervoor zijn de Nederlandse steekmuggen verdeeld in vijf ecologische groepen. De soorten binnen iedere groep hebben een min of meer vergelijkbare ecologie (§3.1). In §3.2 wordt vervolgens de groep van overstromingssteekmuggen, een subgroep van de moerassteekmuggen, uitgelicht en wordt de ecologie van de twee belangrijkste soorten beschreven. Om te bepalen welke steekmuggen waar in de rivieruiterwaarden kunnen ontwikkelen is het nodig de habitat van steekmuggen te koppelen aan de landschapselementen die al aanwezig zijn en die worden ontwikkeld te verbinden. Hiertoe worden in §3.3 de landschapselementen uit hoofdstuk 2 gekoppeld aan de habitateisen van de stekende insecten. Hierbij is met behulp van de ecotootypen de hydrodynamiek, de voor steekmuggen en knutten de belangrijkste milieufactor, gekoppeld aan beoogde landschapselementen. Daarna zijn de landschapselementen vertaald in zes voor stekende insecten relevante habitats. Omdat ook het beheer invloed heeft op de aanwezigheid van stekende insecten wordt in deze paragraaf ook hierop ingegaan. Tenslotte is de vliegafstand en de corridor functie van het landschap voor stekende insecten van belang. Al deze aspecten uit de paragrafen 3.1 tot en met 3.3 vormen de basis voor de risico-inschatting (§3.4). In §3.5 worden tenslotte de relatie met effecten van klimaatverandering benoemd. In §3.6 worden de bevindingen uit dit hoofdstuk samengevat.

3.1 Ecologische groepen van steekmuggen en knutten

Deze paragraaf is als achtergrondinformatie opgenomen. In discussies rondom problemen met stekende insecten kunnen de volgende ecologische groepen een rol spelen:

- Huissteekmuggen ontwikkelen zich in kleine, vaak tijdelijke waterpartijen (vrijwel alle tijdelijke wateren, emmers, badkuipen, regentonnen, blikjes, autobanden, dakgoten en overige antropogene waterpartijen) met sterke wisselingen in milieuomstandigheden. Predatoren ontbreken in deze wateren.
- Moerassteekmuggen ontwikkelen zich meestal in geïsoleerde, ondiepe wateren zoals moerassen, greppels en inundatiezones. De broedplaatsen vertonen een aantal gemeenschappelijke kenmerken: meestal semi-permanent, geïsoleerd van permanente wateren, al dan niet beschaduwd door bomen/hogere begroeiing, veel organisch materiaal op de bodem, waardoor mogelijk lage zuurstofconcentraties optreden en een arme gemeenschap aan overige insecten en ongewervelden (weinig predatoren aanwezig). Een bijzondere groep van moerassteekmuggen zijn de overstromingssteekmuggen.
- Slootsteekmuggen ontwikkelen zich in permanente wateren met veel plantengroei (vooral drijvende draadalg en kroosloten of sloten met een ruige oevervegetatie o.a. door achterstallig onderhoud). De wateren hebben een diverse gemeenschap van overige insecten en ongewervelden. Een rijke vegetatie dient als schuilmogelijkheid om een te grote predatiedruk te vermijden.
- Plantenboorsteekmuggen ontwikkelen zich aan (de larve boort in zachte plantendelen en blijft aan de plant aangehecht) dieper groeiende emergente (boven het water uitstekende) water- en oeverplanten. Het betreft vaak kraagvegetaties van lisdodde, riet, liesgras en dergelijke.
- Boomholtesteekmuggen ontwikkelen zich in zogenaamde containermilieus, zeer kleine tijdelijke wateren. Predatoren ontbreken in deze wateren. De belangrijkste soorten zijn de niet-inheemse waarvan sommige zich inmiddels gevestigd hebben zoals de Aziatische tijgermug (*Aedes albopictus*).
- Knutten ontwikkelen zich 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.

3.2 Steekmuggen van overstromingsuiterwaarden

De meest voorkomende en vaak plaagvormende moerassteekmuggen in overstromingsuiterwaarden zijn *Aedes vexans* (Linnaeus, 1758) en *Ochlerotatus sticticus*. Deze soort kunnen vaak >60-90% van de

steekmuggenpopulatie in de zomer uitmaken (1983, 1997, et al. 2001, 2001, et al. 2008). Daarnaast komen ook de algemene moerassteekmuggen (*Aedes Ochlerotatus*; m.n. *Ae. cinereus*, *Ae. rossicus*, *Oc. rusticus*, *Oc. annulipes* en *Oc. cantans* (et al. 2006, 2012)), huissteekmuggen (*Culex*, *Culiseta*; m.n. *C. pipiens complex*, *C. territans*, *Culiseta annulata*), slootsteekmuggen (*Anopheles*; m.n. *An. maculipennis*) en plantenboorsteekmuggen (*Coquillettidia richardii*) voor. Moerassteekmuggen van rivieruiterwaarden hebben verschillende aanpassingen in de levenscyclus om in uiterwaarden succesvol te zijn (1989, et al. 2003). Deze steekmugsoorten leggen hun eieren op vochtige grond, in kleine holtes of in mos, die vervolgens overstroomd met stijgende waterstanden (et al. 1973). De eieren zijn in diapauze in de herfst, winter en vroege lente en minimaal 4-5 jaar houdbaar (et al. 1950; et al. 1973) maar waarschijnlijk langer. Als de eieren worden overstroomd door ondiep water of het water tot een geringe diepte is uitgezakt komen de larven uit. De larvale ontwikkeling is temperatuurafhankelijk en kan snel verlopen.

De steekmuggen van overstromingsgebieden zijn multivoltien (meerdere generaties per jaar) en elke overstroming in de lente en zomer kan een nieuwe generatie steekmuggen produceren. Samen met hun vermogen tot massareproductie verklaart dit de enorme aantallen die gedurende meerdere maanden in zomer en herfst kunnen aanbliven. De seizoensvariatie in aantallen volgt de overstromingspieken (2001).

Het aantal en de samenstelling van de steekmugsoorten is afhankelijk van het landschapstype en de hydrologische omstandigheden die van jaar tot jaar in uiterwaarden verschillen. et al. (2007) constateerden dat de soortenpool in dergelijke gebieden in Zweden jaarlijks gelijk bleef maar dat de uiteindelijke samenstelling werd bepaald door de jaarlijkse variatie in lokale hydrologische omstandigheden, in samenhang met andere factoren zoals de komst van soorten uit in aangrenzende overstromingsgebieden.

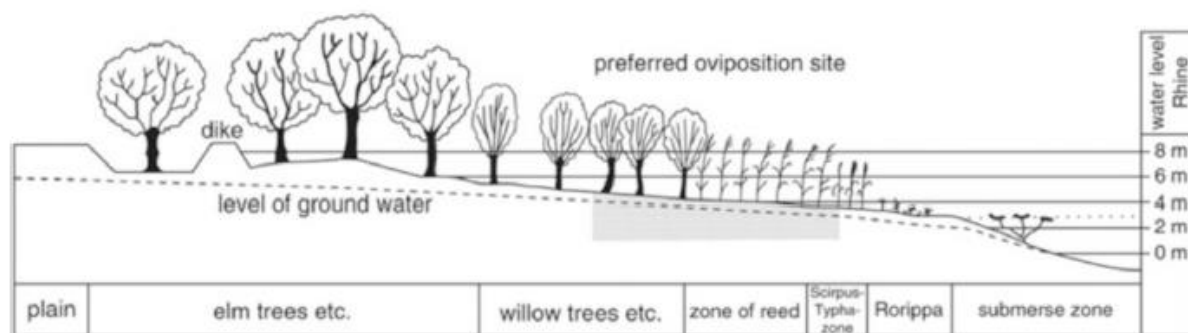
Aedes vexans

A. vexans is een multivoltiene soort (heeft meerdere generaties per jaar) en komt vooral voor in overstromingsgebieden met fluctuerende waterstanden, zoals uiterwaarden van rivieren en meren. In tijdelijk overstroomde natte weide- en moerashabitats in continentaal Europa kan de soort grote populaties ontwikkelen en aanzienlijke overlast veroorzaken (1989).

A. vexans legt veel (circa 100) droogteresistente eieren die meerdere jaren van droogte kunnen overleven (2006). Eieren worden afgezet op vochtige, organisch materiaal bevattende bodem, dit kan ook een bodem zijn die door regen nat blijft nadat het overstromingswater zich heeft teruggetrokken (1980) (Figuur 3.1). Eieren kunnen tot 5 jaar overleven als er geen overstroming optreedt na het leggen van eieren, waarbij de eieren normaal gesproken de koudere maanden (september tot maart) in diapauze doorbrengen waarschijnlijk gestuurd door het dag:nacht lichtregime (1970). Het daaropvolgende uitkomen van de larven wordt veroorzaakt door verschillende factoren, zoals overstroming in combinatie met zuurstofafname door microbiële afbraakprocessen van organisch materiaal en de watertemperatuur (2006). Eieren kunnen kort na het overstroomen uitkomen als de watertemperatuur hoger is dan 9°C. Niet alle larven komen altijd gelijktijdig uit, maar emergeren 'in cohorten' wat zorgt voor overleving van populaties in het geval dat de initiële larvale populaties worden gedood door het snel vroegtijdig opdrogen van de broedplaatsen (moerassige poeltjes). Ook kunnen de larven 6-14 dagen na droogval emergeren m.a.w. ze overleven nog langere tijd in natte tot vochtige bodems.

De ontwikkeling van de larven is temperatuurafhankelijk. De larvale ontwikkeling is slechts 1 week bij 30°C en loopt op tot 3 weken bij 15 °C. De ontwikkeling van larven verloopt snel in tijdelijke wateren die slechts enkele dagen tot enkele weken nat blijven, zoals overstroomde weiden en laaggelegen gebieden met wilgen en riet (et al. 2003) mede omdat dergelijke wateren snel opwarmen en de temperatuur dus hoger is. De mannetjes vliegen eerder uit dan de vrouwtjes. Na de paring gaat het vrouwtje op zoek naar een bloedmaaltijd. Een volwassen vrouwtje kan meerdere bloedmaaltijden nemen.

A. vexans vormt in Europa onder gunstige omstandigheden (wanneer het overstromingsregime het uitkomen van eieren en de ontwikkeling van larven bevordert) grote populaties in uiterwaarden van rivieren, met honderden per liter oppervlaktewater en meer dan 100 miljoen per hectare, waar ze vaak overdag overlast kunnen veroorzaken (et al. 2003). In het Boven-Rijndal is *A. vexans* de meest voorkomende soort in rivieroverstromingsgebieden en maakt >90% van de populaties uit in de zomer (1997). Broedplaatsen met hoge aantallen larven creëert druk op de uitvliegende vrouwtjes om bloedmaaltijden verder weg te zoeken, soms tot 15 km (et al. 2003, et al. 1999).



Figuur 3.1: Dwarsdoorsnede van de Boven-Rijn met vegetatiezones en de door overstromingsstekmuggen (bv. *Aedes vexans*) geprefereerde ei-afzettingszone ([redacted] et al. 2020).

Ochlerotatus sticticus

De eieren van *O. sticticus* komen bij een watertemperatuur $>8^{\circ}\text{C}$ uit ([redacted] et al. 2010), waardoor larven al vroeg in het seizoen kunnen verschijnen. Het stromende water dat de uiterwaard overspoelt is zuurstofrijk, maar zodra het water in het overstroomde gebied stagneert en het zuurstofgehalte daalt door decompositie (dit organisch afbraakmateriaal is tevens het voedsel) wordt het uitkomen van de eieren geïnitieerd ([redacted] et al. 2010). De larven van *O. sticticus* komen gefaseerd gesynchroniseerd uit m.a.w. niet alle eieren komen tegelijk uit maar in cohorten zoals bij *A. vexans* ([redacted] 1970, [redacted] 1989). De verpopping en het uitvliegen is temperatuurafhankelijk ([redacted] 1970; [redacted] 1989). In tegenstelling tot *A. vexans* versnelt *O. sticticus* de larvale ontwikkeling als een poel dreigt op te drogen ([redacted] 2006). De mannetjes komen ongeveer een dag voor de vrouwtjes tevoorschijn en moeten hun hypopygium draaien om klaar te zijn om te paren. Vrouwtjes paren slechts één keer en slaan voldoende sperma op in hun spermathecae om meerdere eibatches te bevruchten ([redacted] et al. 2010). Na de paring gaan de vrouwtjes op zoek naar een bloedmaaltijd om eieren te ontwikkelen. De bloedzoekende *O. sticticus* vrouwtjes kunnen zich over lange afstanden verspreiden, ten minste >10 km ([redacted] 1980, [redacted] et al. 2011). De maximale afstand van *O. sticticus* werd gevonden op 11.7 km van de uitzetplaats ([redacted] et al. 2011).

3.3 Ontwikkeling van larven van stekende insecten in het onderzoeksgebied

3.3.1 Habitattypen

De ontwikkeling van stekende insecten hangt direct samen met milieuomstandigheden waarin in voorjaar en of in de zomer water op (stekmuggen) of aan (knutten) maaiveld staat. Het ontwerp van de herinrichting van project UWHD beschrijft dat met de hoogste rivierafvoeren in de nawinter (februari-half maart) het meeste water het projectgebied bereikt. Daarna zakt in bepaalde delen het water uit wat tot augustus kan duren. Deze dynamiek in aanwezig oppervlaktewater kan leiden tot moeras, plas-dras en vochtig-natte water tot maaiveld omstandigheden, de voor stekende insecten belangrijke habitatomstandigheden. In het onderzoeksgebied zijn doeltypen beschreven (Tabel 3.1).

Tabel 3.1: Karakterisering van vochtige en natte landschapselementen in het onderzoeksgebied.

Rivier- en moeraslandschap N01.03	
(overkoepelt categorieën hierna)	Grootschalig rivierlandschap
Onderdeel	
<u>Bossen</u>	
Ooibos (zachthoutooibos/wilgenvloedbos)	
behorend tot Rivier en beekbegeleidend bos N14.01	Vochtig-nat bos, periodiek overstroomd, kleibodem?, voedselrijk
Hardhoutooibos	Minder frequent overstroomd (max. 10 dg/jr)

Toelichting:

Hardhoutoibossen komen voor op zeer vochtig tot matig droge standplaatsen, wat zich vertaalt in een GVG dieper dan 25 cm beneden maaiveld en waarbij de droogtestress kan oplopen tot 32 dagen. Het betreft een grondwateronafhankelijk habitatype. Een minimale overstroming van 3-14 dagen per jaar is vereist om schaduwbomen (beuk, haagbeuk) te voorkomen. De bovengrens van overstroming is circa 20-90 dagen per jaar ([REDACTED] et al. 2014).

Zachthoutoibossen komen voor op zeer nat tot vochtige, zeer voedselrijke standplaatsen met extreem hoge hydrodynamiek (frequente en vaak langdurige inundaties). De overstromingsduur >10 tot > 60 dagen per jaar en uitdroging in de zomer (kan tot >75 cm onder maaiveld).

Korte vegetaties

Stroomdalgrasland (Droog schraal grasland N11.01)	1-2x / jr kortstondig overstroomd, daarna droog
Nat\Vochtig overstromingsgrasland (Kruiden- en faunarijk grasland N12.02)	Inunderend en opdrogend in >1-3 maanden, daarna vochtig
Moeras (N05.01)	Periodiek overstroomd, hoge waterstand, dynamisch waterpeil (tot 20% open water)

Toelichting:

Stroomdalgrasland komt voor op matig droge tot droge standplaatsen, dat wil zeggen met een gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand van meer dan 40 cm beneden maaiveld, gecombineerd met meer dan 14 (tot meer dan 32) dagen droogtestress. De optimale overstromingsfrequentie is incidenteel in de winter: alleen bij extreme hoogwaters, met een gemiddelde overstromingsduur van minder dan 10 dagen. De iets ruigere pionierbegroeiingen komen ook voor op standplaatsen die regelmatig overstroomd worden (jaarlijks of tweejaarlijks, gemiddelde overstromingsduur meer dan 10 dagen). Inundatie in het groeiseizoen met een periode van meer dan 10 dagen leidt tot het afsterven van planten en bijgevolg afbraak van de gemeenschap. Bij zandigere bodems komen stroomdalgraslanden lager voor, waarschijnlijk doordat de bodem hier gedurende kortere tijd na overstroming met water verzadigd blijft ([REDACTED] et al. 2014).

Nat\Vochtig overstromingsgrasland komt voor op lager gelegen (vaker overstroomde) delen van de uiterwaarden, 's winters vochtig tot zeer nat die vanaf begin juni tot eind augustus oppervlakkig vrij sterk uitdrogen (voor de droogste situatie tot >0.4 m en voor de natste +0.05—0.25 m). Overstroming vindt buiten het groeiseizoen plaats en tot circa 10 dagen.

Moeras is dynamisch heeft een hoge waterstand, een dynamisch waterpeil en wordt periodiek overstroomd. De bodem is nat en voedselrijk. De gemiddelde grondwaterstand is 0-20 cm onder maaiveld en zakt in het najaar maximaal tot 40 cm onder het maaiveld, behalve eventuele periodieke droogteperioden.

Oppervlaktewateren

Nevengeul	Open water, (tijdelijk) stromend, permanent, voedselrijk, veelal zand
Poel	Open water, stilstaand (tijdelijk tot 1 juli), kleibodem, voedselrijk
Oeverzone van open wateren	Open water, tijdelijk, stilstaand, klein, ondiep – plasdras, voedselrijk, bodem indifferent

In het rivierecotopenstelsel zijn meer landschapselementen beschreven en is de hydrodynamiek ingedeeld in klassen:

diep open water: permanent water dat ook bij een gemiddeld laagwater dieper is dan 1,5 m.

permanent water: nooit of slechts uiterst zelden (gemiddeld minder dan 2 dagen per jaar) droogvallende aquatische standplaats die bij een gemiddeld laagwater ondieper is dan 1,5 m.

oeverzone: zeer frequent overspoelde amfibische standplaats (gemiddeld 150 tot 364 dagen per jaar).

frequent overspoelde zone: frequent overspoelde amfibische standplaats (gemiddeld 50 tot 150 dagen per jaar overstroomd) van lage uiterwaarden zonder kades en met kades, maar dan met langdurig geopende sluizen.

periodiek overspoelde zone: periodiek overspoelde terrestrische standplaats (gemiddeld 20 tot 50 dagen per jaar overstroomd) in een hoge uiterwaard of lagere uiterwaard met hoge kades.

zelden overspoelde zone: zelden overspoelde terrestrische standplaats (gemiddeld minder dan 20 dagen per jaar) van hoge uiterwaarden of stroomruggen en oeverwallen.

overstromingsvrije zone: nooit of slechts uiterst zelden overspoelde terrestrische standplaats (gemiddeld minder dan 2 dagen per jaar).

De vegetatiestructuur, -samenstelling en habitatkwaliteit van een ecotoop is niet alleen een gevolg van de morfo- en hydrodynamiek maar ook van andere processen zoals kwelinvloed, (natuurlijke) begrazing en beheer. De relevante typen uit het rivierecotopenstelsel zijn:

- Hardhoutooibos (incl. doornstruweel): zelden-periodiek overspoeld <20-50 dagen/jaar
- Zachthoutooibos (incl. zachthoutstruweel): frequent overspoeld 50-150 dagen/jaar
- Dynamische ruigte: Hoge open uitwaard, incl. hooiland, zelden overspoeld <20 dagen/jaar/ Lage open uiterwaard, incl. grasland, frequent-periodiek overspoeld 20-150 dagen/jaar
- Moeras: frequent-periodiek overspoeld 20-150 dagen/jaar (rietmoeras frequent overspoeld 50-150 dagen/jaar, kwelmoeras zelden overspoeld <20 dagen/jaar)
- Stroomdalgrasland: zelden-frequent overspoeld <20-150 dagen/jaar
- Uiterwaardgrasland: zelden-frequent overspoeld <20-150 dagen/jaar
- (productiegrasland): zelden-frequent overspoeld <20-150 dagen/jaar
- Nevengeul/Dynamische strang: permanent-zeer frequent overspoeld 150-365 dagen/jaar
- Plas: permanent
- Oeverzone: zeer frequent overspoeld 150-365 dagen/jaar

Omdat de natuurdoeltypen en de overige gronden geleidelijk in elkaar overgaan kan uit beide indelingen een voor deze studie bruikbare habitattypenindeling worden opgesteld:

Open water

- Plas en poel: 365 dagen/jaar
- Nevengeul/Dynamische strang: 150-365 dagen/jaar

Begroeide oeverzone

- Oever- en verlandingszone open water: 150-365 dagen/jaar

Moeras en ruigte

- Open moeras (laag-dynamisch open moeras): 150-365 dagen/jaar
- Moerasruigte (dynamisch open moeras): 50-150 dagen/jaar
- Plas-dras ruigte/open moeras: 20-50(150) dagen/jaar
- Vochtige ruigte in open uitwaard, incl. hooiland <20 dagen/jaar

(Moeras-)bos (incl. container=boomholte milieu bij alle typen)

- Zachthoutooibos (incl. zachthoutstruweel): 50-150 dagen/jaar
- Hardhoutooibos (incl. doornstruweel): <20-50 dagen/jaar
- Droog bos: 0-<20 dagen/jaar

Grasland

- Overstromingsgrasland: zelden-frequent overspoeld (20)50-150 dagen/jaar
- Stroomdalgrasland: zelden-frequent overspoeld <20-50 dagen/jaar
- Productiegrasland: zelden-frequent overspoeld <20 dagen/jaar

Voor de risico-analyse op stekende insecten zijn de habitattypen die in het onderzoeksgebied voor zouden kunnen komen gerelateerd aan het risico op ontwikkeling van stekende insecten door het toepassen van de kennisregels uit de Leidraad (2012) (Tabel 3.2). Bij deze vertaling is per habitatype ook de informatie van de hydrologische situatie, bodemtype, hoogteligging/accidentatie en begroeiingstype meegenomen.

Uit de risico-analyse blijkt dat de hoogste kans op overlast door stekende insecten (risicoklasse 4 en 5) ontstaat bij de combinatie van inundatie/hydrologische dynamiek, voedselrijkdom (beschikbaarheid dood organisch materiaal van bijvoorbeeld afgestorven vegetatie), langdurig tijdelijk water boven maaiveld, zoals na inundatie met voedselrijk water bij geleidelijke zakking of nalevering uit de bodem. Daarnaast is risico indien in de zomersituatie kortdurende tijdelijke zeer kleine wateren ontstaan, bijvoorbeeld na een intense regenval en bij hogere temperaturen.

Tabel 3.2: Koppeling van groepen van stekende insecten aan habitattypen met inschatting van het risico op hogere aantalsontwikkeling (potentiële overlast).

Risicosoort- groepen	Overstromings- steekmug	Moerassteekmug	Boomholtesteek- mug	Huissteekmug	Slootsteekmug	Plantenboorsteek- mug	Knut
<i>Landschaps- elementen</i>							
<i>Plas en poel</i>							
Stilstaand open water	0	0	0	0	0(1)	0	0(1)
<i>Nevengeul/Dynamische strang</i>							
Permanent tot frequent stromend open water	0	0	0	0(1)	0(1)	0	0(1)
<i>Begroeide oeverzone</i>							
Oever- / Verlandingszone	2(4)	2(4)	0	2(2)	2(4)	2(4)	3(4)
<i>Moeras en ruigte</i>							
Open moeras	3(5)	3(5)	0	1(4)	0(2)	0(3)	1(3)
Moerasruigte (natte ruigte/ rietland voedselrijk)	3(5)	3(5)	0	3(4)	2(3)	1(4)	4
Plas-dras ruigte/open moeras	1(3)	3(5)	0	2(4)	1(3)	1(4)	4
Vochtige ruigte	1(4)	1(4)	0		0	0	0(1)
<i>(Moeras-)bos</i>							
Zachthoutooibos	3(5)	3(5)	2	1(2)	0	0	1(3)
Hardhoutooibos	1(3)	3(5)	2	1(2)	0	0	1(3)
Droog bos	0	0	2	0	0	0	0
'Container' open water (boomholte/moeras)	0	0	5	4	1	0	0
<i>Grasland</i>							
Overstromingsgrasland	2(4)	1	0	2(4)	0	2	3(5)
Stroomdalgrasland	1(3)	0	0	3(4)	0	1	2
Productiegrasland	0(1)	0	0	0(2)	0	0	1(3)

Risicoscore: 0=geen tot 5=overlast; (score tussen haakjes)=voedselverrijkt/droogvallend

Aangezien het rivierwater veelal nog steeds voedselrijk is zal samen met de afstervende begroeiing in de achterblijvende tijdelijke wateren vaak een voedselverrijkte situatie aanwezig zijn.

Voor het onderzoeksgebied UWDH zijn vooral de landschapstypen moeras en ruigte en zachthoutooibos en in minder mate grasland relevant. Het zijn de vegetatietypen die gedurende langere periode in het seizoen nat zijn en via natuurlijk uitzakking in de zomer-herfst droogvallen. Dit betreft ook de oever en verlandingszones van de overstromingsvlakten. Plas en poel en stromende nevengeul zijn niet relevant in het kader van potentiële overlast door stekende insecten.

3.3.2 Beheer

Het beheer van het gebied heeft invloed op de kansen voor stekende insecten. Met maai-beheer wordt de vegetatie, tijdelijk, kort gehouden en als het maaisel wordt afgevoerd treedt minder ophoping van strooisel op. Ook begrazing houdt delen van de vegetatie kort, echter door de lage begrazingsdruk zullen op

tweederde van het oppervlak ruigten ontwikkelen. Begrazing heeft ook als gevolg dat bij een natte bodem er hoefputjes ontstaan. Dergelijke oneffenheden in een gebied kunnen fungeren als broedplaats voor vooral huissteekmuggen.

3.3.3 Verspreiding van volwassen stekende insecten

Nadat stekende insecten zijn uitgevlogen gaan ze meestal meteen of na de eerste ei-afzetting op zoek naar bloed om hun eitjes te laten ontwikkelen. Ze kunnen daarvoor korte en lange afstanden afleggen. Steekmuggen zijn in 4 groepen vliegers te verdelen: sterke, goede, matige en zwakke vliegers ([REDACTED] 2014). Ook voor knutten geldt dat het vliegvermogen sterk kan verschillen tussen soorten. De ecologische groepen boomholte-, overstromings-, huis-, sloot-, plantenboor- en moerassteekmuggen zijn niet een-op-een in vlieggroepen in te delen. Met andere woorden binnen iedere ecologische groep van steekmuggen zitten zowel zwakke als sterke vliegers. Van de in Nederland voorkomende plantenboorsteekmug is de vliegafstand onbekend. Van de Nederlandse soorten knutten is weinig over vliegvermogen bekend. De overstromingssteekmuggen kunnen >10 km ver vliegen.

De afstand die wordt afgelegd hangt van allerlei factoren af, zoals de vliegcapaciteit van de soort, de aanwezigheid van prooien, de vegetatiestructuur die als corridor of als barrière kan functioneren. Een barrière is gedefinieerd als een gebiedsdeel tussen broedgebied van de larven en de plaats waar overlast wordt verwacht (vaak bewoning) wat minder geschikt is voor volwassen dieren om te doorkruisen of verblijven. Broedgebieden zijn de plaatsen waar steekmuggen/knutten hun eitjes afzetten (op natte grond of op water) en waar de larven zich ontwikkelen (in de waterkolom) om via popstadium (in de waterkolom levend) te komen tot volwassen steekmuggen/knutten (die uit het water uitvliegen). Een ruime afstand tussen mogelijke broedgebieden van steekmuggen en knutten en woningen (de plaats waar de volwassen steekmuggen naar toe vliegen) kan effectief werken tegen bepaalde soorten steekmuggen en knutten. Wanneer het tussenliggend gebied ook nog eens steekmug- en knut-onvriendelijk ingericht is, gaat het tussenliggende gebied als barrière werken. Overlast veroorzaakt door zwakke en matige vliegers kan met barrières die op een juiste manier zijn ingericht worden beperkt. Voor de goede en sterke vliegers heeft een barrière veel minder effect. Van sommige knutten is bekend dat het zeer goede vliegers zijn en hiertegen hebben barrières eveneens minder effect. Corridors zijn zones die juist verbindend werken. Corridors bestaan vaak uit houtige opslag zoals bosschages waar stekende insecten in kunnen schuilen en die ze gemakkelijk kunnen passeren.

De inrichting van een barrière is gericht op het bereiken van een lage luchtvochtigheid (te bereiken met zeer korte vegetatie of open water), vrijheid voor windwerking (wind beperkt de vliegmogelijkheden sterk) en ontbreken van corridors in de vorm van linten van bosschages of ruigten. 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 woningen, te laten vliegen. Deze zogenoemde muggenbosjes versterken de barrièrewerking. Open water functioneert ook als een goede barrière.

3.4 Risicoschatting

Het uiteindelijke risico op overlast voor omwonenden, hangt direct samen met:

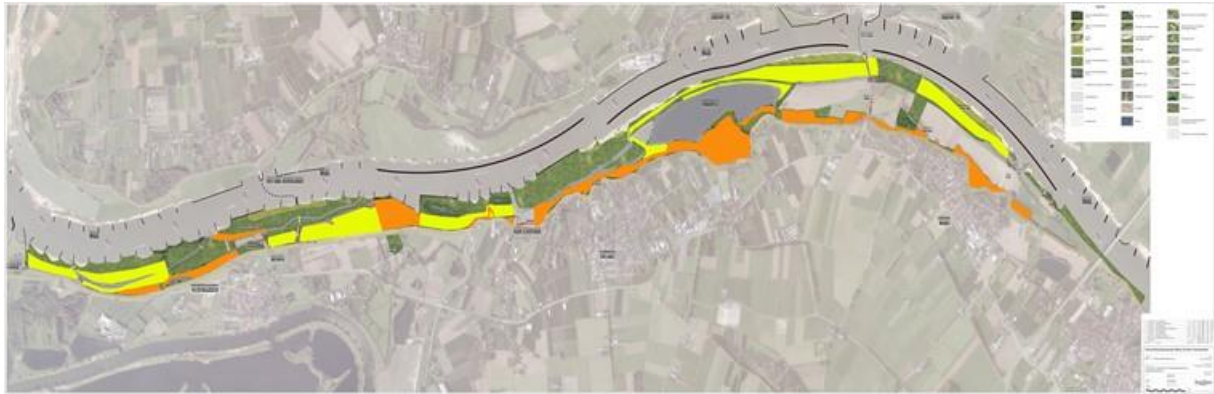
- i. De draagkracht (kwaliteit en kwantiteit) van de broedplaats voor stekende insecten (m.a.w. hoeveel stekende insecten komen uit het larvale broedgebied).
- ii. De vliegcapaciteit van de soorten die zich ontwikkelen (hierbij moet worden bedacht dat maximale vliegcapaciteit ongelijk is aan 'normale' vliegafstand en ongelijk is aan overlast).
- iii. De structuur/begroeiing (de habitattypen en de daarin aanwezige prooien) van de corridor die aanwezig is tussen het broedgebied en bewoning omdat corridors de vliegroutes van de volwassen dieren bepalen en bij aanwezigheid van barrières deze dieren juist beperken.

De draagkracht van een gebied is afhankelijk van de kwaliteit en kwantiteit van het broedgebied. De kwaliteit hangt vooral samen met de temperatuur, hydrodynamiek, vorm, waterchemie en het voedselaanbod voor de larven en de begroeiing voor de adulten. Deze parameters zijn direct gekoppeld aan de habitattypen. In paragraaf 3.3.1 is voor het onderzoeksgebied UWDH reeds geconcludeerd welke habitattypen relevant zijn voor de ontwikkeling van stekende insecten. Dit is vertaald naar een potentieel risico in tabel 3.3. Vooral de habitattypen moeras en ruigte en zachthoutoibos hebben een hoog tot zeer

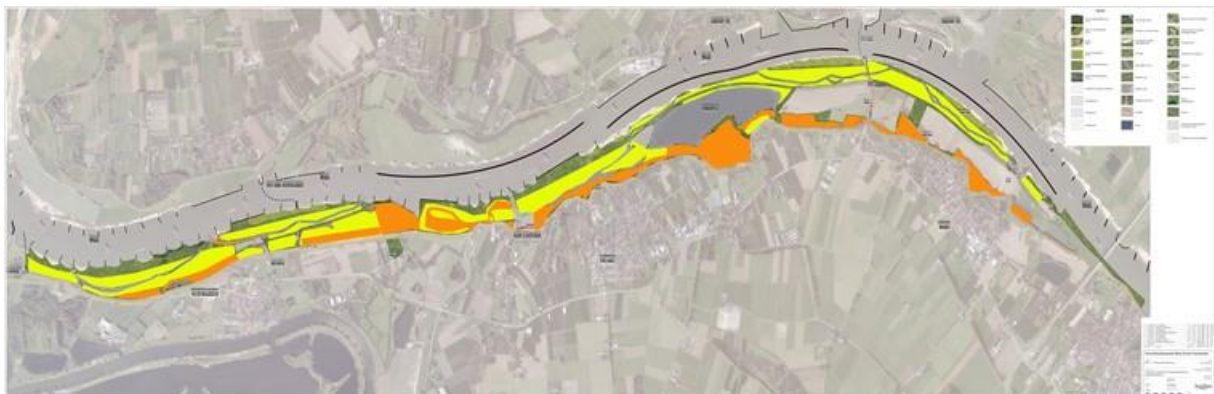
hoog potentieel risico op de ontwikkeling van stekende insecten. Nat grasland (of droog grasland bij verruiging of vertrapping), en de oever en verlandingszones van de overstromingsvlakten hebben een matig tot hoog risico. De nevengeulen, plassen, poelen en droog ooibos zijn niet relevant in het kader van potentiële overlast door stekende insecten.

De kwantiteit hangt samen met het oppervlak van ieder habitattype. De voornoemde indeling van potentiële risico's is in figuur 3.2 vertaald naar risicogebieden, en dit zowel voor de huidige situatie als voor de toekomstige situatie na realisatie van project UWDH (Figuur 3.2).

A



B



Figuur 3.2: Huidige en toekomstige risico-situatie stekende insecten. Geel geeft gebieden aan met een laag risico, alleen bij vertrapping en verruiging kan dat dit areaal groter worden. Oranje duidt de arealen met een matig hoog tot zeer hoog risico. De arealen zonder risico zijn niet gekleurd.

Uit de oppervlak veranderingen (Figuur 3.2) blijkt dat vooral het (moeras-)bos en het natte grasland/verruigde delen van de overstromingsvlakten een rol zouden kunnen spelen omdat daar veranderingen plaatsvinden. De relatieve verandering t.o.v. de huidige situatie is echter beperkt.

In deze studie is de afstand tussen bewoning en broedgebied (habitattypen met risico) en de begroeiing van deze zone eveneens in ogenschouw genomen. Tenslotte gaat het om het risico voor omwonenden. De afstanden tussen woningen binnen en achter de winterdijk en het gebied zijn vaak gering. Omdat het om moeras- en huissteekmuggen van een rivierengebied gaat is de vliegcapaciteit van de te verwachten soorten niet beperkend voor de te overbruggen afstand tussen gebied en bewoning. Daarnaast werkt het struweel buitendijks tegen de winterdijk als corridor. Dat betekent dat alle potentieel te verwachten soorten bewoning zouden kunnen bereiken omdat de afstand gering is, de vliegcapaciteit van de soorten voldoende en er een corridor is.

Samenvattend kan geconcludeerd worden dat als gevolg van de voorgenomen ingrepen slechts een geringe toename optreedt van het oppervlak aan habitattypen die interessant zijn voor de ontwikkeling van stekende insecten. Hierdoor verandert weinig ten opzichte van de huidige situatie. De mogelijke toename van overlast van stekende insecten wordt niet significant geacht.

Tabel 3.3: Relatie tussen habitattypen, potentieel risico en verandering in risico in het studiegebied.

Habitatype	Potentieel risico	Verandering in risico t.o.v. huidige situatie
Nevengeul/Dynamisch strang	Afwezig	Afwezig
Plas	Afwezig	Afwezig
Poel	Afwezig	Afwezig
Begroeide oeverzone / verlandingszone van de overstromingsvlakten	Matig - Hoog (bij nutriënten-verrijking of verlanding)	Beperkte verhoging
Moeras en ruigte	Hoog - Zeer hoog	Geen verandering
Nat grasland	Matig-Hoog (verruiging, vertrapping)	Beperkte verhoging
(Moeras-)bos (zachthoutoobos)	Hoog - Zeer hoog	Geringe verhoging
Droog oobos	Afwezig	Afwezig
Droog grasland	Laag (behalve bij verruiging, vertrapping dan laag-matig)	Afwezig

Of de risico's daadwerkelijk tot uiting komen hangt uiteindelijk ook nog sterk af van de context van de ontwikkeling van het oppervlakreliëf door overstromingsdynamiek (incl. neerslag, kwel), vegetatie-ontwikkeling en van de begrazings- en beheerinvloed daarop. De stuurknop voor risicobeperking is vooral afhankelijk van het beheer.

Daarnaast is in het algemeen nog weinig bekend over de aanwezige populaties stekende insecten in het rivierengebied. Het is wel zinvol om dergelijke kennis voor de toekomst op te bouwen met beargumenteerde monitoring. Situaties zoals het moerasbos op rabatten en moerassige ruigtes die in dit gebied aanwezig zijn kunnen belangrijke informatie leveren.

3.5 Klimaatverandering en stekende insecten

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 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. In het rapport 'Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting' (2009) wordt een overzicht van de bestaande kennis gepresenteerd. In deze paragraaf wordt de samenvatting van dit rapport gegeven.

In de huidige situatie, bij het huidige klimaat, is in veel moerassige gebieden reeds sprake van 'overlast' door steekmuggen en knutten. De aard en omvang van deze 'overlast' is echter vaak minder/niet bekend. Bij een ongewijzigd klimaat blijft deze 'overlast' aanwezig en in geval van verdere inklinking van bodems of gestuurde vernatting zou de 'overlast' zelfs enigszins kunnen toenemen (autonome vernatting). 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 versterkte 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. Voor het studiegebied betekent de neerslagverandering weinig omdat de afvoer en het overstromingsregime vooralsnog vrijwel gelijk blijven, de temperatuur gaat wel iets omhoog.

Om de effecten van klimaatverandering op de mate van ontwikkeling van steekmuggen en knutten te sturen en verminderen is vooral het bijsturen met beheermaatregelen mogelijk.

Om onvoorziene 'overlast' of tijdelijk lokale 'overlast' als gevolg van herinrichting tegen te gaan is bestrijding mogelijk maar zeer ongebruikelijk.

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.

3.6 Samenvatting stekende insecten

Er zijn twee soorten moerassteekmuggen die vaak dominant in overstromingsuiterwaarden optreden: *Aedes vexans* en *Ochlerotatus sticticus*. Deze soorten hebben speciale aanpassingen om in dit milieu talrijk te kunnen worden. Echter kunnen ook andere steekmugsoorten voorkomen, vooral uit de groepen van moeras- en huissteekmuggen. Om de ontwikkeling van larven van stekende insecten in het onderzoeksgebied te kunnen beoordelen zijn de landschapselementen uit hoofdstuk 2 mede met behulp van de hydrologische kenmerken van de riviercotooptypen "vertaald" naar voor stekende insecten relevante habitattypen. Deze habitattypen zijn voorzien van een potentiële risico-inschatting. Dit betekent dat de kans op de ontwikkeling van hoge aantallen stekende insecten is bepaald voor ieder van deze habitattypen. Een habitatype met een hoge kans op veel stekende insecten voldoet aan de milieu-eisen die de betreffende soort aan haar milieu stelt en waarbij eventuele predatoren ontbreken. In overstromingsuiterwaarden zijn dit habitats met (langdurig) tijdelijk ondiep oppervlaktewater, zoals bijvoorbeeld poeltjes tussen ruigtes of droogvallende rabatten in moerasbossen. Om te bepalen of er ook daadwerkelijk risico op hoge aantallen en overlast ontstaat zijn vier vragen over ontwikkeling van stekende insecten beantwoord:

- Hoeveel stekende insecten kunnen in het gebied per habitat ontwikkelen (de chemische kwaliteit van het water en het oppervlak van de risicovolle habitattypen)?
- Hoe geschikt is het habitatype voor de stekende insecten (de aanwezige begroeiing waarbij de habitat maximaal aanwezig kan zijn, vaak ruigtes en plas-dras en horst-slenk milieus)?
- Hoe ver kunnen de te verwachten soorten vliegen?
- Wat is de begroeiing van de vliegroute tussen gebied en bewoning?

De afstand tussen habitattypen die mogelijk resulteren in hoge aantallen stekende insecten en de omliggende bebouwing is klein. De begroeiing in de tussenliggende zone werkt als een corridor wat betekent dat de belangrijkste groepen, de moeras- en huissteekmuggen, geen beperking ondervinden om de omliggende woningen te bereiken.

De relevante habitattypen komen in de huidige situatie reeds veelvuldig voor in het uiterwaardengebied van Wamel, Dreumel en Heerewaarden. De kwaliteit van deze habitats verandert niet. Het oppervlak van de relevante habitattypen neemt door de voorgenomen herinrichting in geringe mate toe ten opzichte van de huidige situatie.

Samenvattend kan geconcludeerd worden dat als gevolg van de voorgenomen ingrepen slechts een geringe toename optreedt van het oppervlak aan habitattypen die interessant zijn voor de ontwikkeling van stekende insecten. Hierdoor verandert weinig ten opzichte van de huidige situatie. De mogelijke toename van overlast van stekende insecten wordt niet significant geacht.

4 Mogelijke aanvullende (beheer)maatregelen

De mogelijkheden om middels het beheer van overstromingswaterhabitats het gebied met geschikte habitats voor overstromingssteekmuggen en andere steekmuggen en knutten te verkleinen is beperkt. Het beperken van de habitat van de overstromingssteekmuggen is hierbij (het meest) belangrijk. De eerste stuurknop zit in de wijze van herinrichten (§4.1), de tweede in het beheer (§4.2). Tenslotte wordt nog kort aandacht gegeven aan de eerste jaren na aanleg (§4.3).

4.1 Herinrichten

Bij het herinrichten van overstromingsgebieden wordt ingegrepen op de fysische omstandigheden van het terrein en het houdt bijna altijd een wijziging in van de structuur van het aanwezige ecosysteem. Ten aanzien van ontwikkeling van steekmuggen en knutten zijn hierbij twee uitersten mogelijk. Enerzijds het voorkomen 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 (██████ 1978, ██████ 1980, ██████ 1981). Het nadeel bij het voorkomen 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 (██████ 1971) en dat is meestal strijdig met de doelstellingen van de herinrichting. Bij het volledig onder water zetten van deelgebieden geldt hetzelfde nadeel, echter door het graven van bijvoorbeeld geulen en poelen kan nog een redelijke aquatische diversiteit ontstaan maar gaat de vaak biodiverse oeverzone verloren.

Permanente wateren

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. Waterbeweging die juist voorkomt dat *Anopheles* en *Culex* (slootsteekmug respectievelijk huissteekmug) soorten zich kunnen ontwikkelen.
3. Steilere oevers voorkomen ei-afzetting door *Aedes* en *Ochlerotatus* soorten (moerassteekmuggen).

Dit dient echter steeds in relatie met de plaats, de aanwezigheid van predatoren, de doelstellingen en de ontwikkelingsmogelijkheden van het permanente water te worden bekeken.

Tijdelijke wateren

Bij de ecologische inrichting van de tijdelijke aquatische milieus dient rekening te worden gehouden met:

- Bij gestuurde gebiedsdelen kan gedacht worden aan het omzetten van overstromingsgebieden met tijdelijk water in een gebied met veel permanente waterrijke habitats door het aanleggen van voldoende permanente poelen zonder ondiepe randen die predatoren voor de directe omgeving 'leveren' en waarbij dit habitat veel minder geschikt is voor de larven van overstromingssteekmuggen.
- Het (laten) stimuleren en vergroten van de connectiviteit tussen gebiedsdelen met tijdelijke wateren en permanente wateren zodat tijdelijk aquatische milieus in aanraking komen met permanente milieus.
- Het jaarlijks wijzigen van het sturen op het waterpeil zodat synchronisatie van steekmugpopulaties voorkomen wordt en predatie meer kans krijgt.
- Door te compartimenteren kunnen gebieden met veel en langdurig tijdelijke wateren worden verkleind (verkleinen van het oppervlak aan broedgebied) (██████ et al. 2021).
- Het niet aanplanten of laten ontwikkelen, of het kappen van bomen en struiken waardoor de toevoer van organische voedingsstoffen voorkomen of verminderd wordt (██████ 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 (██████ 1980).
- Het voorkomen van brede ondiepe, onregelmatig en te flauw aflopende oevers waar veel tijdelijke aquatische milieus zich kunnen vormen of het in grotere stilstaande plassen en

poelen over grote afstanden voorkomen of regelmatig weghalen van overhangende oevervegetatie ter voorkoming van ei-afzettingsmogelijkheden voor schaduwminnende soorten.

- Het voorkomen van het optreden van teveel restwateren na terugtrekking van het overstromingswater bijvoorbeeld door het egaliseren van flauw aflopende oevers of onregelmatig (geworden) terreindelen.
- Het toelaten van voldoende / hoog-frequente waterbeweging.

Al deze methoden hangen samen met de aanwezige ecologische kennis van de overlast veroorzakende soorten. Elke situatie vraagt om een eigen interpretatie van het aanwezige habitatype en de mogelijkheden voor het beïnvloeden van de relevante fysische factoren. Daarbij is het nodig om te weten welke soorten steekmuggen aanwezig zijn dan wel te verwachten zijn (monitoren).

4.2 Beheer

Ook het beheer van vooral risicodragende habitattypen kan aan risicobeperking bijdragen:

- Een beheer/herinrichtingsoptie is het onderhouden van de versnelde afstromingsmogelijkheden van rivierwater na overstromingen (bijvoorbeeld greppels, slenken) door het beheren op het tegengaan van ontwikkeling van verstoppingen door verruiging of begroeiing in afwaterende greppels/slenken.
- Een andere optie is het versneld laten wegzakken van het peil door het verlagen van het stuwpeil.
- Verruiging en daardoor vorming van plas-dras situaties of een horst-slenk terreinaccidentatie kan worden beperkt door in september-oktober de ruigtevegetatie te klepelen.
- Het sturen van beweiding om zo te voorkomen dat een microreliëf aan putjes door vertrapping ontstaan voorkomt vooral kansen voor huissteekmuggen in de zomer. Dit geldt voor plaatsen waar de bodem nat is en waar de dieren vaker grazen/lopen.
- Overstromingssteekmuggen profiteren van ophoping van organisch materiaal in bijvoorbeeld poeltjes in ruigten. Het voldoende onderhouden van ruigte waardoor dit rottende organische materiaal bij terugtrekking van het water na overstroming mee wegspoelt verkleint het voedselaanbod m.a.w. het voorkomen van ophoping van voedsel voor steekmuglarven.

4.3 Aanleg- en ontwikkelingsfase

Tenslotte kan kort na de aanleg de kans op hoge aantallen zich ontwikkelende stekende insecten groter zijn dan jaren later wanneer het ecosysteem zich heeft ontwikkeld. Na afgraven en inrichten kunnen veel tijdelijke maagdelijk watertjes ontstaan die gemakkelijk door vooral huissteekmuggen bezet kunnen worden. Dit is een tijdelijk verschijnsel. Daarna kunnen predatoren (zoals rovende insecten (b.v. roofkevers, libellelarven, vissen)) op de larven en insectenetende vogels en amfibieën op de volwassen dieren de aantallen reguleren. Om dit te beperken kan het beste in het najaar worden afgegraven. Daarnaast kan met greppels gestuurd worden op te lang achterblijvend tijdelijk water. Verbinding met permanent water initieert een snellere kolonisatie door predatoren.

4.4 Samenvatting beheer

Bij het herinrichten van overstromingsgebieden is het ten aanzien van de ontwikkeling van steekmuggen en knutten vooral belangrijk om het ontstaan van (langdurig) tijdelijke kleine wateren te voorkomen of verminderen. Daarnaast moet het oppervlak moeras beperkt blijven zolang het waterpeil dynamisch is en ook daar tijdelijke wateren ontwikkelen. Er zijn maatregelen beschreven deze situaties zoveel mogelijk te beperken.

Ook met het beheer van het waterpeil, de vegetatie-ontwikkeling en de inzet of juist niet van begrazing kan worden gestuurd op het verminderen van de kansen voor de stekende insecten door het verminderen van geschikt habitat.

Tenslotte wordt geadviseerd om in de eerste jaren na aanleg te sturen op het voorkomen van ondiep tijdelijk water op onbegroeide bodems.

5 Stekende insecten en ziekten

Stekende insecten, vooral de bloedzuigende, zijn potentiële vectoren (overbrengers) van ziekten. In §5.1 wordt een korte schets gegeven van de ziekten die in Europa door stekende insecten worden overgedragen. Omdat niet iedere soort iedere ziektekiem kan overdragen wordt ook deze relatie in de eerste paragraaf belicht. In §5.2 wordt de situatie rondom malaria beschreven en in §5.3 worden enkele andere meer relevante ziekten behandeld.

5.1 Stekende insecten en pathogenen

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 brengt geen grote gezondheidsrisico's mee. Om de meer specifieke vraag rondom het vasthouden van water in overstromingsvlaktes in relatie tot het 'terugkeren van tropische ziekten zoals malaria en knokkelkoorts' te beantwoorden is inzicht nodig omtrent stekende insecten en pathogenen. Na het rond 1955 uitsterven van endemische malaria in Nederland was er nauwelijks belangstelling voor onderzoek vanuit medisch en ecologisch oogpunt naar steekmuggen, hoewel potentiële culicide malariavectoren zoals *Anopheles (Anopheles) maculipennis* en *Anopheles (Anopheles) claviger* nog steeds in Nederland aanwezig zijn. Daarbij zijn steekmuggen (Culicidae) bekend als vectoren voor veel medisch belangrijke pathogenen, zoals virussen, bacteriën, protozoa en nematoden. Bekende door steekmuggen overgebrachte ziekten zijn bijvoorbeeld malaria, chikungunya, dengue en West-Nijlkoorts, en filariasis (2000, et al. 2010, 2011).

Door de komst van uitheemse soorten en de opkomst van nieuwe ziekten al dan niet in samenhang klimaatverandering komen de verspreidingspatronen van steekmugsoorten en hun ecologie echter weer meer in de belangstelling. De tijgermug *Aedes (Stegomyia) albopictus* wordt momenteel beschouwd als de vaakst ter wereld waargenomen invasieve mug (et al. 2007), is afkomstig uit Zuidoost-Azië (2007, et al. 2009, et al. 2012) en komt momenteel al minstens in 20 Europese landen voor. Populaties van een andere invasieve muggensoort, *Ochlerotatus (Finlaya) japonicus*, *Ochlerotatus (Ochlerotatus) atropalpus* (et al. 2009) en *Aedes (Finlaya) koreicus*, een mogelijke overbrenger van *Dirofilaria immitis* en het Japans encefalitisvirus zijn recentelijk in Europa gerapporteerd (et al. 2011).

Specifiek kijkend naar de overstromingssteekmuggen dan zijn *A. vexans* en *Oc. sticticus* in Europa betrokken bij de overdracht van het Tahyna-virus (TAHV) (& 1959, 1977, et al. 2007, et al. 2018) en in Afrika is *A. vexans* een vector van Rift Valley-koortsvirus (RVFV) (et al. 2002). *A. vexans* en *Oc. sticticus* worden in Europa ook beschouwd als een vector van *Dirofilaria* spp. (1981, et al. 1980).

Er zijn voor Europa negen muggen-overdraagbare virussen beschreven voor de mens, behorende tot drie families: Togaviridae (sindbis, chikungunya), Flaviviridae (West-Nijl-, dengue, usutu) en Bunyaviridae (batai, tahyna, hare inkoo) (2016). In Tabel 5.1 zijn de voor Europa relevante virussen in een samenvattend overzicht weergegeven.

Tabel 5.1: 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 (2009).

Virus	Inheems/exoot in west-Europa	Reservoir	Tussengastheer (alleen de Europese genera)
Bunyavirus (Bunyaviridae) Californische encefalitis groep		knaagdieren, haasachtigen	<i>Aedes</i> , <i>Anopheles</i> , <i>Culex</i> , <i>Culiseta</i>
La Crosse	exoot (N. Amerika)	eekhoorns	<i>Aedes triseriatus</i>
Phlebo (Rift Valley)	exoot (Afrika, Midden-Oosten)	schapen, geiten, zangvogels, kleine zoogdieren	<i>Aedes</i> , <i>Culex</i>
Snowshoe hare	exoot		
Flavivirus (Flaviviridae)			

Virus	Inheems/exoot in west-Europa	Reservoir	Tussengastheer (alleen de Europese genera)
West-Nijl	exoot/inheems (Afrika, Azië, Amerika en in Europa: Roemenië, Rusland)	vogels, mensen	<i>Culex</i> , <i>Aedes</i> , <i>Anopheles</i> , <i>Ccquilettidia</i>
Dengue (knokkelkoorts)	exoot (tropisch Afrika, Amerika, Azië en 1-maal endemisch in Griekenland in 1928)	apen, mensen	<i>Aedes</i> (<i>aegypti</i> , <i>albopictus</i>)
Gele koorts (Europees?)	exoot (tropisch Afrika, Z. Amerika)	apen, steekmuggen	<i>Aedes</i> (<i>aegypti</i>)
Japanse encephalitis	exoot (ZO Azië, Australië)	gewervelden, steekmuggen	<i>Aedes</i> , <i>Anopheles</i> , <i>Culex</i>
Usutu (alleen op dieren)	exoot/inheems		
Togavirus (Togaviridae)			
Chikungunya	exoot (tropisch Afrika, Azië)	apen, mensen	<i>Aedes</i>
Ross river	exoot (Australië, zuidelijke Pacific)	allerlei	<i>Culicidae</i>
Equine encefalitis	exoot (Amerika, Azië)	paarden, vogels	<i>Aedes</i> , <i>Culex</i>
Reoviridae			
blauwtongvirus (catarrhaalkkoorts)	exoot/inheems sinds 2006	herkauwers	<i>Culicoides</i>
paardenpest (Orbivirus)	exoot (Afrika, Spanje 1996)	paarden	<i>Culicoides</i>

In tabel 5.2 zijn de medisch belangrijke pathogenen per soort opgesomd.

Tabel 5.2: De belangrijkste pathogenen die per steekmugsoort worden overgedragen (██████ et al. 2001, ██████ et al. 2010, ██████ et al. 2013, ██████ 2019, ██████ et al. 2019).

Soort	Vector
<i>Aedes albopictus</i>	Chikungunya*, Dengue* ¹ , West Nile* ¹ , Usutu, Zika*
<i>Aedes annulipes</i>	Myxomatosis, Tahyna, West Nile
<i>Aedes cantans</i>	Myxomatosis, Tahyna, West Nile
<i>Aedes caspius</i>	Myxomatosis, Tahyna, Tularemia, West Nile, <i>Dirofilaria immitis</i> *, <i>Dirofilaria repens</i> *
<i>Aedes cinereus</i>	Sindbis, Tahyna, Tularemia, West Nile
<i>Aedes communis</i>	Batai, Inkoo, Tularemia, Tahyna*
<i>Aedes detritus</i>	<i>Dirofilaria repens</i> , Myxomatosis, Chikungunya*, Dengue*, West Nile*, Usutu
<i>Aedes dorsalis</i>	California encephalitis, St. Louis encephalitis, Tularemia, Western equine encephalitis, Japanese Encephalitis*, West Nile ¹
<i>Aedes flavescens</i>	Tahyna*, Tularemia*
<i>Aedes geminus</i>	West Nile
<i>Aedes geniculatus</i>	Tularemia, West Nile, Yellow fever*, Chikungunya*
<i>Aedes j. japonicus</i>	Japanese encephalitis, West Nile ¹ , La Crosse*, Chikungunya*, Dengue*, Eastern equine encephalitis*, St. Louis encephalitis*, Zika*
<i>Aedes koreicus</i>	Chikungunya*
<i>Aedes leucomelas</i>	
<i>Aedes nigritus</i>	
<i>Aedes punctator</i>	Inkoo, Tularemia, Tahyna*, West Nile*
<i>Aedes riparius</i>	
<i>Aedes rostratus</i>	West Nile
<i>Aedes rusticus</i>	
<i>Aedes sticticus</i>	Inkoo, Tahyna, West Nile, Zika*
<i>Aedes vexans</i>	California encephalitis, <i>Dirofilaria immitis</i> , Eastern equine encephalitis, Lednice, Rift valley fever, Tahyna, Tularemia, Western Equine Encephalitis, West Nile ¹ , Usutu, Chikungunya*, Zika ¹
<i>Anopheles claviger</i>	Anaplasmosis, Batai, <i>Dirofilaria immitis</i> , Malaria, <i>Setaria labiatopapillosa</i> , Tahyna, Tularemia, West Nile, Myxomatosis*
<i>Anopheles maculipennis s.l.</i>	Batai, <i>Dirofilaria immitis</i> , Malaria, Tahyna, Myxomatosis, Tularemia, West Nile, Chikungunya*, Usutu
<i>Anopheles plumbeus</i>	Malaria, <i>Dirofilaria immitis</i> *, West Nile

<i>Coquillettidia richiardii</i>	Batai, Omsk haemorrhagic fever, Tahyna, West Nile
<i>Culex modestus</i>	Dirofilaria immitis, Lednice, Sindbis, Tahyna, Tularemia, West Nile Myxomatosis
<i>Culex pipiens</i>	Avian malaria, Batai, Sindbis, Usutu, West Nile, <i>Dirofilaria immitis</i> *, Tahyna*, Zika*
<i>Culex territans</i>	Batrachian filariasis
<i>Culex torrentium</i>	Sindbis, Zika*, West Nile*, Usutu
<i>Culiseta annulata</i>	Avian malaria, Tahyna, Myxomatosis*, Usutu, West Nile
<i>Culex europaeus</i>	Usutu, West Nile
<i>Culex torrentium</i>	West Nile*
<i>Culiseta fumipennis</i>	
<i>Culiseta morsitans</i>	Sindbis, West Nile
<i>Culiseta ochroptera</i>	Sindbis
<i>Uranotaenia unguiculata</i>	West Nile

Legenda: * = op basis van laboratoriumonderzoek; ¹ = niet in Europa

5.2 Malaria in Nederland

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 (██████ 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 vermeerderd 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 (██████ 1969).

Het aantal meldingen van malaria in Nederland is van 569 in 2001 naar 210 in 2007 teruggelopen en betrof meestal besmettingen opgelopen in Ghana en Nigeria (██████ et al. 2008), en liep tot 2020 verder terug naar iets meer dan 50 (██████ et al. 2021). 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. (██████ 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.

5.3 Enkele meest bekende steekmug gerelateerde pathogenen

Na de uitroeiing van malaria eind jaren 1950 tot enkele jaren voor de eeuwwisseling, werden ziekten die door steekmuggen worden overgebracht niet gezien als een probleem voor de volksgezondheid in Europa. In de afgelopen decennia is deze situatie aan het veranderen. Tussen 1996 en 1998 zijn er ernstige uitbraken van het West-Nijlvirus in Roemenië, Rusland, Italië en Israël geweest en sindsdien circuleert het West-Nijlvirus regelmatig in verschillende Europese landen. Tussen 2009-2014 had Griekenland te maken met malaria. In 2009 werden de eerste gevallen van Usutuvirusinfecties beschreven in Italië. Daarnaast hebben er zich enkele uitbraken voorgedaan ten gevolge van de vestiging van uitheemse steekmuggen in Europa: dengue in Madeira (2012), Frankrijk (2010, 2014), Kroatië (2010) en Chikungunya in Italië (2009) en Frankrijk (2010) (■■■■■ 2016). Beide laatste ziektes zijn het meest belangrijk en worden door uitheemse soorten overgedragen. Knutten dragen overigens geen humane ziekten over, wel op herkauwers en paarden zoals blauwtong, Schmallenberg, akabane, Afrikaanse-paardenpest en equine encephalose.

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 kruisimmunitet 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 kwam 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 Filipijnen en Noordoost-Australië is de ziekte endemisch. Dengue was eenmaal endemisch in Europa (Griekenland 1928: ■■■■■ 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 (■■■■■ et al. 2004). In Europees (of continentaal) Nederland komt dengue alleen voor als importziekte. Door de wereldwijde toename in dengue neemt de kans toe dat reizigers terugkomen met een denguevirusinfectie (<https://www.rivm.nl/dengue>).

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* (tjergmug). 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 (In Europa wordt lokale verspreiding van Chikungunyavirus beschreven in Italië (2007, 2017) en (Zuid-)Frankrijk (2011, 2017) (■■■■■ et al. 2008). In Nederland zijn er tot nu toe alleen importgevallen van Chikungunya bekend. Doordat de Aziatische tjergmug (*Ae. albopictus*) zich hier tot nu toe niet heeft blijvend gevestigd, is het risico op lokale transmissie voornamelijk zeer beperkt (<https://www.rivm.nl/chikungunya>).

West Nijl Virus (WNV)

Het West-Nijlvirus wordt overgebracht door huissteekmuggen en maakt vooral onder vogels slachtoffers, maar treft ook zoogdieren (vooral paarden) inclusief de mens. Bij de mens verloopt 80% van de WNV-infecties asymptomatisch; 20% krijgt milde symptomen zoals koorts of een griepachtig ziektebeeld en eventueel huiduitslag. In 1% van de gevallen kan de infectie leiden tot neurologische verschijnselen zoals (meningo-)encefalitis, meningitis of myelitis zich manifesterend als acute slappe verlamming. WNV verspreidt zich via WNV-positieve steekmuggen naar zoogdieren, waaronder de mens. Verspreiding kan ook plaatsvinden via WNV-positief bloed. Na de vondst van de eerste Nederlandse patiënten (oktober 2020) werden door Sanquin Bloedvoorziening maatregelen genomen, waaronder het screenen van bloed van donors afkomstig uit en/of donerend in de gebieden waar WNV is aangetroffen (■■■■■ et al. 2021).

Zika

Het zikavirus wordt verspreid in (sub)tropische gebieden door de gelekoortsmug of denguemug (*Aedes aegypti*). De ziekte (zikakoorts) verloopt meestal vrij mild. De meeste mensen krijgen helemaal geen

klachten. Wel is inmiddels wetenschappelijk bewezen dat een infectie tijdens de zwangerschap schadelijk kan zijn voor het ongeboren kind (RIVM website). Het zikavirus komt al langer voor in Afrika, Azië en de landen in en rond de Indische Oceaan. In Midden- en Zuid-Amerika, het zuidelijke deel van Noord-Amerika en het Caribisch gebied was in 2015 en 2016 een zeer grote uitbraak van het zikavirus. In 2019 is deze grote uitbraak vrijwel over. Daarmee is het risico om besmet te worden door het zikavirus sterk afgenomen. In Nederland zijn er tot nu toe alleen importgevallen van zikavirusinfectie bekend. Omdat de gelekoorts- of denguemug niet van nature voorkomt in Nederland, is de kans op verspreiding van het zikavirus te verwaarlozen.

5.4 Samenvatting stekende insecten en ziekten

Bloedzuigende of -stekende insecten kunnen ziektekiemen zoals virussen, bacteriën, protozoa en nematoden, overdragen. Welke ziekten worden overgedragen hangt af van de soort steekmug of knut en ziektekiem. Niet iedere soort kan elke ziekte overdragen, integendeel, dat is redelijk beperkt. Alleen steekmuggen die besmet zijn geraakt en ziektekiemen dragen kunnen mensen ziek maken. De kans dat steekmuggen in Nederland ziekteverwekkers overdragen op mensen is echter zeer klein. Omdat in Nederland geen knokkelkoorts (dengue), Chikungunya en Zika voorkomt, kunnen de steekmuggen deze ziekten ook niet overdragen op de mens. Het West Nijl virus wordt overgedragen door huissteekmuggen en is sinds 2020 enkele malen in Nederland aangetroffen. Malaria wordt wel regelmatig in Nederland als ziekte gediagnosticeerd maar het gaat dan om mensen die de ziekte in (sub)tropen hebben opgelopen. De kans op vestiging en overdracht in Nederland is nihil.

6 Literatuur

- [redacted] (2014). Herstelstrategie H6120: Stroomdalgraslanden Herstelstrategie H6120: Stroomdalgraslanden. In: [redacted] (red.) (2014) Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats. Ecologische onderbouwing van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS). Deel II Herstelstrategieën voor stikstofgevoelige habitats. Alterra Wageningen UR & Programmadirectie Natura 2000 van het Ministerie van Economische Zaken, Nederland.
- [redacted] (1959). The Tahyna Virus-a Virus isolated from Mosquitoes in Czechoslovakia. *Journal of Hygiene, Epidemiology, Microbiology and Immunology*, 3(3), 264-76.
- [redacted] (1959). The Tahyna Virus-a Virus isolated from Mosquitoes in Czechoslovakia. *Journal of Hygiene, Epidemiology, Microbiology and Immunology*, 3(3), 264-76.
- [redacted], [redacted], [redacted], [redacted], [redacted], [redacted], [redacted] (2003). Mosquitoes and their control. Kluwer Academic/Plenum, Publishers, New York
- [redacted] (1989). Life strategies of mosquitoes as an adaptation to their habitats. *Bulletin of the Society of Vector Ecologists*, 14(1), 6-25.
- [redacted] (1997). Microbial control of mosquitoes: management of the Upper Rhine mosquito population as a model programme. *Parasitology Today*, 13(12), 485-487.
- [redacted] (2020). Biology of mosquitoes. In Mosquitoes (pp. 11-27). Springer, [redacted]. (1983). Mosquito control in West Germany. *Bulletin of the Society of Vector Ecologists*, 8(2), 85-93.
- [redacted] (2010). Mosquitoes and their control. Springer Science & Business Media.
- [redacted] (2007). Spread of the tiger: global risk of invasion by the mosquito *Aedes albopictus*. *Vector-borne and zoonotic Diseases*, 7(1), 76-85.
- [redacted] (2011). The flight distances of floodwater mosquitoes (*Aedes vexans*, *Ochlerotatus sticticus* and *Ochlerotatus caspius*) in Osijek, Eastern Croatia. *Biologia*, 66(4), 678-683. RIVM 2016-0004. 80 pp.
- [redacted] (2016). Bestrijding van inheemse muggen in Nederland: Mogelijkheden en uitdagingen.
- [redacted] (1980). Dispersal behavior of adult *Aedes sticticus* and *Aedes vexans* (Diptera: Culicidae) in Manitoba. *The Canadian Entomologist*, 112(1), 31-42.
- [redacted] (2011). First report in Italy of the exotic mosquito species *Aedes* (Finlaya) *koreicus*, a potential vector of arboviruses and filariae. *Parasites & vectors*, 4(1), 1-5.
- [redacted] (2011). The biology of mosquitoes: viral, arboviral and bacterial pathogens (Vol. 3). Cabi.
- [redacted] (1977). Two more mosquito species proved as vectors of Tahyna virus in Czechoslovakia. *Folia parasitologica*, 24(2), 187-189.
- [redacted] (2000), 'Arthropod Transmission of Vertebrate Parasites', in *Medical Entomology*, eds. B.F. Eldridge and J.D. [redacted], Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, pp. 51-163.
- [redacted] (1981). Temperature requirements for the development of *Dirofilaria immitis* in *Aedes triseriatus* and *Ae. vexans*. *Mosquito News*, 41(4), 625-633.
- [redacted] (1981). Temperature requirements for the development of *Dirofilaria immitis* in *Aedes triseriatus* and *Ae. vexans*. *Mosquito News*, 41(4), 625-633.
- [redacted] Stechmückenbrutplätze im Naturschutzgebiet "Kühkopf knoblochsauce". Untersuchungen zur Begleitfauna, Möglichkeiten einer Minderung der Stechmückenplage. *Natur und Landschaft* 56 (3), 80-84.
- [redacted] (2021). Staat van infectieziekten in Nederland. RIVM. RIVM-rapport 2021-0208. 56pp.
- [redacted] 2004. Zoonoses in Europe: a risk to public health. National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, The Netherlands. 112 pp.
- [redacted] (1950). Studies on *Aedes vexans* (Meig.) and *Aedes sticticus* (Meig.), flood-water mosquitoes, in the lower Columbia River Valley. *Annals of the Entomological Society of America*, 43(2), 262-275.

- ██████████ 1978. Rheinschnaken (Culiciden) Bekämpfung in rechtsseitiges Rheintal zwischen Karlsruhe und Mannheim im Jahr 1977 Culiciden Brutplätze. Veröff. Naturschutz Landschaftsplege Bad Württ. 47/48, 433-441.
- ██████████ (1980). Natural transmission of *Dirofilaria immitis* by *Aedes vexans*. American journal of veterinary research, 41(8), 1253-1255.
- ██████████ (1980). Natural transmission of *Dirofilaria immitis* by *Aedes vexans*. American journal of veterinary research, 41(8), 1253-1255.
- ██████████ (1973). The bionomics and embryology of the inland floodwater mosquito, *Aedes vexans*. Urbana, IL: Univ. Illinois Press
- ██████████ (2014). Herstellstrategie H91F0: Droge hardhoutooibossen Herstellstrategie H91F0: Droge hardhoutooibossen. In: ██████████ ██████████ (red.) (2014) Herstellstrategieën stikstofgevoelige habitats. Ecologische onderbouwing van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS). Deel II Herstellstrategieën voor stikstofgevoelige habitats. Alterra Wageningen UR & Programmadirectie Natura 2000 van het Ministerie van Economische Zaken, Nederland.
- ██████████ (2019). Geospatial risk analysis of mosquito-borne disease vectors in the Netherlands. Wageningen University and Research.
- ██████████ 1980. Die Dezimierung von Stechmücken mit landschaftsgestaltenden Massnahmen am Beispiel eines (West)Berliner Feuchtgebietes. Natur und Landschaft 55 (7 8), 291 295.
- ██████████ 1999. Mosquito-Borne Viruses in Western Europe: A Review. J. Vector Ecol. 24(1):1-39.
- ██████████ (2021). Ecology, behaviour and area-wide control of the floodwater mosquito *Aedes sticticus*, with potential of future integration of the sterile insect technique. In Area-Wide Integrated Pest Management (pp. 433-459). CRC Press.
- ██████████ (2019). Mosquitoes of north-western Europe as potential vectors of arboviruses: a review. Viruses, 11(11), 1059.
- ██████████ (2012). A review of the invasive mosquitoes in Europe: ecology, public health risks, and control options. Vector-borne and zoonotic diseases, 12(6), 435-447.
- ██████████ (2007). Possible ecology and epidemiology of medically important mosquito-borne arboviruses in Great Britain. Epidemiology & Infection, 135(3), 466-482.
- ██████████ (2007). Possible ecology and epidemiology of medically important mosquito-borne arboviruses in Great Britain. Epidemiology & Infection, 135(3), 466-482.
- ██████████ (2007). Possible ecology and epidemiology of medically important mosquito-borne arboviruses in Great Britain. Epidemiology & Infection, 135(3), 466-482.
- ██████████ (2001). Population dynamic of *Aedes vexans* and *Ochlerotatus sticticus* in flooded areas of the River Drava in Osijek, Croatia. Journal of the American Mosquito Control Association, 17(4), 275-280.
- ██████████ (2002). Isolation and genetic characterization of Rift Valley fever virus from *Aedes vexans arabiensis*, Kingdom of Saudi Arabia. Emerging infectious diseases, 8(12), 1492.
- ██████████ (2002). Isolation and genetic characterization of Rift Valley fever virus from *Aedes vexans arabiensis*, Kingdom of Saudi Arabia. Emerging infectious diseases, 8(12), 1492.
- ██████████ (2001). The effect of floods on the development of mosquito populations in the middle and lower river Morava Regions. Acta Universitatis Carolinae Biologica, 45(1), 139-146.
- ██████████ (2018). West Nile virus and other mosquito-borne viruses present in Eastern Europe. Pathogens and global health, 112(5), 233-248.
- ██████████ (2018). West Nile virus and other mosquito-borne viruses present in Eastern Europe. Pathogens and global health, 112(5), 233-248.
- ██████████ (2009). *Aedes albopictus*, an arbovirus vector: from the darkness to the light. Microbes and infection, 11(14-15), 1177-1185.
- ██████████ van 2008. Staat van infectieziekten in Nederland. RIVM, Bilthoven. Rapport 210211004. 52 pp.
- ██████████ (2006). Different responses of two floodwater mosquito species, *Aedes vexans* and *Ochlerotatus sticticus* (Diptera: Culicidae), to larval habitat drying. Journal of Vector Ecology, 31(1), 123-128.

- ████████████████████ (2008). Comparison of mosquito (Diptera: Culicidae) populations by wetland type and year in the lower River Dalälven region, Central Sweden. *Journal of Vector Ecology*, 33(1), 150-157.
- ████████████████████ (2001). Les moustiques d'Europe: logiciel d'identification et d'enseignement= The mosquitoes of Europe: an identification and training programme.
- ████████████████████ (2007). 14. Waiting for the tiger: establishment and spread of the *Aedes albopictus* mosquito in Europe. *Emerging pests and vector-borne diseases in Europe*, 1, 241.
- ████████████████████ (2009). First report of a North American invasive mosquito species *Ochlerotatus atropalpus* (Coquillett) in the Netherlands, 2009. *Eurosurveillance*, 14(45), 19400.
- ████████████████████ 1971. Conservation and the Control of Biting Flies in Temperate Regions. *Biological Cons.* 3 (2), 113-122.
- ████████████████████ 1969. The disappearance of malaria in the Netherlands. Thesis Universiteit van Amsterdam, Amsterdam. 86 pp.
- ████████████████████ 2008. Autochthonous chikungunya virus transmission may have occurred in Bologna, Italy, during the summer 2007 outbreak. *Eurosurveillance* 13, 3: 8015.
- ████████████████████ (2012). Mosquitoes (Diptera, Culicidae) of the Morava River floodplain, Slovakia. *Open Life Sciences*, 7(5), 917-926.
- ████████████████████ (1980). Stimuli affecting selection of oviposition sites by *Aedes vexans* (Diptera: Culicidae): moisture. *Mosq News*, 40(236), 45.
- ████████████████████ 1999. Malariamuggen en het risico voor terugkeer van malaria in de Rijn-Maas delta. Wageningen Universiteit en Research Centrum. 47 pp.
- ████████████████████ (1970). Effect of constant temperature on the larval development of *Aedes vexans* (Diptera: Culicidae) 1. *The Canadian Entomologist*, 102(8), 1048-1051.
- ████████████████████ (2021). Identification, surveillance and management of *Aedes vexans* in a flooded river valley in Nottinghamshire, United Kingdom. *Journal of the European Mosquito Control Association*, 39(1), 15-25.
- ████████████████████ (2009). Verkenning van de steekmuggen-en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting (No. 1856). Alterra.
- ████████████████████ (2012). Leidraad risicomanagement overlast steekmuggen en knutten: toelichting op de leidraad (No. 2298). Alterra.
- ████████████████████ (2014). Flight distance of mosquitoes (Culicidae): a metadata analysis to support the management of barrier zones around rewetted and newly constructed wetlands. *Limnologica*, 45, 69-79.
- ████████████████████ (2013). Nationwide inventory of mosquito biodiversity (Diptera: Culicidae) in Belgium, Europe. *Bulletin of Entomological Research*, 103(2), 193-203.
- ████████████████████ (1970). Eggs of floodwater mosquitoes XII. Installment hatching of *Aedes vexans* (Diptera: Culicidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 63(6), 1644-1647.
- 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.