

Geautomatiseerde langetermijnregistratie van vleermuisactiviteit in Fort Steendorp (Vlaanderen, België)

Alex Lefevre¹, Ludo Holsbeek², Arno Thomaes^{1,3}, Anne-Jifke Haarsma⁴
& Joris Goossens⁵

¹Natuurpunt vzw, Vleermuizenwerkgroep, Coxiestraat 11, 2800 Mechelen, België,
e-mail: vleermuizenalex@yahoo.com

²Vlaamse Overheid, Departement Omgeving, Koning Albert II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel, België

³Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO), Havenlaan 88 bus 73, 1000 Brussel, België

⁴Afdeling Dierecologie en Fysiologie, Radboud Instituut voor Biologische en Milieuwetenschappen (RIBES),
Radboud Universiteit, Postbus 9010, 6500 GL Nijmegen, Nederland

⁵Vlaams Agentschap voor Natuur en Bos (ANB), VAC Brussel - Herman Teirlinck, Havenlaan 88 bus 75,
1000 Brussel, België

Samenvatting: Fort Steendorp (ten oosten van Temse, Oost-Vlaanderen, België) is een groot voormalig militair bakstenen fort, dat tegenwoordig een van de belangrijkste overwinteringsplaatsen voor vleermuizen is in Vlaanderen, België. Het fort maakt deel uit van twee 19^{de} en vroeg 20^{ste} eeuwse verdedigingsgordels van versterkingen rond de stad en de haven van Antwerpen. In 1989 werd hier gestart met gestandaardiseerde wintertellingen. Van 1999 tot 2022 varieerde het totale aantal overwinterende vleermuizen tussen 734 en 1209, voor in totaal acht soorten. Watervleermuis (*Myotis daubentonii*) is nog steeds de meest voorkomende soort, maar hun aantal is sterk afgenomen. Tot 2006/2007 maakte watervleermuis 90% uit van alle vleermuizen. Meer recent daalde dat percentage naar 50-60%. Vleermuizen zijn vaak moeilijk te detecteren tijdens hun winterslaap, waardoor visuele tellingen slechts een deel van het werkelijke aantal overwinterende vleermuizen vertegenwoordigen. Om het aandeel vleermuizen dat bij visuele tellingen wordt gemist te kwantificeren, werd een geautomatiseerd experiment voor het tellen van vleermuizen opgezet met gebruik van een infrarood lichtbarrière, die de vleermuisactiviteit en bewegingen naar binnen en naar buiten registreert in het afgeschermd deel, de gangen van het 'reduit' van Fort Steendorp. Door het hele jaar door gegevens te verzamelen, konden we ook vleermuisactiviteitsgegevens verzamelen buiten het winterslaapseizoen. Een belangrijk verschil met de visuele telmethode is dat het met dit soort geautomatiseerd vleermuisonderzoek niet mogelijk is om ook de soort te bepalen. Dit artikel presenteert de gegevens van vier opeenvolgende jaren, te beginnen vanaf april 2014. We observeerden twee uitgesproken periodes van hoge activiteit in Fort Steendorp. Een eerste piek van activiteit (bewegingen in en uit het portaal van de infrarood lichtbarrière) werd waargenomen vanaf de tweede helft van mei tot de eerste helft van juni (gemiddeld 1000 vleermuizen passeren het portaal per nacht). Dit viel samen met de voorjaarszwerm-/paarperiode van de meeste vleermuissoorten. Een nog meer opvallende toename van de activiteit in en uit de gangen van het *reduit* was te zien van half augustus tot in oktober, voorafgaand aan de winterslaap ('herfstsmermen', met een gemiddelde van 5000 vleermuispassages per nacht). Vanaf half oktober vond er een netto verplaatsing van vleermuizen naar het studiegebied plaats, met een geleidelijke toename van vleermuizen die in winterslaap gingen. In de studieperiode (2014-2018) bleken tussen 1761 en 2066 vleermuizen te overwinteren in het afgeschermd deel van het *reduit*. Bij het vergelijken

© 2022 Zoogdiervereniging. Lutra articles also on the internet: <http://www.zoogdiervereniging.nl>

van visuele tellingen met portaalgegevens van infrarood lichtbarrières, waarbij voor beide hetzelfde telgebied en dezelfde onderzoeksperiode werden aangehouden, bleek dat slechts 37% van de waargenomen totale vleermuispopulatie visueel was waargenomen. Dit cijfer geeft aan dat ongeveer tweederde van de vleermuizen overwinteren in de voor ons ontoegankelijke ‘watergangen’, of weggekropen zijn in kieren en spleten en zo onopgemerkt blijft bij een visuele telling. Ten tweede laten onze resultaten zien dat winterslaap geen continu, ononderbroken proces is. Vanaf december, vóór het koudste deel van de winter, trekken vleermuizen uit het studiegebied, vermoedelijk naar andere delen van het fort, hoewel de omstandigheden voor winterslaap in andere delen van het fort waarschijnlijk niet gunstiger zijn. We kunnen niet met volledige zekerheid bepalen wanneer vleermuizen Fort Steendorp definitief verlaten en daarmee hun winterslaap beëindigen, maar in de laatste week van maart hadden alle overwinterende vleermuizen het studiegebied verlaten, en bij aanname dus ook Fort Steendorp. Er was weinig tot geen activiteit tot het lentezwermen in mei en juni. Daarna daalde de activiteit in en rond de infrarood lichtbarrière tot augustus weer tot bijna nul. Dit artikel levert sterk bewijs dat voor complexe vleermuishibernacula, met veel spleten en ontoegankelijke of verborgen schachten en gangen, het werkelijke aantal overwinterende vleermuizen veel hoger is dan de visueel getelde aantallen. Dit heeft minstens voor grote bakstenen winterverblijven zoals Fort Steendorp belangrijke gevolgen voor vleermuisbeschermingsinspanningen op locaties met een grote waarde voor vleermuizen. Wanneer bij jaarlijkse tellingen ongeveer 1000 vleermuizen in Fort Steendorp worden gezien, zal het werkelijke aantal overwinterende vleermuizen dichterbij 3000 liggen, wat het belang van een object voor het behoud van vleermuizen vergroot. Piekactiviteiten op locaties als deze in mei-juni en augustus-november leiden tot de conclusie dat voor een optimale bescherming van vleermuizen beschermingsmaatregelen niet beperkt mogen blijven tot alleen de periode van winterslaap.

Trefwoorden: geautomatiseerde monitoring, winterslaap, vleermuisactiviteit, ondergrondse locaties, fortificatie.

Inleiding

In gematigde streken moeten vleermuizen vanwege een beperkte beschikbaarheid van voedsel een winterslaap houden om zo energie te besparen. Studies in zowel Nederland als België (Daan 1980, Dekeukeleire et al. 2011, van Schaik et al. 2015, Boeraeve et al. 2019) hebben het belang van hibernacula ook in de herfst, lente en zelfs de zomer aangetoond. De meeste langetermijnmonitoringprogramma's voor vleermuispopulaties zijn gebaseerd op één of meer tellingen van overwinterende dieren in overwinteringsobjecten (Daan 1980, Voûte & Sluiter 1980, Kervyn et al. 2009, Haysom et al. 2013). Deze jaarlijkse tellingen gebeuren door visueel elke waargenomen vleermuis te registreren.

In de herfst verzamelen vleermuizen zich rond ondergrondse locaties om te zwermen. Aangenomen wordt dat het zwermgedrag in de herfst, voorafgaand aan de winterslaap, voornamelijk gelinkt is aan paringsgedrag

(Saucy 2019), al zou er ook een verband kunnen zijn met het zoeken en beoordeling van de hibernacula (van Schaik et al. 2015). Verschillende auteurs (Degn et al. 1995, Encarnaçao 2005, Furmankiewicz 2008) hebben ook in het voorjaar zwermgedrag waargenomen bij de gewone grootoorvleermuis (*Plecotus auritus*) en de watervleermuis (*Myotis daubentonii*). Winterstudies met geringde vleermuizen hebben grote interne migraties binnen mergelgroeven aangetoond (de Wilde & van Nieuwenhoven 1954, Punt 1957). Het lijkt erop dat vleermuizen van veel soorten tijdens de winterslaap wakker worden en zich binnen of zelfs tussen overwinteringsplaatsen verplaatsen, volgens één hypothese als reactie op kleine veranderingen in de omgevingstemperatuur in het winterverblijf, en afhankelijk van de buitentemperatuur (Daan 1973, Ransome 1990). In de jaarlijkse vleermuismeetnetten in forten wordt zelden rekening gehouden met bewegingen van vleermuizen in de herfst, lente en zelfs in de zomer; dit kan lei-

den tot een onderschatting van het totale aantal vleermuizen en het belang van sommige locaties voor vleermuizen (Kugelschafter 1994). Daarnaast verschillen forten in grootte, aantal ingangen en de aanwezigheid van verborgen ruimtes die niet toegankelijk en/of niet zichtbaar zijn voor onderzoekers. Tot op heden ontbreekt het ons aan kennis over het seizoensgebonden gebruik van forten door vleermuizen gedurende het hele jaar, over de dagelijkse activiteit tijdens de zwermperiode en hoe dit zich verhoudt tot de buitentemperatuur. Bovendien is toegang tot de meeste forten alleen toegestaan met speciale toestemming van het Agentschap voor Natuur & Bos (Brussel, België), omdat moet kunnen gegarandeerd worden dat dergelijke bouwwerken stabiel en veilig zijn. Deze veiligheidsbeperkingen zullen naar verwachting het aandeel niet opgemerkte dieren in de tellingen doen toenemen. Andere technieken voor het monitoren van vleermuispopulaties en het bepalen van het belang van deze forten voor vleermuizen kunnen daarom belangrijke bijkomende informatie aanleveren

Onderzoek dat werd voorgesteld tijdens de eerste Europese workshop over de automatische monitoring van vleermuisverblijven (First European workshop on the Automatic Monitoring of Bat Roosts), gehouden in Bad Segeberg (Duitsland), toonde aan dat het gebruik van infrarood lichtbarrières onze kennis over hibernacula vergroot (Jansen et al. 2014). Het verborgen aandeel overwinterende vleermuizen varieert tussen 22% tot 99% (de Rue & Daan 1972, Kugelschafter 1994, Degen et al. 1995, Jansen et al. 2014).

Dit artikel beschrijft de vleermuisactiviteit gedurende het hele jaar in een afgesloten deel van een fort, door netto vliegbewegingen te registreren met behulp van een geautomatiseerde infrarood lichtbarrière. Daarnaast proberen we het aantal visueel getelde vleermuizen te vergelijken met het aantal door middel van een geautomatiseerd systeem geregistreerde vleermuizen. Tenslotte onderzoeken we het seizoensgebonden gebruik van onder-

grondse structuren door vleermuizen over een periode van een jaar, en hoe dit is gerelateerd aan de buitentemperaturen. De relevantie van het gebruik van een geautomatiseerde infrarood lichtbarrière voor vleermuisbescherming wordt ook besproken.

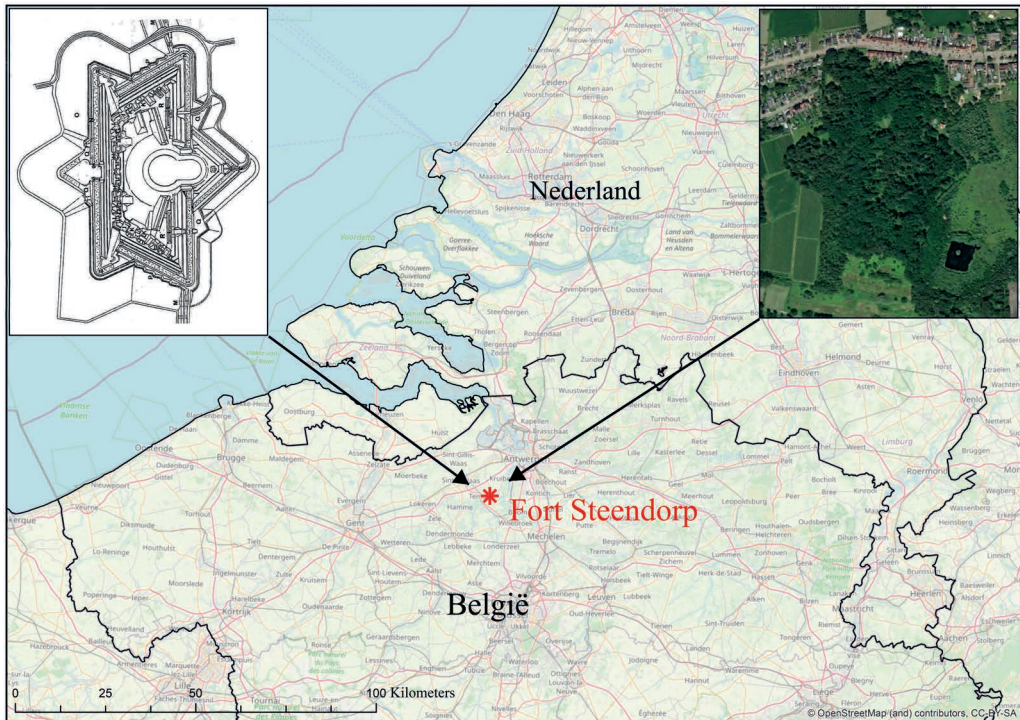
Materiaal en methoden

Studiegebied

Bij afwezigheid van natuurlijke grotten, bieden ondergrondse en kunstmatige bouwwerken (groeven, militaire forten, ijskelders, enz.) in gematigde streken omgevingscondities die geschikt zijn voor overwinterende vleermuizen. Rond de stad en de haven van Antwerpen bevinden zich nog 35 forten uit de 19^{de} begin 20^{ste} eeuw die behoren tot twee verdedigingsgordels van fortificaties. In Vlaanderen worden, net als in de rest van de EU, de meeste grote overwinteringsverblijven voor vleermuizen beschermd door nationale, regionale en/of EU-wetgeving.

Fort Steendorp (51.1269°N 4.2561°E, Temse, België) is een van de meest belangrijke overwinteringsplaatsen voor vleermuizen in Vlaanderen. De eerste pogingen om vleermuizen ter plaatse te beschermen dateren van 1978 met een overeenkomst tussen de toenmalige eigenaar, het Ministerie van Defensie, en het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen. Vanaf 1989 werd begonnen met de eerste gestandaardiseerde wintertellingen. Door het geleidelijk afsluiten van de toegang tot de ondergrondse bouwwerken nam de populatie overwinterende vleermuizen gestaag toe. Het gebied kreeg in 1995 een hogere beschermingsstatus als 'natuurlandschap'. Na verwerving door de Vlaamse Overheid in 2001 werd de locatie Fort Steendorp door het Vlaams Agentschap voor Natuur en Bos aangemeld en aangewezen als Natura 2000-gebied.

Fort Steendorp is een groot, stervormig, bakstenen bouwwerk gebouwd tussen 1882 en



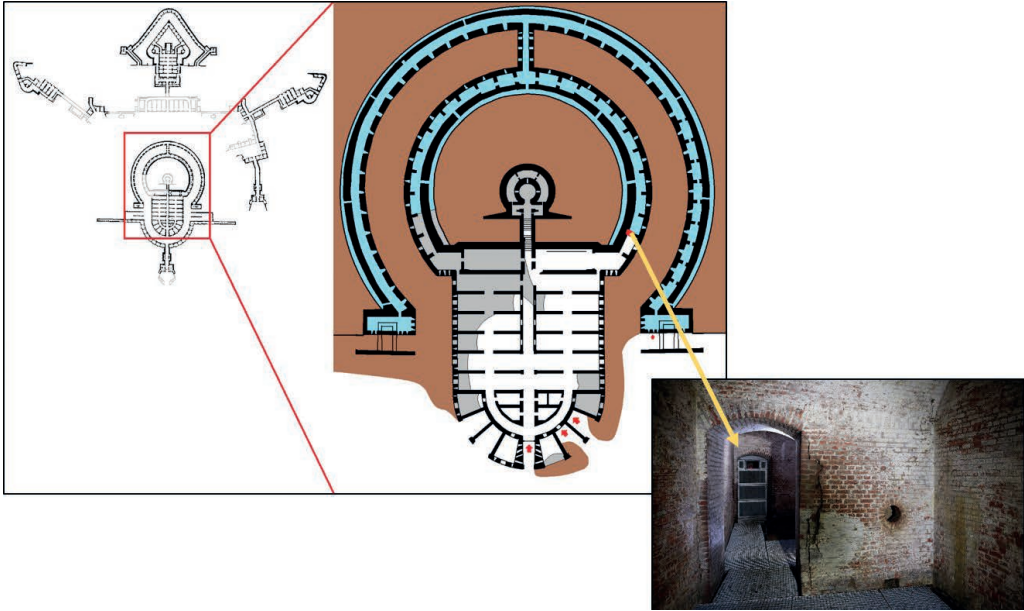
Figuur 1. Locatie van het stervormige Fort Steendorp, Temse Oost-Vlaanderen België, met een buitenste aarden wal, droge gracht en bakstenen constructies. Bron: ANB ; inham: Geopunt Vlaanderen.

1892 en beslaat een oppervlakte van ongeveer 20 hectare. Het is een van de grootste militaire verdedigingswerken die ooit in België zijn gebouwd. Het is een zeer complex bouwwerk van bakstenen hallen, kamers en gangen, kanon-koepelstructuren versterkt met beton en bedekt met een laag aarde. De bakstenen die werden gebruikt om de structuur te bouwen, zijn lokaal geproduceerde traditionele roodgebakken bakstenen. Het fort was omgeven door een droge gracht, met uitzicht op de Schelde, 15 km van de stad Antwerpen (figuur 1) (Colaes & Gils 1991, Gils 2000). Fort Steendorp maakte deel uit van een door de EU medegefinancierde LIFE-project 'BatAction' dat liep van 2006 tot 2011 (Verwimp 2006). Het ontwerp van het bakstenen fort is heel anders dan dat van alle andere forten rond Antwerpen. De meeste forten bestaan uit betonnen constructies en een beperkt aantal bakstenen, en zijn boven de grond gebouwd.

Fort Steendorp is in de loop van de geschiedenis zwaar beschadigd door verschillende grote explosies, veroorzaakt door terugtrekkende Belgische of buitenlandse troepen. Door een gebrek aan onderhoud na 1945 raakte het fort steeds verder in verval. De locatie evolueerde op natuurlijke wijze en werd gedeeltelijk beplant wat resulteerde in de nu bosachtige omgeving. Een aantal ondergrondse kamers, gangen en dienstgangen evolueerden in de loop van de tijd tot vochtige, gedeeltelijk overstromde ruimtes, waardoor de condities zeer geschikt werden voor de overwintering van vleermuizen.

Registratie van activiteit met gebruik van een infrarood lichtbarrière

Dit onderzoek werd uitgevoerd in het centraal gelegen extra versterkte deel van het fort



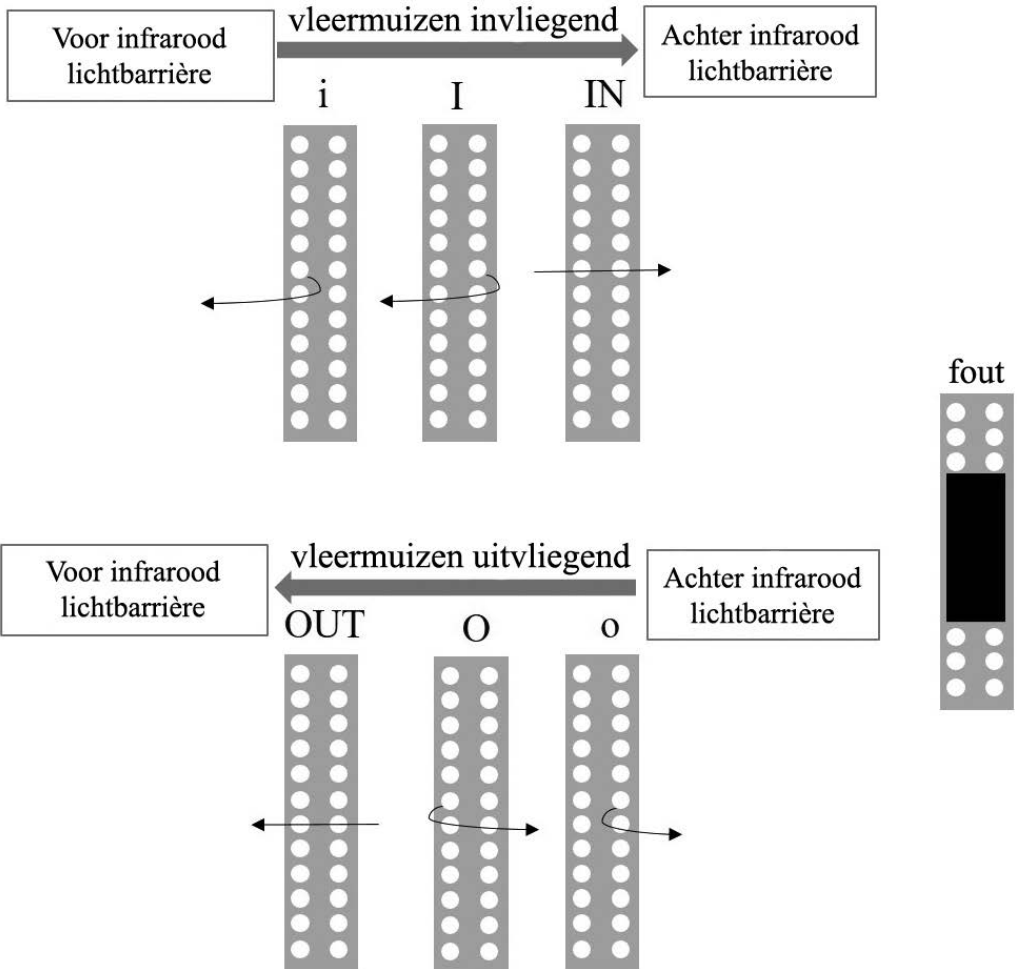
Figuur 2. Schematisch overzicht van het *reduit* van Fort Steendorp. De gele pijl geeft aan waar de infrarood lichtbarrière was geplaatst. Het blauw gekleurde gedeelte is onze studiezone. De grijs gekleurde delen zijn beschadigde en/of ingestorte delen van het fort. Rode pijlen geven ingangen van het *reduit* aan die afgesloten waren. Bron: *Figuur overgenomen uit Gils, 1991 door de auteurs; foto: J. Goossens.*

het zogenaamde '*reduit*'. In de vluchtopening van de deur die rechter zij-ingang van de cirkelvormige gangen van het *reduit* afsluit (in blauw, figuur 2) werd een geautomatiseerde infrarood lichtbarrière geplaatst. De linker-ingang is afgesloten door puin van vooraangaande beschadigingen aan het fort (grijs, figuur 2). Alle andere mogelijke ingangen zijn afgesloten. Hierdoor is de vliegopening met infraroodpoort het enige toegangspunt naar de circa 250 lopende meter wandelgangen.

Smalle lage zijgangen, bedoeld om stromend water af te voeren, lopen langs de wandelgangen. Deze 'watercorridors' zijn niet gemakkelijk toegankelijk voor tellingen. Ze staan vaak gedeeltelijk onder water en zijn daarom zeer geschikt voor het overwinteren van vleermuizen. De temperatuur bij de infrarood lichtbarrière en in de meeste delen van het studiegebied schommelen hele jaar door rond 9 à 10 °C. Temperaturen in de grotere gang en de kamers van het voorste deel van het *reduit* fluctueren nauwelijks met de buitentempe-

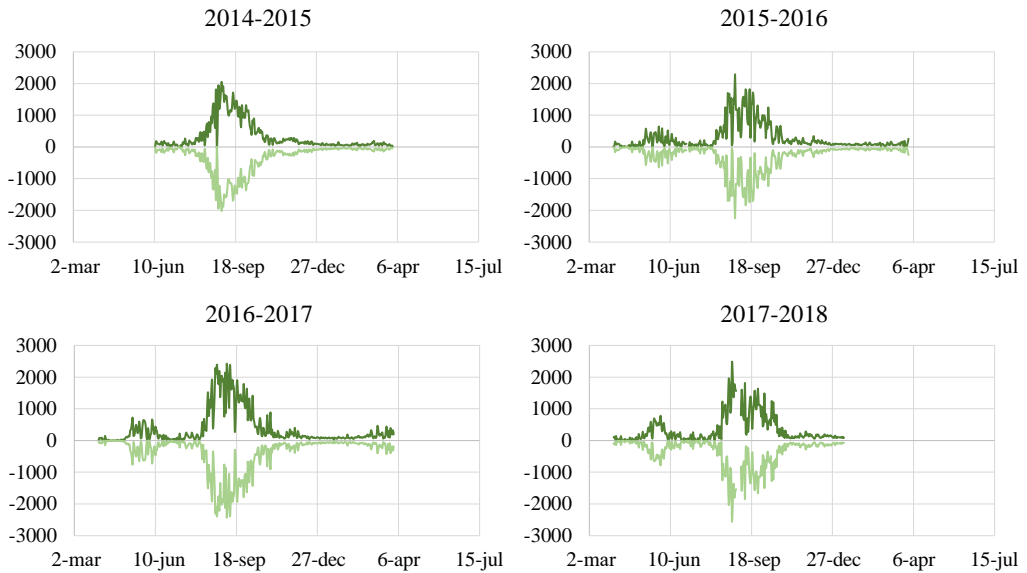
ratuur (binnen: 4,5-4,6 °C vs. buiten: -0,2-2,4 °C; Meermans 2004).

De infrarood lichtbarrière is ontworpen en gebouwd door Anne-Jifke Haarsma en heeft bewezen een efficiënt hulpmiddel te zijn voor het tellen van vleermuispassages in en uit verblijven (Haarsma 2006, Steck & Brinkmann 2015). We installeerden een frame met een dubbele barrière van infraroodstralen in een metalen deur op een hoogte van 1,6 meter. Elke barrière had twee parallelle rijen van twaalf emitters van infraroodstralen met 3 cm tussen de rijen, met aan de andere kant 24 foto-elektrische ontvangers. De fotocellen werden gevoed door een externe 12V-batterij, die elke 2-3 weken werd vervangen. Het systeem activeert een signaal wanneer een infrarood lichtstraal wordt onderbroken. Visuele waarnemingen geven aan dat vogels het studiegebied, dat meer dan 50 meter van de buiteningang van het *reduit* ligt, niet bezoeken. De infrarood fotocel registreerde zeven verschillende soorten signalen (figuur 3):



Figuur 3. De zeven verschillende soorten geregisteerde signalen door de infrarood lichtbarrière. De pijl geeft aan welke rij infraroodstralen wordt geblokkeerd en in welke richting de vleermuizen vlogen.

- i: één of meer van de infrarood-lichtstralen van de eerste rij worden onderbroken, zonder de tweede rij stralen te onderbreken. Conclusie: geen ‘echte’ passage, bv. vleermuizen zwermden aan de buitenkant van de kering.
 - I: één of meer van de infrarood-stralen van de eerste rij worden onderbroken, gevolgd door de tweede rij. De tweede rij stralen wordt eerst opnieuw actief voordat de eerste rij stralen weer verbonden wordt. Conclusie: De vleermuis keerde terug via de eerste rij = geen ‘echte’ pass.
 - IN: een of meer van de stralen van de eerste rij worden onderbroken en daarna (binnen 0,5 sec) wordt de tweede rij stralen onderbroken. De eerste rij stralen wordt eerst opnieuw actief waarna de tweede rij stralen eveneens weer verbonden wordt. Conclusie: een vleermuis is van buitenaf het infraroodlichtsysteem gepasseerd en is naar binnen gegaan.
- Hetzelfde geldt omgekeerd voor vleermuizen die van binnenuit naar buiten vliegen (o, O en OUT; figuur 3). Opnieuw wordt verwacht dat



Figuur 4. Eenjarige vleermuisactiviteit ('s middags tot 's middags; 1 april tot 31 maart), met de passages 'IN' (bovenste deel van de grafiek) en 'OUT' (onderste deel van de grafiek) van het infraroodportaal. Gegevens van juni 2014 tot eind januari 2018.

de bewegingscycli binnen 0,5 seconde plaatsvinden. Om voor de hand liggende redenen kan de vleermuis niet op soort worden gebracht met deze infraroodmethode.

Een laatste type signaal was een 'fout'-signaal dat aangeeft dat er meer dan tien stralen tegelijk werden onderbroken, wat aangeeft dat een groot dier de infrarood lichtbarrière passeerde. Langzaam bewegende dieren (bijv. slakken) worden niet geregistreerd als een beweging door het systeem

Vleermuisbewegingen voor dit onderzoek werden geregistreerd gedurende bijna vier opeenvolgende jaren, van 11 juni 2014 tot 10 januari 2018. Voor de data-analyse zijn alleen 'echte' doorgangen (IN (= -1) en OUT (= +1)) gebruikt. Achtmaal (vanwege langdurige reparaties of batterijstoring) werd de tijdreeks tijdelijk onderbroken; deze onderbrekingen duurden tussen 24 uur en 83 dagen.

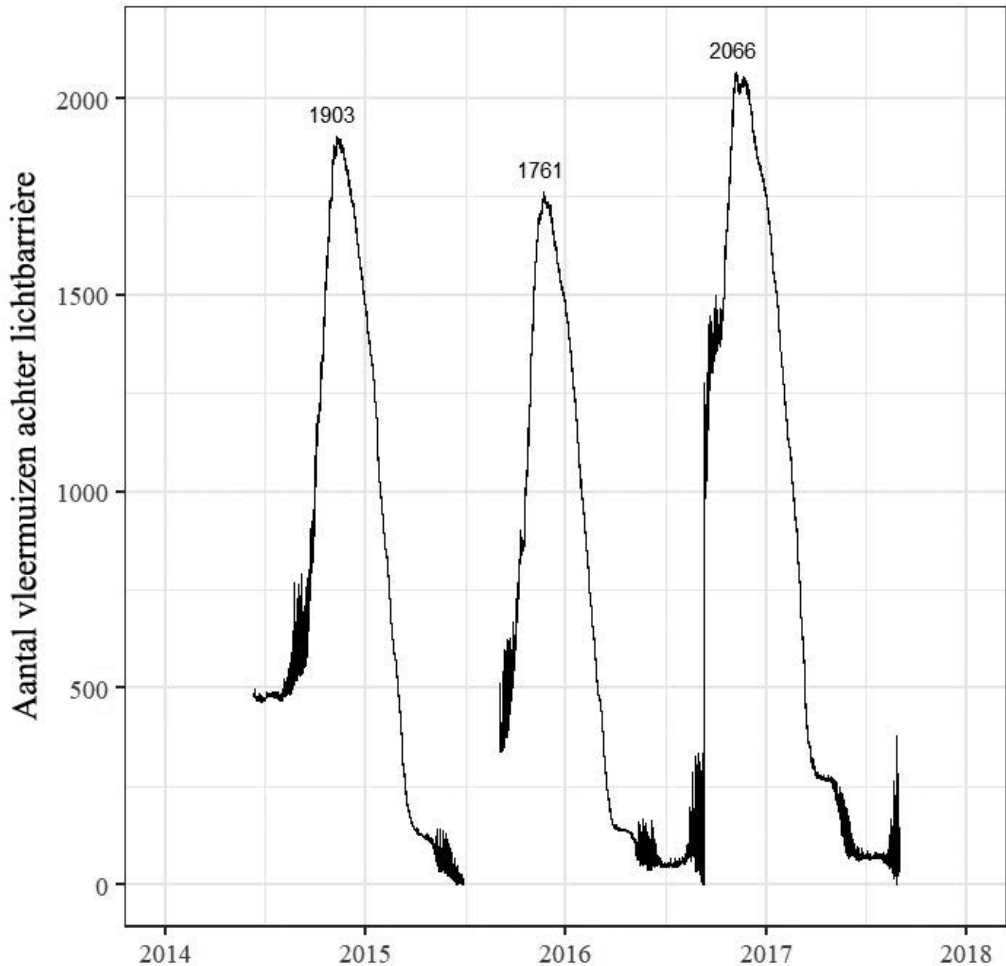
We deelden de data in per twaalf maanden, afgestemd op de biologische seizoenen van 1 april tot en met 31 maart van het volgende jaar. Vleermuispassages 'IN' en 'OUT' het portaal werden gebruikt om het cumulatieve

aantal vleermuizen te berekenen dat op elk moment achter het portaal achterbleef. Hierdoor konden we het netto aantal vliegbewegingen van vleermuizen bepalen die het *reduit* 'in' gingen, om er in winterslaap te gaan. Hoewel het mogelijk is dat een klein aantal vleermuizen buiten het winterslaapseizoen overdag in het *reduit* verbleef, werd het laagste aantal van elke jaarlijkse cyclus ingesteld als nulpunt (aanname: 'alle vleermuizen hebben na winterslaap de locatie verlaten').

Activiteits-diagrammen werden gemaakt met behulp van de gratis software-pakketen-graphics R versie 4.1.1 en Microsoft Excel 2016.

Klimaatgegevens

Klimaatgegevens (daggegevens van de minimum- en maximumtemperaturen in graden Celsius) werden verkregen via het European Climate Assessment & Dataset ECA&D-project. De dichtstbijzijnde locatie voor klimaatgegevens was Melsele, op 10 km afstand van Fort Steendorp.



Figuur 5. Aantal vleermuizen achter de infrarood lichtbarrière voor drie continue datasessies van april tot maart. De grafieken worden voor elk jaar op nul gezet bij het laagste getal. Het hoogste aantal vleermuizen ‘achter het portaal’ voor elke winter is weergegeven in de grafiek.

Jaarlijkse tellingen ter plaatse

Sinds 1998-1999 voeren tussen de 10 en 20 goed opgeleide en ervaren waarnemers van de Vlaamse vleermuiswerkgroep van Natuurpunt vzw jaarlijkse tellingen uit. Alle toegankelijke gebieden, inclusief niet-overstroomde watergangen, worden onderzocht. De locatie en soort van elke waargenomen vleermuis wordt genoteerd op gedetailleerde kaarten. Vaak zijn er problemen om onderscheid te maken tussen baardvleermuizen (*Myotis mys-*

tacinus) en Brandts vleermuizen (*M. brandtii*), daarom zijn deze twee soorten samengenomen.

Resultaten

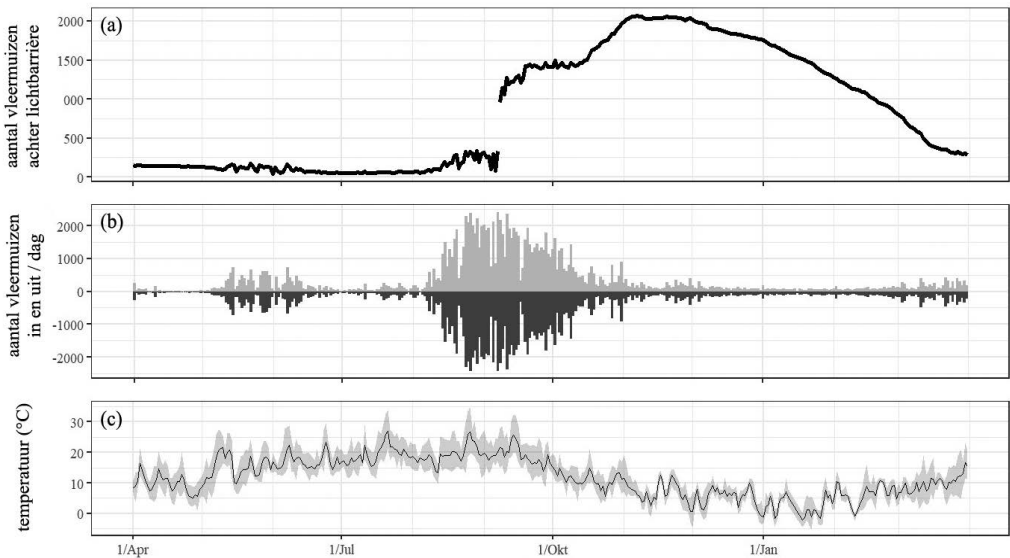
Vleermuispassages door infrarood lichtbarrière

Van 11 juni 2014 tot 10 januari 2018 werden in totaal 875.385 vleermuisbewegingen geregis-

Tabel 1. Overzicht van geregistreeerde IN- en OUT-passages door het infrarood- (IR) portaal tussen 11/06/2014 en 10/01/2018.

sessie starten	sessie beëindigen	IR-portaal-passages (IN)	IR-portaal-passages (OUT)	Totaal aantal passages	Verskil IN-UIT	max. pasages /nacht	max <i>n</i> achter portaal
11/06/2014*	31/03/2015	98.630	98.286	196.916	344	4.074	1.903
01/04/2015	31/03/2016	102.033	101.564	203.597	469	4.539	1,761
01/04/2016	31/03/2017	134.008	133.183	267.191	825	4.793	2.066
01/04/2017	10/01/2018*	96.591	97.040	193.631	449	5.022	Incompleet**

*2014 mei/begin juni zwerm gemist; **monitoring gestopt 01/01/2018

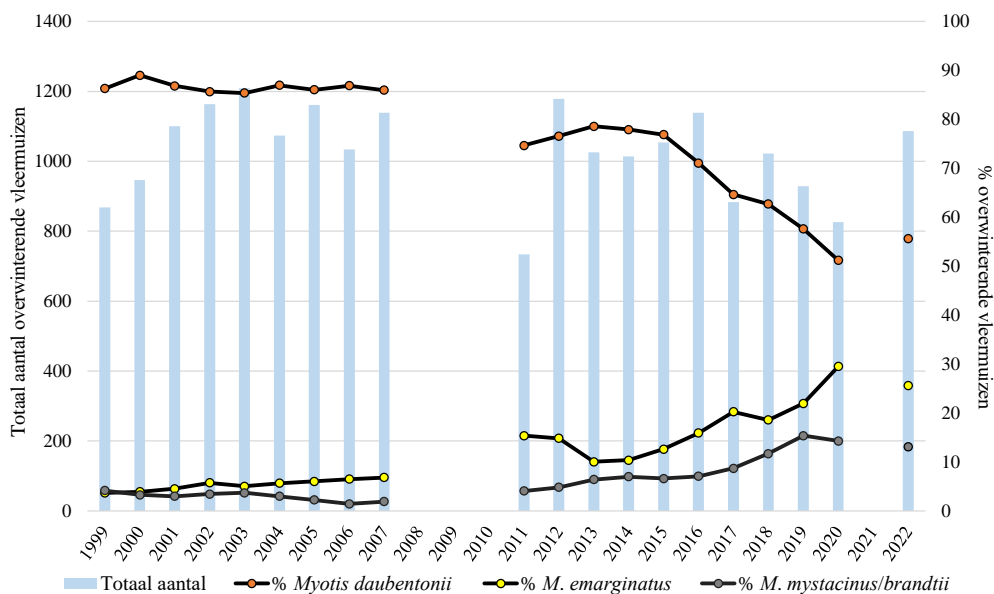


Figuur 6. De cumulatieve opbouw van vleermuizen ‘achter het portaal’ tussen 1 april 2016 en 31 maart 2017. Van boven naar beneden: a. Aantal vleermuizen achter de infrarood lichtbarrière; b. 24-uurs activiteit in (grijs) en uit (zwart) van het infraroodportaal; c. Buitentemperatuur gemeten aan het weerstation van Melsele, 10 km van de onderzoekslocatie.

treerd, waarvan 431.262 (49,3%) passages ‘IN’ het afgesloten studiegebied, 430.073 (49,1%) passages ‘OUT’ en 14.050 ‘overige’, ongediende vliegbewegingen (i, I, o, O of fout) (1,6%) (tabel 1).

Gedurende een jaar waren er twee periodes van hoge vleermuisactiviteit. Een eerste piek van activiteit, van ‘voorjaars-zwermen’, vond plaats in de tweede helft van mei en liep door tot in de eerste helft van juni, met een maximum van 1000 dagelijkse vliegbewegingen per nacht door de infrarood lichtbarrière, maar geen ‘toename’ van vleermui-

zen die ‘achter het portaal’ blijven (figuur 4). Een tweede, veel grotere piek, met hoge vliegactiviteit door het infraroodportaal begon in augustus, met een maximum rond de laatste week van augustus en de eerste week van september (‘herfst-zwermen’). Op het maximum werden er per nacht werden tot 5000 ‘passages’ geregistreerd (tabel 1). We kunnen niet zeggen hoeveel vleermuizen betrokken waren bij deze activiteitspatronen of hoe lang de vleermuizen actief waren in en rond het winterverblijf voordat ze in winterslaap gingen. Vanaf de tweede helft van september nam de



Figuur 7. Totaal aantal (linkeras) en aandeel (% rechteras) overwinterende vleermuizen in Fort Steendorp (hele fort) sinds de winter van 1998-1999 en de drie meest voorkomende soorten: watervleermuis, ingekorven vleermuis en baardvleermuis en/of Brandts vleermuis. Gegevens: Natuurpunt vzw vleermuiswerkgroep. Om veiligheidsredenen werden er van 2007-2008 tot 2009-2010 en in 2020-2021 geen wintertellingen uitgevoerd vanwege de covid-19 pandemie. 2010-2011 = onvolledige telling.

vleermuisactiviteit af, waarbij vleermuizen geleidelijk in winterslaap gingen en ‘achter het portaal’ bleven. Ontwaken uit de winterslaap en het verlaten van de locatie leidde niet tot grote aantallen bewegingen door het portaal. De vleermuizen gaan gewoon weg en blijven niet rondhangen.

De netto beweging van vleermuizen naar het *reduit* begint vanaf de tweede week van september, waarbij vleermuizen achter de barrière blijven en, naar wordt aangenomen, in de eerste week van november in winterslaap zijn. Tegen het einde van november hebben de meeste vleermuizen de beweging naar het *reduit* gemaakt om in winterslaap te gaan.

Het maximale aantal vleermuizen ‘achter het portaal’ varieerde tussen 1761 en 2066 (figuur 5, tabel 1). Dit aantal wordt berekend uit het netto aantal dat ‘IN’ en ‘UIT’ beweegt. De maximale aantallen werden voor alle jaren bereikt in de tweede helft van november.

Figuur 6 vergelijkt de cumulatieve opbouw

van vleermuizen ‘achter het portaal’ (a) en de vleermuisactiviteit via het infraroodportaal in en uit het *reduit* (b) met de werkelijke buitentemperaturen (c) voor het seizoen 2016-2017. De netto verplaatsing van vleermuizen naar het *reduit* valt samen met de geleidelijke daling van de buitentemperatuur, waardoor er eind november een maximum aantal vleermuizen ‘achter het portaal’ is. Maar ook op het moment dat algemeen wordt aangenomen dat vleermuizen in winterslaap zijn, stoppen de vliegbewegingen door het portaal niet. Gedurende de maand januari werden gemiddeld 20 vleermuispassages geregistreerd in en uit de vliegopening die naar het studiegebied leidde.

Het is opvallend dat vleermuizen al eind december beginnen te vertrekken uit de stabiele omgeving van het *reduit*: een maand voor het koudste deel van de winter. In februari was de helft van de overwinterende vleermuizen al uit het afgeschermd deel van het

Tabel 2. Vergelijking van het totale aantal vleermuizen achter het geautomatiseerde infraroodportaal en een standaard visuele telling ter plaatse, op de opgegeven censusdatum in februari.

overwinteringsseizoen	Datum van vergelijking	Aantal vleermuizen achter het portaal	Manuele telling van het studiegebied	%	ratio
2014-2015	15/02/2015	703	271	38,5	2,6
2015-2016	21/02/2016	621	252	40,6	2,5
2016-2017	18/02/2017	991	340	34,3	2,9
gemiddelde		772	288	37,8	2,7

reduit verhuisd, waarschijnlijk naar de ingang van het fort. Eind maart hadden min of meer alle vleermuizen het *reduit* (en misschien het fort) verlaten. Er was weinig tot geen activiteit tot de activiteitspiek van mei/juni.

De populatie overwinterende vleermuizen bij Fort Steendorp, een vergelijking van telmethoden

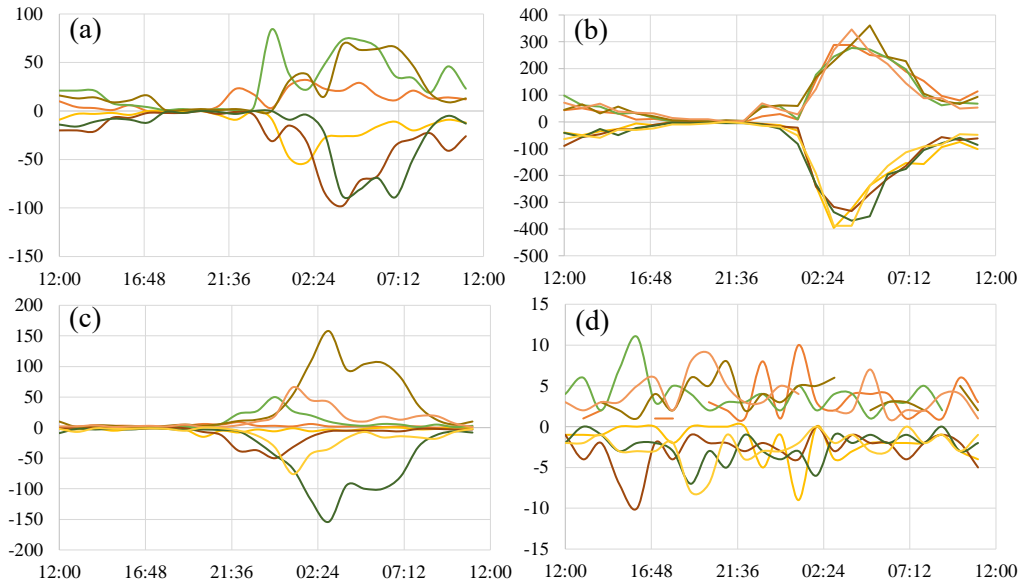
We hebben ook gekeken naar de totale aantallen overwinterende vleermuizen in Fort Steendorp. Figuur 7 toont het resultaat van een langere reeks jaarlijkse vleermuistellingen tussen 1999 en 2020, voor heel Fort Steendorp, met het telseizoen 2021-2022 als bonus; de totale aantallen variëren van 734 tot 1209. Om veiligheidsredenen werden er gedurende drie seizoenen (2007-2008 t/m 2009-2010), en ook in 2020-2021 vanwege de Covid-19-pandemie, geen tellingen uitgevoerd. In het seizoen 2010-2011 was de telling onvolledig. Tot aan de winter van 2006-2007 werden de jaarlijkse tellingen medio januari gedaan; sinds het seizoen 2010-2011 worden ze uitgevoerd in het weekend dat het dichtst bij 15 februari ligt.

In totaal zijn er tien verschillende soorten gevonden die overwinteren in Fort Steendorp. De vier belangrijkste soorten zijn watervleermuis, ingekorven vleermuis (*Myotis emarginatus*), franjestaart (*M. nattereri*) en baardvleermuis en/of Brandts vleermuis. Meervleermuis (*M. dasycneme*), gewone grootoorvleermuis, grijze grootoorvleermuis (*Plecotus austriacus*), gewone dwergvleermuis (*Pipistrellus pipistrellus*) en laatvlieger (*Eptesi-*

cus serotinus) vertegenwoordigen elk minder dan 1%. Ruige dwergvleermuis (*Pipistrellus nathusius*) en rosse vleermuis (*Nyctalus noctula*) zijn jagend waargenomen in het fort, maar tot nu toe niet overwinterend.

Eén van onze doelstellingen was om in te schatten hoe de tellingen van vleermuizen kunnen worden vergeleken met het werkelijke aantal vleermuizen dat in dit type van verblijfplaats overwintert. Hiervoor hebben we de visueel getelde vleermuizen in de studiezone vergeleken met de gegevens van het geautomatiseerde systeem. Uit de literatuur en uit persoonlijke ervaring weten we dat het verborgen aandeel overwinterende vleermuizen sterk varieert afhankelijk van het type verblijf (de Rue 1972, Kugelschafter 1994, Degn et al. 1995, Jansen 2014, Weinreich 2022). De visueel getelde aantallen voor de maand februari in ons studiegebied van het *reduit* varieerden van 271 in 2015 tot 340 in 2017 (tabel 2). In dezelfde periode varieerden de geautomatiseerde cumulatieve tellingen van vleermuizen ‘achter het portaal’ tussen 703 en 991. Gemiddeld wordt slechts 37% (of een factor 2,7) van de overwinterende vleermuizen ‘ter plaatse’ daadwerkelijk gedetecteerd tijdens visuele tellingen. Een belangrijke reden hiervoor is dat grote aantallen vleermuizen waarschijnlijk zijn weggekropen in de ondergelopen watergangen of in holle ruimtes tussen muren, die onbereikbaar zijn voor de vleermuisexperten.

Hieruit kan worden afgeleid dat wanneer bv. 1000 vleermuizen worden geteld tijdens de jaarlijkse censustellingen in Fort Steendorp, dat het werkelijke aantal waarschijnlijk dichterbij 3000 ligt. Dit brengt met zich mee



Figuur 8. 24-uurs activiteit, 's middags tot 's middags de volgende dag, voor verschillende opeenvolgende jaren. a. 25 mei (voorjaarszwermen); b. 29 augustus (begin herfstzwermen); c. 29 oktober (einde herfstzwermen); d. 8 januari (vleermuizen in winterslaap). NB. De schalen van de Y-assen verschillen.

dat de locatie nog belangrijker wordt voor het behoud van vleermuizen dan eerder werd gedacht. Het gevonden verschil en de factor 2,7 zijn niet noodzakelijk van toepassing op andere door de mens gemaakte of natuurlijke ondergrondse overwinteringsverblijven.

Vleermuisactiviteit gedurende 24-uursperioden (vanaf 12 uur 's middags)

We hebben ook gekeken naar de activiteitspatronen en hun relatie tot de tijd van de dag en de nacht. Ons infraroodportaal bevond zich 50 meter diep in het complex. De afwezigheid van daglicht en andere invloeden van buiten maakten het interessant om te kijken of er pieken waren in de vliegactiviteit van vleermuizen, en zo ja wanneer. Nadere gegevensanalyse toonde aan dat op sommige momenten van het jaar tot 5000 vleermuispassages werden geregistreerd in één nacht (tijdens het vroege herfstzwermen), waarbij op piekmomenten tot 600 vleermuispassages in één uur

werden geregistreerd.

Figuur 8 toont verschillende 24-uurs activiteitspatronen (12 uur 's middags tot 12 uur 's middags) voor voor een aantal willekeurig gekozen etmalen tijdens de onderzoeksperiode (2015 tot 2018), voor de verschillende periodes van het jaar. Dit waren: A. Eind mei, met het zwermen in het voorjaar. B. Eind augustus, aan het begin van het herfstzwermen. C. Eind oktober, aan het einde van de herfstzwerm-periode. D. Begin januari, wanneer vleermuizen verondersteld worden in winterslaap te zijn.

Tijdens de lente (mei) was de zwermactiviteit via ons portaal meestal het hoogst van 22 tot 7 uur, met een piek tussen 3 en 5 uur 's ochtends. Begin augustus begonnen de portaalpassages bij zonsondergang (22 uur) met een piek tegen 2 tot 5 uur 's ochtends met tot 400 vleermuispassages per uur, met een vliegactiviteit van vleermuizen tot ver in de volgende dag: tot 12 of zelfs 14 uur. Een ander patroon was eind oktober te zien, met vliegactiviteit alleen tussen 21 uur en 5 uur. Halverwege de

winterslaapperiode (eind januari) werden ook kleinere activiteitspieken over de hele dag verspreid vastgesteld, die niet gekoppeld waren aan een dagritme.

Discussie

Tellingen in vleermuiswinterverblijven worden meestal uitgevoerd door directe telling van zichtbare vleermuizen, met behulp van zaklampen, hoofdlampen en veel inspanning. Locatiespecifieke onderschatting van het werkelijke aantal overwinterende vleermuizen is aannemelijk, en zal aannemelijk variëren met de specifieke kenmerken van een locatie (bijv. grootte, aantal kieren en spleten, toegankelijke tunnels enz.). Er zijn verschillende technieken gebruikt om het 'echte' totale aantal overwinterende vleermuizen in te schatten: met vangen en terugvangen van geringde vleermuizen, met passieve geïntegreerde transponders, genetische tests, of radarstralen (Punt 1957, Kugelschafter 2009, Jansen et al. 2014). Geautomatiseerde systemen die gebruik maken van infrarood-lichtstralen worden al meer dan vijftig jaar toegepast (Daan 1970, Berková & Zukal 2006, Jansen et al. 2014, Kugelschafter 2014, Weinreich 2022) en leidden tot nieuwe inzichten over de waarde van sommige winterverblijven voor vleermuizen. Op basis van langetermijngegevens toonden onderzoekspioniers, zoals Punt (1957) en Kugelschafter (2009), aan dat het verschil tussen getelde en werkelijke aantallen overwinterende vleermuizen aanzienlijk kan zijn (zelfs tot 90%) vanwege het bestaan van onzichtbare vleermuis-'reservoirs' in overwinteringsverblijven.

De meeste studies met infraroodportalen volgen de activiteiten en het aantal vleermuizen in winterslaap bij de inganggebieden van forten en groeven (de Rue & Daan 1972, Daan 1973, Kugelschafter 2009, Steck & Brinkmann 2015, Weinreich 2022). Alleen de studie van de Rue & Daan (1972) in de ijskelder van Middenduin, Nederland, maakte opnamen zowel

bij de ingang als verderop in de gang, waardoor een schatting kon worden gemaakt van de richting van de vliegbewegingen in de winter vanuit het achterdeel van de kelder naar de ingang.

In dit onderzoek werden activiteits- en winterslaappatronen gedurende een periode van vier jaar gevolgd, met behulp van een infrarood lichtbarrière bij de ingang van een volledig afgeschermd deel met gunstige winteromstandigheden voor vleermuizen in Fort Steendorp. De deur met de gemonitorde vluchtopening is de enige toegang tot het studiegebied in het *reduit* van het fort. De kans dat vleermuizen het studiegebied in het fort ongemerkt zouden binnenkomen werd beperkt door het afsluiten van de andere toegangspunten. Visuele waarnemingen gaven aan dat het infraroodportaal in de vluchtopening van de reeds bestaande deur naar het *reduit* geen invloed had op vleermuizen die de zone willen binnenvliegen. Door de visuele tellingen te vergelijken met die van het infraroodportaal, konden we een meer nauwkeurige schatting maken over hoeveel vleermuizen werkelijk overwinteren in Fort Steendorp. 'Ongeldige verplaatsingen' waren gemiddeld verantwoordelijk voor slechts 1,6% van de gegevens. Dit aantal is, zoals te verwachten, laag en niet onverwacht aangezien er op sommige momenten tot 600 vleermuispassages in een uur werden geregistreerd.

Activiteitspatronen en winterslaap

Onze studie toont hoge voorjaarsactiviteitspieken, van mei tot in juni, met vleermuizen die in- en uit het infraroodportaal bewegen, en een herfstactiviteit die half augustus begint met vleermuizen die zich verzamelen en klaarmaken om in winterslaap te gaan. Op dat moment vindt er geen toename van vleermuizen 'achter het portaal' plaats. Vanaf eind september neemt het aantal vleermuizen dat invliegt en het studiegebied niet meer verlaat toe, om eind november een maximum te

bereiken. Uit zichtwaarnemingen weten we dat tegen die tijd de meeste vleermuizen in winterslaap zijn. Waarnemingen ter plaatse laten zien dat eind maart de meeste vleermuizen die in hibernatie waren zijn vertrokken, met uitzondering van kleine aantallen ingekorven vleermuizen die de neiging hebben om tot de eerste helft van mei in het winterverblijf te blijven.

Reeds in 1932 beschreef Poole dat grote aantallen vleermuizen grotten en mijnen bezoeken in de herfst, enkele maanden voor de winterslaap. Hij noemde dit 'zwermen' (Saucy 2019). Voor dit fenomeen zijn verschillende hypothesen naar voren gebracht, zoals het beoordelen van geschikte winterverblijven en het introduceren van juvenielen op overwinteringslocaties, maar de meest voorkomende hypothese is dat dit zwermgedrag in de late zomer gerelateerd is aan de paring (Saucy 2019). Zwermen vindt uiteraard 's nachts plaats; de eerste individuen arriveren meestal ergens na zonsondergang en vertonen een activiteitspiek tussen 4-6 uur na zonsondergang (Rivers et al. 2006). Daarna neemt de activiteit geleidelijk af tot 4 uur in de ochtend. Zwermen in gematigde klimaten vindt plaats vanaf de late zomer tot in de herfst.

In de meeste gevallen wordt zwermen waargenomen van half augustus tot half november, met een piek tussen half september en half oktober (Rivers et al. 2006, Saucy 2019). Encarnação (2005) toonde aan dat éénjarige mannetjes watervleermuizen de volwassen mannetjes vergezelden, om van half augustus tot half september hibernacula te verkennen, volgens zijn hypothese als paringsplaats. Sommige vleermuizen bezoeken ook meer dan één hibernaculum per nacht, wat de aanzienlijke variatie in activiteit tussen nachten zou kunnen verklaren (Humphrey & Cope 1976). Echter, zwermen tijdens de lente komt ook voor, zoals werd vastgesteld bij gewone grootoorvleermuis (Furmankiewicz 2008) en watervleermuis (Encarnação 2005).

In november en december zijn de vleermuizen in grote aantallen in winterslaap, maar

zelfs dan is er nog steeds een beperkte activiteit in en uit het portaal. Opmerkelijk is dat in de tweede helft van november al vleermuizen de zone achter de infrarood lichtbarrière verlaten. We weten niet waarheen deze vleermuizen zich verplaatsen, maar we mogen aannemen dat bij lage buitentemperaturen ze in de ondergrondse structuren van Fort Steendorp blijven. Soortgelijke gebeurtenissen zijn beschreven voor ijskelders, kalksteengroeven en natuurlijke grotten (de Rue & Daan 1972, Daan 1973, Berková & Zukal 2006).

Het cumulatieve aantal vleermuizen 'achter het portaal' in dit onderzoek werd eenmaal per seizoen op nul gezet om het totale aantal vleermuizen te schatten dat in winterslaap gaat, en om kleine inconsistenties in de cumulatieve aantallen die geleidelijk ontstaan, te corrigeren. Deze inconsistenties kunnen het gevolg zijn van kleine fouten in de opnames van 'IN' en 'OUT', maar hebben ook te maken met het feit dat het studiegebied nooit echt leeg is. Zeer kleine aantallen vleermuizen zullen Fort Steendorp ook in de zomer als tijdelijke of permanente rustplaats gebruiken, zoals blijkt uit observaties het hele jaar door.

Er waren weinig verschillen tussen vleermuispassages 'IN' en 'OUT', met resp. slechts 0,3, 0,5 en 0,6% bewegingen naar binnen (tabel 1). Sommige vleermuizen waren misschien niet op 31 maart vertrokken, mogelijk is een aantal vleermuizen omgekomen door predatie of een andere doodsoorzaak. Twee-, drie- en vijfdaagse hiaten in de opnames eind juni en augustus 2015 en augustus 2017 hebben op de maximale aantallen die 'achter het portaal' overwinteren.

We registreerden vliegbewegingen en passages van vleermuizen gedurende de hele winter, wat aangeeft dat winterslaap geen continu proces is. Eerdere studies toonden aan dat in veel gevallen spontaan ontwaken optreedt (de Wilde & van Nieuwenhoven 1954). De gemiddelde slaaperiode is 12-14 dagen, al verschillen de lengtes van de slaaperioden van verschillende soorten vleermuizen. Herhaalde tellingen in overwinteringsverblijven door de

Vlaamse vleermuiswerkgroep tonen aan dat tegen de tweede helft van de winter individuele vleermuizen waren verdwenen van de locaties die ze eerder bezetten. Op basis van ring-experimenten concludeerden De Wilde & van Nieuwenhoven (1954) dat vleermuizen een hoge mate van trouw vertonen aan hun winterslaapverblijf, maar dat sommige exemplaren slechts gedurende een beperkt deel van de winter aanwezig zijn. Zij zagen dat individuen van sommige soorten verdwijnen, soms zonder te worden vervangen en soms worden ze vervangen door individuen van een andere soort die dan exact dezelfde puntlocatie innemen.

Een belangrijk element om rekening mee te houden is de locatie van de infrarood lichtbarrière, halverwege het winterverblijf, op ongeveer 50 m van de hoofdingang van het fort. Berková (2006) vond een significant positief verband tussen het aantal vleermuizen dat een infrarood lichtbarrière passeerde, en de gemiddelde buitentemperatuur bij de ingang van een grot. Ransome (1990) toonde aan dat Europese vleermuizen de grotten waarin ze overwinteren tussen december en februari verlaten, meestal in kleine aantallen, in de orde van 0,5% per dag. Opvallend is dat veel vliegbewegingen naar buiten direct (binnen 1 minuut) werden gevolgd door vliegbewegingen naar binnen (Daan 1970). Het aantal vliegbewegingen aan de binnenzijde van de poort was echter in dezelfde winterslaapperiode zeker tien keer groter (Daan 1970). Ook studies met geringde vleermuizen wijzen op grote interne migraties binnen mergelgroeven (de Wilde 1954, Punt 1957). Het lijkt erop dat vleermuizen wakker worden tijdens de winterslaap en van locatie veranderen binnen of zelfs tussen winterverblijven, als gevolg van kleine veranderingen in de omgevingstemperatuur in het verblijf en van de buitentemperaturen (Daan 1973, Ransome 1990).

Daan (1973) toonde aan dat de vleermuispopulaties in kalksteengroeven van half september tot half november snel toenamen, maar het aantal watervleermuizen bleef tot half januari in een trager tempo stijgen. Tij-

dens warmere periodes verhuisden vleermuizen naar het voorste deel van de kalksteengroeve of verlieten ze de locatie helemaal. In Fort Steendorp werken veranderingen in de buitentemperatuur na gemiddeld zes dagen langzaam door in de binnentemperatuur (Meermans 2004), wat als gevolg kan hebben dat vleermuizen hun winterslaap onderbreken. De Bruyn et al. (2021) concludeerden dat overwinterende vleermuizen warmere delen van het hibernacula gebruiken naarmate de winter vordert.

Met stijgende buitentemperaturen eind februari beginnen de resterende vleermuizen de zone achter de infrarood lichtbarrière te verlaten. Eind maart hadden min of meer alle vleermuizen het *reduit* (en misschien het fort) verlaten, met uitzondering van een aantal ingekorven vleermuizen. Dit zou kunnen verklaren waarom er in april ook vliegactiviteit werd waargenomen. Waarnemingen ter plaatse (eigen observaties A. Lefevre) toonden aan dat kleine aantallen ingekorven vleermuis tot begin juni in de winterverblijfplaats bleven.

Het is onduidelijk of de hogere activiteitspiek in mei-juni verband houdt met foerageren, zwermen of met andere gedragspatronen. Het kan ook niet worden uitgesloten dat ingekorven vleermuizen die later uit winterslaap komen bijdragen aan deze piek van activiteit. Een studie op basis van videobeelden (Kugelschafter 2014) wees op zogenoemde 'lentebezoeken' aan een kalksteengroeve in Bad Segeberg, Duitsland met grote clusters van volwassen mannelijke watervleermuizen die in de lente de grot bezochten. Dit verschijnsel is ook beschreven door Degn (1989) en Harje (1994).

Vergelijking met visuele tellingen

Onderzoek gepresenteerd tijdens de *First European Workshop on Automatic Monitoring of Bat Roosts* in 2014 in Bad Segeberg, Duitsland, toonde aan dat het gebruik van infraroodlichtschermen onze kennis over

hibernacula verbetert (Jansen et al. 2014). De ‘verborgen’ fractie van overwinterende vleermuizen wordt geschat op 22% tot 99% (de Rue 1972, Kugelschafter 1994, Degn et al. 1995, Jansen et al. 2014).

Een nadeel van infrarood-lichtschermssystemen is dat de soorten die door het systeem vliegen niet kunnen worden geïdentificeerd. Ons belangrijkste doel was echter om een algemeen beeld te verkrijgen van de activiteit gedurende het hele jaar van het totale aantal vleermuizen dat in het fort actief is. De soortensamenstelling en het aantal van elke aanwezige soort in het fort zijn al bekend, op basis van vangsten en van jaarlijkse tellingen. Dekeukeleire et al. (2011) voerden tijdens drie nachten tussen half augustus en eind september een mistnet-onderzoek uit in Fort Steendorp. De meeste gevangen individuen waren watervleermuizen (85-95%). Vermeldenswaard is dat er tot nu toe van geen enkele soort een kraamkolonie werd gevonden in Fort Steendorp.

Visuele tellingen in februari laten een recente en significante afname zien (35%) van het aantal watervleermuizen in Fort Steendorp: 604 van de vleermuizen werden geteld in het seizoen 2021-22, vergeleken met een stabiel gemiddelde van 931 vóór 2007. Ondanks investeringen en een aanhoudend hoog managementniveau, is het aantal overwinterende watervleermuizen bij Fort Steendorp dus met een derde gedaald. De oorzaak van deze afname kunnen we niet met zekerheid vaststellen, maar waarschijnlijke oorzaken zijn de aanhoudende slechte kwaliteit van oppervlaktewateren het onophoudelijke en wijdverspreide kappen van bomen die geschikt zijn voor deze boombewonende soort. Daarentegen zijn de aantallen ingekorven vleermuizen, zij het lager in aantal, aan het stijgen van $n=58$ (het gemiddelde van negen jaar vóór 2007) tot $n=278$ in de winter van 2021-22. De stijging van de aantallen ingekorven vleermuizen lijkt het gevolg te zijn van een algehele toename van de populatie, die parallel loopt met een groeiend aantal zomerkolonies. Het aantal baardvleermuizen en/of Brandts vleermuizen die geteld zijn

in winterslaap bij Fort Steendorp is de laatste tijd ook toegenomen, van $n=31$ (het gemiddelde van negen jaar vóór 2007) tot $n=142$ in de winter van 2021-2022. Op basis van visuele tellingen in februari, zijn ingekorven vleermuis, baardvleermuis en/of Brandts vleermuis, met bijna een factor vijf toegenomen in de afgelopen 15 jaar.

Onze extrapolatiefactor van 2,7 (37% vleermuizen zichtbaar) verschilt van de factor 1,2 die in februari 1978 door Jooris & Goossens (1980) werd gevonden, berekend op basis van een ‘vangst-terugvangst-experiment’ op dezelfde locatie. Gedurende vijf maanden markeerden ze in totaal 162 overwinterende vleermuizen (waaronder 142 watervleermuizen) met kleine stickers op de kop. Het aandeel gemerkte dieren dat na een maand werd waargenomen, varieerde aanzienlijk in de loop van het winterseizoen, met respectievelijk 34% en 39% van het totale aantal waargenomen vleermuizen in november en december, oplopend tot 52% in januari en 82% in februari, en (bij een kleinere steekproefomvang) 80% in maart. Tijdens de vijf terugvangsmomenten werden 15-20 vleermuizen geselecteerd en gecontroleerd op de markering, ongeacht het totaal aantal aanwezige vleermuizen. Hoe interessant dit onderzoek ook is, het is geen geldig ‘vangst-terugvangst-experiment’, omdat de vleermuizen die in winterslaap zijn, zich niet willekeurig verplaatsen. Sommige verplaatsen zich waarschijnlijk helemaal niet, of bewegen zich gedurende een bepaalde maand niet. Het systeem is ook niet ‘gesloten’: vleermuizen vliegen in en uit.

Wat deze studie vergelijkt is de fractie zichtbare vleermuizen ten opzichte van het totale aantal aanwezige dieren. Daarbij meten we voor februari ook de niet-zichtbare fractie vleermuizen. Wat Jooris & Goossens (1980) hebben opgetekend, is hoeveel ongemarkeerde vleermuizen in één maand van plaats zijn veranderd, of meer specifiek uit hun schuilplaats kwamen of van elders kwamen. In november 1977 werden 15 vleermuizen bemonsterd. Negen niet-gemarkeerde vleermuizen kwa-

men in zicht, zes vleermuizen waren gemerkt, maar we weten niet hoeveel gemarkeerde vleermuizen vertrokken of ‘ondergedoken’ zijn. In februari 1978 werden 20 vleermuizen bemonsterd, vier ongemarkeerde vleermuizen kwamen in zicht, 16 van de vleermuizen werden gemerkt, maar nogmaals, we weten niet hoeveel gemarkeerde vleermuizen vertrokken of anderszins uit het zicht verdwenen waren. De percentages die in deze publicatie uit 1980 zijn gebruikt om te extrapoleren naar totale aantallen zijn daarom dubieus. Wat betreft de conclusies over het mogelijk ‘uit de schuilplaats komen’ van vleermuizen, blijkt dat er in november en december meer activiteit is dan in februari.

Vergelijkbaar onderzoek uitgevoerd in een ijskelder (Middenduin, Nederland) naar de activiteit van overwinterende vleermuizen met infraroodsensoren toonde aan dat de aanwezige vleermuispopulatie twee tot drie keer groter was dan de tellingen ter plaatse aangaven (de Rue & Daan 1972). Andere studies met infrarood lichtbarrières in (mergel)groeven en grotten toonden aan dat, afhankelijk van de tussen de 20 en 50% (Weinreich 2022), 20% (Berková & Zukal 2006), of zelfs minder 10% (Kugelschafter 2014) van de werkelijke vleermuispopulatie wordt waargenomen. Als ons cijfer van 37% wordt opgeschaald naar de tellingen van het hele Fort Steendorp, zou het werkelijke aantal overwinterende vleermuizen dichterbij 3000 liggen in plaats van de gemiddelde 1016 vleermuizen die zijn geteld over de tien afgelopen winterseizoenen. Dit zou een impact kunnen hebben op de evaluatie en rapportage van de totale vleermuisaantallen in Vlaanderen. Deze factor van ongeveer een derde kan ons inziens worden toegepast op vergelijkbare historische ondergrondse bouwwerken van rode baksteen.

Tellingen bij Fort Steendorp worden nu standaard in februari uitgevoerd, terwijl de aantallen in winterslaap in het afgesloten en voor vleermuizen zeer gunstige *reduit* van het fort pieken van november tot begin december. Op 1 februari had meer dan de helft van de vleer-

muizen het verblijf verlaten (portaalgegevens 2017, piek november $n=2066$, midden februari $n=991$). Het is onduidelijk wat dit betekent voor de totale aantallen die in Fort Steendorp overwinteren, of de geschatte 1075 vleermuizen die het verblijf hebben verlaten al dan niet zijn opgenomen in de totale telling van februari, of dat ze naar andere plaatsen zijn vertrokken. Concluderend zijn we er zeker van dat er een correctie van circa 37% moet worden toegepast op het aantal visueel getelde vleermuizen in februari. We kunnen echter niet vaststellen of een visuele telling in november duidelijk hogere aantallen vleermuizen zou opleveren. Als dat zo is, zou dit weer gevolgen hebben voor de totale schatting van vleermuizen die in Fort Steendorp overwinteren. Echter, herhaalde tellingen bij de even belangrijke vestingwerken van Brasschaat en Oelegem tonen aan dat twee of meer tellingen in dezelfde winter meestal maar een verschil van ongeveer 10% vertonen, soms oplopend tot 20% in beide richtingen (ongepubliceerde gegevens vleermuiswerkgroep Natuurpunt).

Conclusies

Deze studie onderstreept het belang van door de mens gemaakte ondergrondse constructies, zoals Fort Steendorp, als overwinteringsplaatsen voor ondergrondse vleermuispopulaties in regio's met weinig of geen natuurlijke grotten. Op basis van onze gegevens die zijn verzameld door een infraroodportaal, concluderen we dat, in ieder geval voor de onderzoekslocatie, het *reduit* van het fort, en, hiervan afgeleid, voor het hele bakstenen fort, het aantal overwinterende vleermuizen aan de hand van visuele tellingen worden vermenigvuldigd met een factor van minimaal 3. Deze factor komt overeen met eerdere bevindingen, geldt globaal voor alle vergelijkbare constructies en varieert naar verwachting nauwelijks binnen het midwinterseizoen.

Het onderzoek laat in detail zien wat de belangrijke zwermperiodes zijn voor vleer-

muizen bij Fort Steendorp (eind mei – begin juni en eind augustus - eind oktober) en hoe het aantal vleermuizen dat in winterslaap gaat achter het portaal, een maximum bereikt in de eerste helft van november. Zelfs dan wordt een laag niveau van vliegactiviteit waargenomen in en uit het studiegebied. In december, zelfs vóór het koudste deel van de winter, hebben sommige vleermuizen de beschermende omgeving van het diepere *reduit* al verlaten, hoogstwaarschijnlijk naar andere delen van het fort.

Zelfs met de onderschatting van het aantal overwinterende vleermuizen bij tellingen, en in schril contrast met de trends voor andere soorten, gaat de watervleermuis sterk achteruit in Fort Steendorp, net als in de rest van Vlaanderen. Dit zou moeten leiden tot meer bewustwording over de voortdurende houtkap van bomen met holtes en over de algemene kwaliteit van de oppervlaktewateren, twee factoren die cruciaal zijn voor deze soort.

Onze resultaten, gecombineerd met eerdere studies, laten zien dat beschermende maatregelen voor vleermuizen bij forten als deze, niet beperkt kunnen blijven tot de overwinteringsperiode. Het is duidelijk dat Fort Steendorp het hele jaar door belangrijk is voor vleermuispopulaties. Beheerplannen dienen hiernaar te worden aangepast. Dit zou strengere criteria moeten omvatten bij de herbestemming van belangrijke overwinteringsplaatsen voor vleermuizen en moeten leiden tot een verlenging van de periode waarin geen verstoring mag plaatsvinden) voor grote delen van de hibernacula, dat is dan van september tot eind mei.

Dankwoord: We willen graag de European Climate Assessment & Dataset project ECA&D voor het welwillend delen van hun dagelijkse observationele dataset E-OBS. We bedanken ook alle vrijwilligers van de vleermuiswerkgroep van Natuurpunt voor hun inzet voor de jaarlijkse tellingen van de vleermuiswinterslaap. We zijn het Agentschap Natuur & Bos van de Vlaamse Overheid dankbaar voor toestemming en hulp tijdens de jaarlijkse tellingen en deze studie. Wij danken in het bijzonder Kris Boers voor het beheren

en delen van de visuele winterslaapgegevens van het Fort van Steendorp gedurende al die jaren.

Literatuur

- Berková, H. & J. Zukal 2006. Flight activity of bats at the entrance of a natural cave. *Acta Chiropterologica* 8: 187-195
- Boeraeve, M., F. Batsleer, H. Vermeiren, A. Thomaes, B. Opstaele & D. Dekeukeleire 2019. Winterverblijfplaatsen voor vleermuizen. *Natuurfocus* 18 (4): 136-144.
- Colaes, R. & R. Gils 1991. Fort Steendorp: een vestingbouwkundige, heemkundige en ecologische benadering. Jaarboek 1991. Gemeentemuseum Temse, Temse, België.
- Daan, S. 1970. Photographic recording of natural activity in hibernating bats. *Bijdrage tot de Dierkunde* 40 (1):13-16.
- Daan, S. 1973. Activity during natural hibernation in three species of Vespertilionid bats. *Netherlands Journal of Zoology* 23 (1): 1-71.
- Daan, S. 1980. Long term changes in bat populations in the Netherlands: a summary. *Lutra* 22: 95-105.
- De Bruyn, L., R. Gyselings, L. Kirkpatrick, A. Rachwald, G. Apoznański & T. Kokurewicz 2021. Temperature driven hibernation site use in the Western barbastelle *Barbastella barbastellus* (Schreber, 1774). *Scientific Reports* 11: 1464- 1473. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80720-4>
- Degn, H.J. 1989. Summer activity of bats at a large hibernaculum. In: V. Hanák, I. Horáček J. & Gaisler (eds). *European Bat Research Symposium 1987: 523-526*. Charles University Press, Praag, Tsjechië.
- Degn, H.J., B.B. Andersen & H. Baagoe 1995. Automated registration of bat activity through the year at Mensted Limestone Mine, Denmark. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 60: 129-135.
- Dekeukeleire, D., R. Janssen, K. Boers & W. Willems 2011. Zwermende vleermuizen bij de Antwerpse forten. Resultaten van een verkennend onderzoek in de nazomer van 2010. *Natuur.focus* 10 (3): 104-109.
- Encarnaçao, J. A. 2005. Phänologie und Lebenszyklusstrategie männlicher Wasserfledermäuse (*Myotis*,

- Chiroptera: Vespertilionidae). PhD thesis. Justus Liebig University Gießen, Duisland.
- de Rue, J. & S. Daan 1972. De activiteit van overwinterende vleermuizen in de ijskelder te Middenduin. *De Levende Natuur* 75: 265-273.
- de Wilde, J. & P.J. van Nieuwenhoven 1954. Waarnemingen betreffende de winterslaap van vleermuizen. *Publicaties van het Natuurhistorisch Genootschap in Limburg* 7: 51-83.
- European Climate Assessment & Dataset (ECA&D) project 2021. <https://www.ecad.eu/dailydata/index.php>
- Furmankiewicz, J. 2008. Population size, catchment area, and sex-influenced differences in autumn and spring swarming of the brown long-eared bat (*Plecotus auritus*). *Canadian Journal of Zoology* 86 (3): 207-216.
- Gils R. 2000. <https://www.simonstevin.org/fortsteendorp.html>
- Haarsma, A.J. 2006. Het monitoren van (meer)vleermuizen in de winter. Presentation at the VLENDag 2006.
- Harrje, C. 1994. Etho-ökologische Untersuchung der ganzjährigen Aktivität von Wasserfledermäusen (*Myotis daubentonii* Kuhl 1819) am Winterquartier. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen* 39: 15-52.
- Haysom K., J. Dekker, J. Russ, T. van der Meij & A. van Strien 2013. European bat population trends: A prototype biodiversity indicator. EEA Technical report 19/2013. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.
- Humphrey, S.R. & J.B. Cope 1976. Population ecology of the little brown bat, *Myotis lucifugus*, in Indiana and North-Central Kentucky. Special Publication no. 4. American Society of Mammalogists, Stillwater, OK, USA.
- Jansen, E.A., H.J.G.A. Limpens & M. Schillemans 2014. Automated monitoring of bats in hibernacula. Methods, strengths and shortcomings. Report 2014.09. Bureau van de Zoogdierversening, Nijmegen, Nederland.
- Jooris, R. & R. Goossens 1980. Concernant le choix d'habitat de *Myotis daubentonii* (KUHLE, 1819) et la présence d'autres Chiroptères dans les lieux d'hibernation antropogènes de BasseBelgique. *Bulletin Institut Royale Scientifique Nationale* Belge 6: 3-24.
- Kervyn, T., S. Lamotte, P. Nyssen & J. Verschuren 2009. Major decline of bat abundance and diversity during the last 50 years in southern Belgium. *Belgian Journal of Zoology* 139 (2) : 124-132.
- Kugelschafter, K. 1994. Untersuchungen zur Bedeutung und Optimierung der Segeberger Kalkberghöhle und angrenzender Nahrungsbiotope für Fledermäuse. Gutachten im Auftrage des Ministeriums für Natur, Umwelt und Landesentwicklung in Schleswig-Holstein. Abschlußbericht für das Jahr 1993.
- Kugelschafter, K. 2009. Qualitative und quantitative Erfassung der Fledermäuse, die zwischen Februar und Mai 2009 aus ihren Winterquartieren Bierkeller bei Sulzthal, Moggasterhöhle bei Moggast, Geisloch bei Viehhofen und Windloch bei Alfeld ausfliegen. Bayerischen Landesamtes für Umwelt, Augsburg, Deutschland.
- Kugelschafter, K. 2014. 25 Years of bat research at the limestone cave in Bad Segeberg. Presentation at the first European workshop on Automatic Monitoring of Bat Roosts in Europe (AuMoBRE). Available at <https://www.zoogdierversening.nl/>
- Meeremans, P. 2004. Belang van microklimaat voor overwinterende watervleermuis (*daubentonii*) vs. baardvleermuis (*Myotis mystacinus/brandtii*). MsC thesis. Free University Brussels, Brussels, Belgium.
- Punt A. & P.J. van Nieuwenhoven 1957. The use of radioactive bands in tracing hibernating bats. *Experientia* 13 (1): 51-54.
- Ransome, R.D. 1990. The natural history of hibernating bats. Christopher Helm, London, UK.
- Rivers, N.M., R.K. Butlin, J.D. Altringham 2006. Autumn swarming behaviour of Natterer's bats in the UK: Population size, catchment area and dispersal. *Biological Conservation* 127: 215-226.
- Saucy G. 2019. Bat swarming: reviewed definition, overestimated functions and new research directions. Opinion paper. <https://www.researchgate.net/publication/343211587>
- Steck C. & R. Brinkmann 2015. Wimperfledermaus, Bechstein fledermaus und Mopsfledermaus. Haupt Verlag AG, Bern, Switzerland.
- van Schaik, J., R. Janssen, T. Bosch, A.-J. Haarsma, J.J.A. Dekker & B. Kranstauber 2015. Bats swarm

- where they hibernate: Compositional similarity between autumn swarming and winter hibernation assemblages at five underground sites. *PLoS ONE* 10 (7): e0130850. Doi: 10.1371/journal.pone.0130850
- Verwimp, N. 2006. <https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/project/details/2693>
- Voûte, A.M., J.W. Sluiter & P.F. Van Heerdt 1980. De vleermuizenstand in enige Zuid-Limburgse groeven sedert 1942. *Lutra* 22 (1-3): 18-34.
- Weinreich, H. 2022 (in press). Activiteit van vleermuizen in de prehistorische vuursteenmijnen van Rijckholt. Onderzoek met telpoorten van 2015 tot en met 2019. *Natuurhistorisch Maandblad* 111 (8): 205-215.
- Ontvangen: 7 maart 2022*
Geaccepteerd: 9 mei 2022