Technische notitie. Dichtheidskaarten vogels t.b.v. ecologische afwegingen bij zandsuppleties Nederlandse kust

Bernice Sepers, Henk Sierdsema en Marc van Roomen



Sovon-rapport 2026/43

Sovon

Colofon

Sovon Vogelonderzoek Nederland 2026

Citeren als: Sepers B., Sierdsema H. & van Roomen M. 2026. Technische notitie. Dichtheidskaarten vogels t.b.v. ecologische afwegingen bij zandsuppleties Nederlandse kust. Sovon-rapport 2026/43. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Foto's: Hans Schekkerman

ISSN-nr: 2212 5027

Sovon Vogelonderzoek Nederland
Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

E-mail: info@sovon.nl
Website: www.sovon.nl

Type informatie	Omschrijving/status	Datum
Versie	Definitief	28-7-26
Inhoudelijke toets	Marc van Roomen	2-7-26
Vrijgave na definitieve versie	Jacintha van Dijk	2-7-26

Dit rapport is samengesteld in opdracht van Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Inhoud

1 Digitale toegankelijkheid 3

2 Studiegebied 4

3 Methoden 5

3.1 Overzichtsinformatie 5

3.2 Omgevingsvariabelen 8

3.3 Details en methoden per soort 10

3.3.1 Bontbekplevier en Strandplevier 10

3.3.2 Dwergstern 13

3.3.3 Steenloper 16

3.3.4 Roodkeelduiker 18

3.3.5 Zwarte Zee-eend 21

4 Resultaten 23

4.1 Overzichtsinformatie 23

4.2 Resultaten per soort 26

4.2.1 Bontbekplevier 26

4.2.2 Strandplevier 31

4.2.3 Dwergstern 34

4.2.4 Steenloper 37

4.2.5 Roodkeelduiker 41

4.2.6 Zwarte Zee-eend 45

5 Discussie 49

Literatuur 50

Bijlage 1 – Imputatie (bijschattingen) 51

Bijlage 2 – SDmaps2 52

Bijlage 3 – Interpolatie transectgegevens 54

Bijlage 4 – Validatie 56

1 Digitale toegankelijkheid

Op verzoek van de opdrachtgever hebben wij dit document zo bruikbaar mogelijk gemaakt voor mensen met een visuele, motorische, cognitieve of andere functiebeperking. Om digitale toegankelijkheid te kunnen borgen zijn de richtlijnen uit de internationaal geaccepteerde toegankelijkheidsrichtlijnen waar mogelijk gehanteerd (WCAG 2.1 AA). Zo is de kerninformatie beschikbaar gemaakt via figuren, kleuren en lay-out, maar ook via tekst, structuur, tabelkoppen en alternatieve teksten. Ook is een toegankelijkheidscontrole uitgevoerd met PDF Accessibility Checker (PAC 2026).

2 Studiegebied

Het projectgebied beslaat de volledige Nederlandse kustzone, van Zeeuws-Vlaanderen tot en met Schiermonnikoog (figuur 1). Het beslaat de volledige duinen tot de -20 meter dieptelijn, plus een bufferzone van 350 meter landinwaarts vanaf de duinvoet. Daarnaast is bij West-Ameland een bufferzone van 350 m landinwaarts en van 2 km zeewaarts meegenomen in verband met een nabije zandsuppletie. De Waddenzee is in principe niet meegenomen, maar overlapt enigszins met het projectgebied door deze twee bufferzones.



Figuur 1. Kaart van de Nederlandse kust met het projectgebied. Het projectgebied weergegeven in blauwpaars.

3 Methoden

3.1 Overzichtsinformatie

In deze notitie worden verspreidingskaarten van verschillende vogelsoorten binnen de Nederlandse kustzone gepresenteerd. Het gaat om de volgende soorten:

- Bontbekplevier
- Strandplevier
- Dwergstern
- Steenloper
- Roodkeelduiker
- Zwarte Zee-eend

De vogelgegevens zijn afkomstig uit de periode 2020-2025. De analyse van de gegevens heeft plaatsgevonden voor vier perioden binnen het jaar:

- April-juli
- Augustus-oktober
- November-januari
- Februari-maart

Deze indeling sluit het beste aan bij de jaarcyclus van de soorten. Hoewel idealiter een indeling per soort gebruikt zou zijn, is er hier ten behoeve van de overzichtelijkheid gekozen voor vaste perioden voor alle soorten.

Voor de soorten die in Nederland broeden (Bontbekplevier, Strandplevier en Dwergstern) is zowel een analyse van de broedvogelverspreiding (broedparen) als voor het totaal aantal vogels uitgevoerd. Dit is met name van belang voor de Bontbekplevier omdat van deze soort naast onze eigen broedvogels belangwekkende aantallen noordelijker broedende vogels doortrekken in ons land.

Informatie over de voorkomen en de aantallen van vogels gedurende het jaar is verzameld in een serie verschillende projecten. De belangrijkste zijn de watervogelvogeltellingen, broedvogelonderzoek, en transect-tellingen met vliegtuigen (zie voor details sectie 3.3). Tabel 1 op de volgende twee pagina's geeft een overzicht van de beschikbare gegevens per soort en per periode die zijn gebruikt voor het maken van de verspreidingskaarten. In dit overzicht is ook aangegeven welke methode is gebruikt voor het samenstellen van de kaarten. In secties 3.2 en 3.3 zijn de details en methoden per soort gedetailleerd beschreven.

Tabel 1. Overzicht van het basismateriaal (telgegevens) van de verschillende kustvogel-soorten per periode, inclusief de beoogde methode om de dichtheids- en aantalskaarten te genereren. De afkortingen worden onderaan de tabel uitgelegd. In sectie 3.3 zijn de details en methoden per soort gedetailleerd beschreven.

Soort	**Periode**	**Basismateriaal**	**Methode kaarten**
Bontbekplevier	April – juli	BMP-Z Nestkaarten	Ruwe gegevens
	April – juli	WAVO	Imputatie & modellering met omgevingsvariabelen
	Augustus - oktober	WAVO	Imputatie & modellering met omgevingsvariabelen
	November – januari	WAVO	Imputatie & modellering met omgevingsvariabelen
	Februari - maart	WAVO	Imputatie & modellering met omgevingsvariabelen
Strandplevier	April – juli	BMP-Z Nestkaarten	Ruwe gegevens
	April – juli	WAVO	Imputatie & modellering met omgevingsvariabelen
	Augustus - oktober	WAVO	Imputatie & modellering met omgevingsvariabelen
	November – januari	Niet relevant	Niet relevant
	Februari - maart	Niet relevant	Niet relevant
Dwergstern	April – juli	Nestkaarten Kolonievogeltellingen	Ruwe gegevens
	April – juli	WAVO Transecten	Imputatie & modellering met omgevingsvariabelen & interpolatie
	Augustus - oktober	WAVO Transecten	Imputatie & modellering met omgevingsvariabelen & interpolatie
	November – januari	Niet relevant	Niet relevant
	Februari - maart	Niet relevant	Niet relevant
Steenloper	April – juli	WAVO	Imputatie & modellering met omgevingsvariabelen
	Augustus - oktober	WAVO	Imputatie & modellering met omgevingsvariabelen
	November – januari	WAVO	Imputatie & modellering met omgevingsvariabelen
	Februari - maart	WAVO	Imputatie & modellering met omgevingsvariabelen

Tabel 1 (vervolg). Overzicht van het basismateriaal (telgegevens) van de verschillende kustvogel-soorten per periode, inclusief de beoogde methode om de dichtheids- en aantalskaarten te genereren. De afkortingen worden onderaan de tabel uitgelegd.

Soort	Periode	Basismateriaal	Methode kaarten
Roodkeelduiker	April – juli	Transecten	Interpolatie
	Augustus - oktober	Transecten	Interpolatie
	November – januari	Transecten	Interpolatie & modelpredicties Waardenburg Ecology
	Februari - maart	Transecten	Interpolatie & modelpredicties Waardenburg Ecology
Zwarte Zee-eend	April – juli	Transecten	Interpolatie
	Augustus - oktober	Transecten	Interpolatie
	November – januari	Transecten Integrale tellingen WAVO	Interpolatie
	Februari - maart	Transecten Integrale tellingen WAVO	Interpolatie

***Beschrijving afkortingen en termen**:*

BMP-Z: het Meetnet Zeldzame Broedvogels. Dit zijn gestandaardiseerde jaarlijkse tellingen van broedvogelsoorten in gebieden waar ze voorkomen. Die gebieden worden 2 à 3 keer per jaar bezocht. Bij de desbetreffende soorten kunnen we uitgaan van jaarlijkse integrale tellingen. Zie Vergeer et al. (2023) voor een gedetailleerde beschrijving van de methode.

Nestkaarten: in dit project worden gegevens over nesten van strandbroeders verzameld. Het streven is om de nesten op tweewekelijkse basis te monitoren. Zie Lilipaly et al. (2026) voor een gedetailleerde beschrijving van de methode.

WAVO: maandelijkse watervogeltellingen. Zie Hornman et al. (2012) voor een gedetailleerde beschrijving van de methode.

Kolonievogeltellingen: dit zijn gestandaardiseerde jaarlijkse tellingen van broedvogelsoorten in vaste broedkolonies. Het bestaat uit 2 à 3 bezoeken per kolonie. Zie Vergeer et al. (2023) voor een gedetailleerde beschrijving van de methode.

Transecten: vliegtuigtellingen middels een steekproef van transecten in een raaienpatroon, dichter in de kustzone en minder dicht verder op zee, gebruikt. Zie van Bemmelen et al. (2025) voor een gedetailleerde beschrijving van de methode.

Integrale tellingen: deze tellingen vinden per vliegtuig in de gehele Noordzeekustzone plaats en worden driemaal per winterperiode uitgevoerd (januari, maart en november). Zie Hornman et al. (2012) voor meer informatie over de methode.

3.2 Omgevingsvariabelen

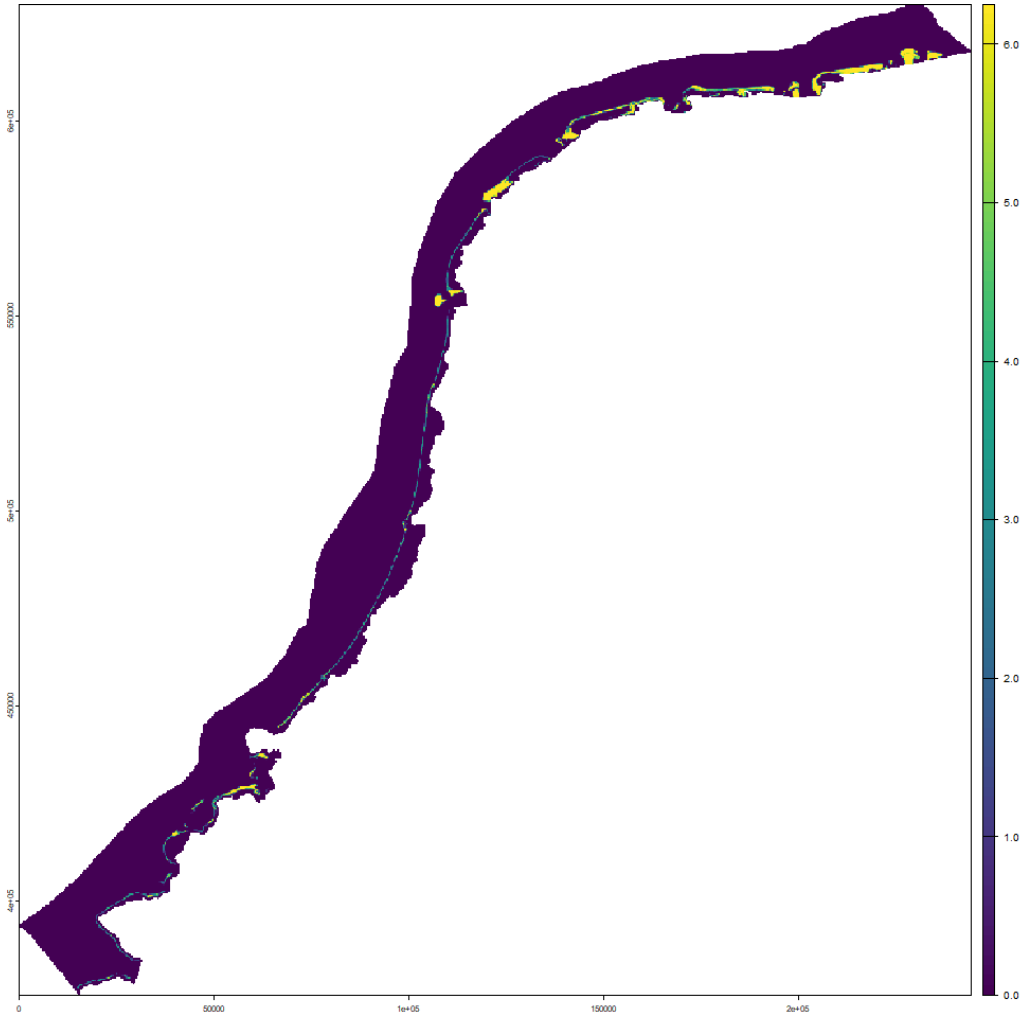
Voor het berekenen van de verwachte aantallen per 250x250m cel is gebruikgemaakt van een aantal, speciaal voor dit project berekende, omgevingskenmerken die zowel voor de watervogeltelgebieden als voor de 250m-cellen zijn bepaald. Deze omgevingskenmerken zijn enkel gebruikt om de verspreiding van de Bontbekplevier, Strandloper, Dwergstern en Steenloper (exclusief broedvogels) te modelleren (zie sectie 3.3 voor details per soort en tabel 1 voor een overzicht).

Het gaat hierbij om de volgende omgevingskenmerken:

- Lengte van de kustlijn (in m): hiertoe is een raster met hoogtegegevens van de zandige kust van Nederland gebruikt[1]. Alle waarden met een hoogtewaarde boven NAP zijn aangeduid als kust. Vervolgens zijn deze waarden omgezet in een lijn en is per cel en per watervogelgebied de lengte van deze lijn (*i.e.* de kustlijn) in meters berekend.
- Oppervlakte strand (in ha): wederom is bovenstaand raster gebruikt, maar ditmaal zijn alle hoogtewaarden tussen 0 en 5 m NAP aangeduid als strand. Vervolgens is per cel en per watervogelgebied de oppervlakte aan strand berekend (zie figuur 2).
- Oppervlakte intergetijdengebieden (in ha): wederom is bovenstaand raster gebruikt, maar ditmaal zijn alle hoogtewaarden tussen -1 en 0 NAP aangeduid als intergetijdengebied. Vervolgens is per cel de oppervlakte aan intergetijdengebied berekend en het gemiddelde voor ieder watervogelgebied.
- Aanwezigheid van basalt-beschoeiing (inclusief kribben) (in lengte (m) en oppervlakte (ha)): hiertoe is een geopackage van TOP10NL (terrein vlak) gebruikt. Bij aanwezigheid van basaltblokken en/of steenglooiing, is de lengte en de oppervlakte per cel en per watervogelgebied bepaald.
- Waterdiepte (gemiddelde, in meter): hiertoe is een raster met dieptemetingen van de zeebodem gebruikt (van het European Marine Observation and Data Network, EMODnet)[2]. Vervolgens is per cel de waterdiepte berekend en het gemiddelde voor ieder watervogelgebied.
- Afstand vanaf zee tot de kust (in meter): hiertoe is bovenstaand raster met dieptemetingen van de zeebodem gebruikt. Om de afstand tot aan de kust te verkrijgen is de afstand tot aan het dichtstbijzijnde punt zonder dieptemeting of met een dieptemeting van 0 (*i.e.* land) berekend. Dit is per cel berekend en tevens is de gemiddelde afstand voor ieder watervogelgebied berekend.
- Oppervlakte zee (in ha): bovenstaand raster met dieptemetingen van de zeebodem is ook gebruikt om de oppervlakte aan zee (in ha) per cel en de gemiddelde oppervlakte aan zee voor ieder watervogelgebied te berekenen.

[1] https://maps.rijkswaterstaat.nl/dataregister-publicatie/srv/api/records/d76f580c-6f3f-4f09-a1e2-30af5614286a

[2] https://erddap.emodnet.eu/erddap/files/bathymetry_dtm_2024/



Figuur 2. Voorbeeld van een omgevingsvariabele: de oppervlakte strand (in ha) per 250x250m-cel in het projectgebied.

3.3 Details en methoden per soort

3.3.1 Bontbekplevier en Strandplevier

Beschikbare data

Voor het verkrijgen van dichtheids- en aantalskaarten van de Bontbekplevier en Strandplevier is gebruikgemaakt van een combinatie van tellingen uit het Broedvogel Monitoring Project (BMP-Z), Nestkaarten en maandelijkse watervogeltellingen (WAVO).

BMP-Z (Sovon): het Meetnet Zeldzame Broedvogels. Dit zijn gestandaardiseerde jaarlijkse tellingen van broedvogelsoorten in gebieden waar ze voorkomen. Het bestaat uit 2 à 3 bezoeken per jaar per locatie waar de soort kan worden verwacht. We kunnen er bij deze soorten vanuit gaan dat het beeld integraal is, omdat aan deze doelsoorten extra aandacht wordt besteed en er een focus is op geschikt (potentieel) broedgebied. Daarnaast worden de gegevens aangevuld met gegevens uit Waarneming.nl, indien nodig. Zie Vergeer *et al*. (2023) voor een gedetailleerde beschrijving van de methode.

Nestkaarten (Strandbroeders, Groene Strand, Deltamilieu Projecten): in dit project worden gegevens over nesten van strandbroeders verzameld. Het streven is om de nesten op tweewekelijkse basis te monitoren. Zie Lilipaly *et al*. (2026) voor een gedetailleerde beschrijving van de methode.

WAVO (Sovon): Dit zijn maandelijkse tellingen in belangrijke en vast begrensde gebieden voor watervogels in het winterhalfjaar of jaarrond. Het omvat in dit geval de stranden inclusief de brandingszone (daarachter afhankelijk van zichtbaarheid). Zie Hornman *et al*. (2012) voor een gedetailleerde beschrijving van de methode.

Figuren 3 t/m 6 geven een beeld van een deel van de beschikbare informatie per soort. Deze kaarten geven een grof beeld van de verspreiding, maar de uiteindelijke (model)kaarten zijn in hoofdstuk 4 Resultaten te vinden.

Modellering

Binnen het broedseizoen: in het geval van de broedvogels zijn we er vrij zeker van dat ieder broedgeval bij ons bekend is, omdat exact bekend is waar de geschikte broedgebieden zijn. Als wij de dichtheden van de broedvogels zouden modelleren, zou het model broedgevallen op de drukke stranden langs de Hollandse kust voorspellen. Wij kunnen hier helaas niet voor corrigeren, omdat we geen omgevingsvariabelen hebben die representatief zijn voor de mate van recreatie in een gebied. Derhalve hebben wij besloten om het gemiddelde aantal broedparen per jaar per 250 x 250 meter cel te berekenen en weer te geven, in plaats de dichtheden modelmatig te voorspellen zoals voor de aantallen buiten het broedseizoen is gedaan (zie onderstaande tekst). Deze methode geeft alsnog een gemiddeld beeld van de verspreiding en de aantallen binnen het broedseizoen.

Buiten het broedseizoen: niet alle delen van de Nederlandse kust worden maandelijks of zelfs in elk jaar geteld. Ondanks de ontbrekende gegevens, kunnen de aantalskaarten worden verkregen door verschillende methoden te combineren:

Informatie voor de niet-getelde gebieden is aan te vullen op basis van patronen in de wel beschikbare telgegevens. De ontbrekende gegevens zijn ‘bij te schatten’ op basis van informatie uit wel getelde maanden en/of nabijgelegen gebieden (met overeenkomende habitats). Dit noemen we imputatie (zie bijlage 1 voor een gedetailleerde beschrijving).

Vervolgens zijn de aanwezigheid en aantallen voorspeld door middel van modellering op een schaal van 250 x 250 meter aan de hand van de (geïmputeerde) gemiddelde telgegevens (per maand, per jaar) en

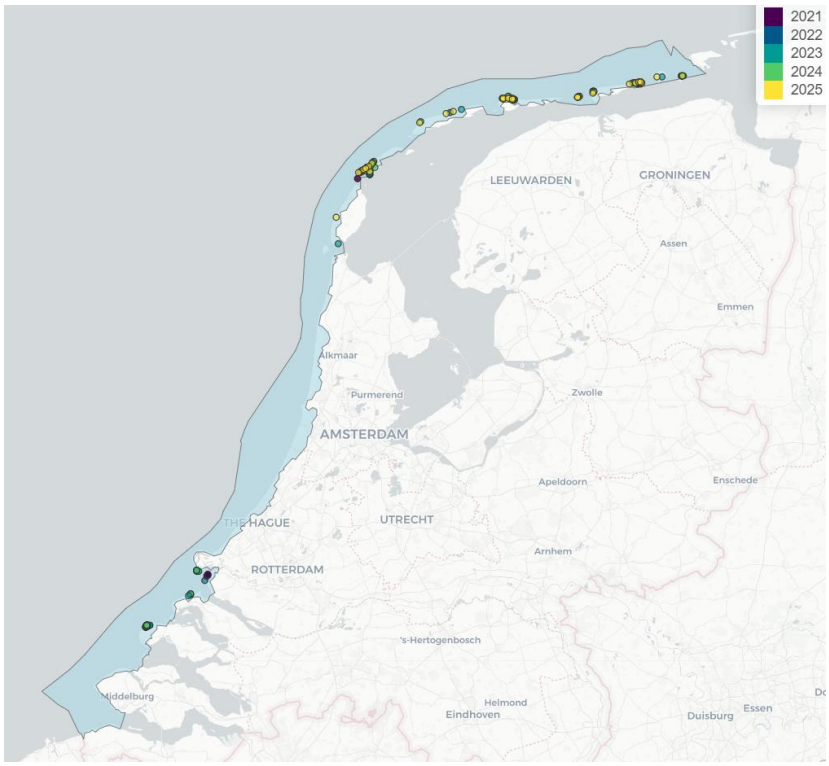
omgevingsvariabelen. Het gaat hierbij om omgevingsvariabelen die correleren met de aanwezigheid van kustvogelsoorten: de oppervlakte aan strand, zee, intergetijdengebied, en aan basaltblokken en pieren (zie sectie 3.2 voor een gedetailleerde beschrijving van de omgevingsvariabelen). Daarnaast afstand tot de kust, de zeediepte en de lengte aan kustlijn en aan basaltblokken en pieren. Als modelleertechniek is gekozen voor de zogenaamde Random Forest methode (met het R package SDmaps2). Deze methode zoekt op basis van (onder andere) de omgevingsvariabelen naar het model dat de waargenomen aantallen zo goed mogelijk beschrijft. Het uiteindelijke model wordt vervolgens gebruikt om de aantallen te schatten in de niet-onderzochte 250 x 250 meter cellen. De analyse wordt per soort en per periode gedaan, niet per jaar. Zie bijlage 2 voor een gedetailleerde beschrijving.



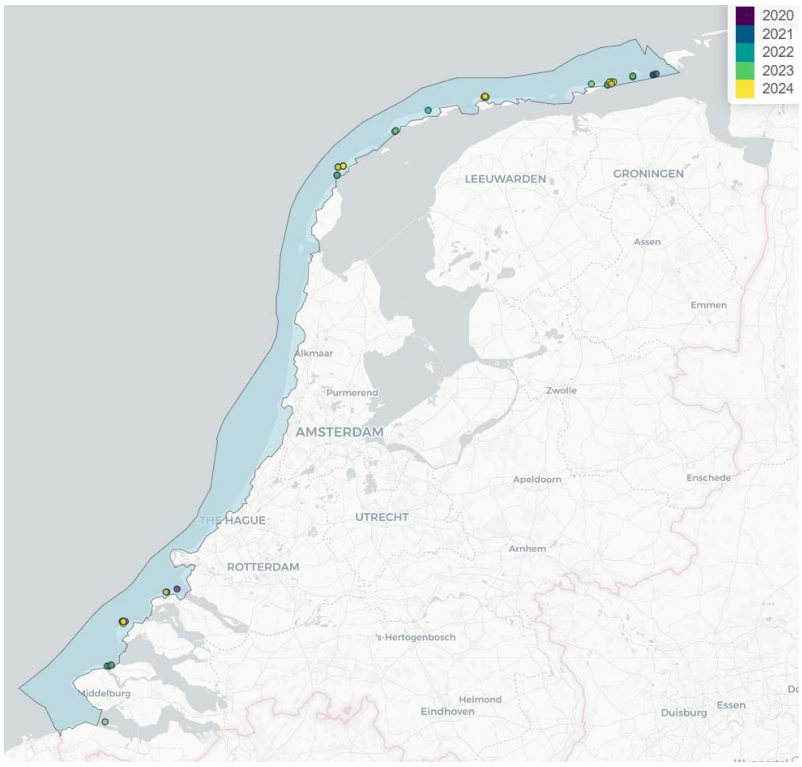
Figuur 3. Aanwezigheid van broedparen van Bontbekplevieren in de periode april – juli in de afgelopen vijf jaar in of nabij het projectgebied (in blauw). Afkomstig van BMP-Z en Nestkaarten. Deze kaart geeft een grof beeld van de verspreiding, maar de uiteindelijke (model)kaarten zijn in hoofdstuk 4 Resultaten te vinden.



Figuur 4. Positieve waarnemingen van Bontbekplevieren in de periode augustus – oktober in de afgelopen vijf jaar in of nabij het projectgebied (in blauw). Afkomstig van WAVO. Deze kaart geeft een grof beeld van de verspreiding, maar de uiteindelijke (model)kaarten zijn in hoofdstuk 4 Resultaten te vinden.



Figuur 5. Aanwezigheid strandplevierbroedparen in de periode april – juli in de afgelopen vijf jaar in of nabij het projectgebied (in blauw). Afkomstig van BMP-Z en Nestkaarten. Deze kaart geeft een grof beeld van de verspreiding, maar de uiteindelijke (model)kaarten zijn in hoofdstuk 4 Resultaten te vinden.



Figuur 6. Positieve strandplevierwaarnemingen in de periode augustus – oktober in de afgelopen vijf jaar in of nabij het projectgebied (in blauw). Afkomstig van WAVO. Deze kaart geeft een grof beeld van de verspreiding, maar de uiteindelijke (model)kaarten zijn in hoofdstuk 4 Resultaten te vinden.

3.3.2 Dwergstern

Beschikbare data

Voor het verkrijgen van dichtheids- en aantalskaarten van de Dwergstern is gebruikgemaakt van een combinatie van tellingen uit de Kolonievogeltellingen, Nestkaarten en maandelijkse watervogeltellingen (WAVO)

Kolonievogeltellingen (Sovon): dit zijn gestandaardiseerde jaarlijkse tellingen van broedvogelsoorten in vaste broedkolonies. Het bestaat uit 2 à 3 bezoeken per kolonie. Zie Vergeer *et al*. (2023) voor een gedetailleerde beschrijving van de methode.

Zie sectie 3.3.1 voor een beschrijving van de overige gegevensbronnen.

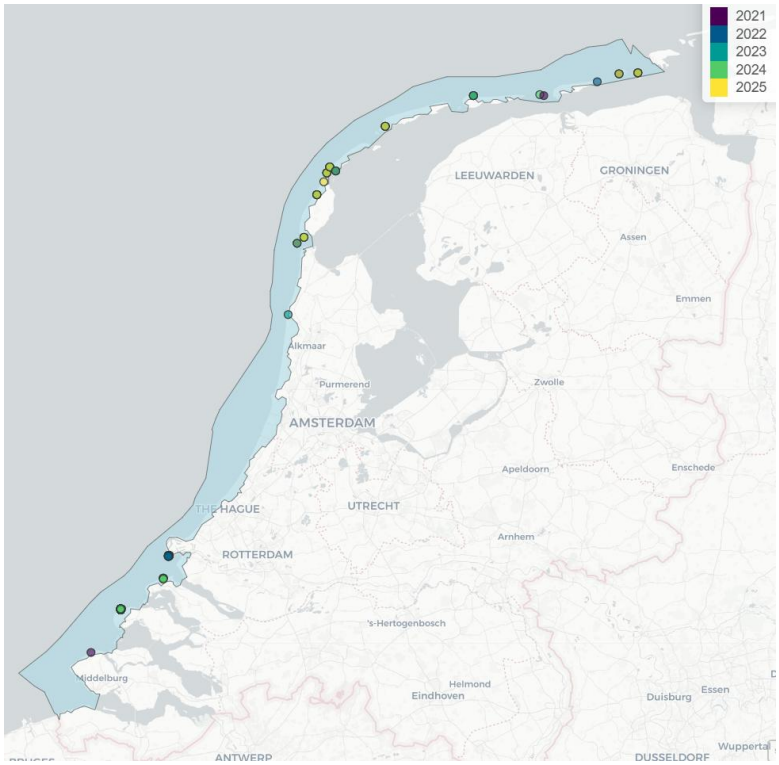
Figuren 7 en 8 geven een beeld van een deel van de beschikbare informatie per soort. Deze kaarten geven een grof beeld van de verspreiding, maar de uiteindelijke (model)kaarten zijn in hoofdstuk 4 Resultaten te vinden.

Daarnaast zijn de transect-tellingen gebruikt. Dit zijn vliegtuigtellingen middels een steekproef van transecten in een raaienpatroon, dichter in de kustzone en minder dicht verder op zee. In opdracht van Rijkswaterstaat worden door Waardenburg Ecology (vrijwel) maandelijkse tellingen uitgevoerd door vanuit een vliegtuig wat haaks vliegt op de kust transecten te tellen die 4 km uit elkaar liggen (zie figuur 9). Deze hoge dichtheid aan transecten bestrijkt vrijwel de gehele Noordzee in projectgebied. In een klein deel van het projectgebied meer dan 10 km uit de kust liggen de transecten verder uit elkaar.

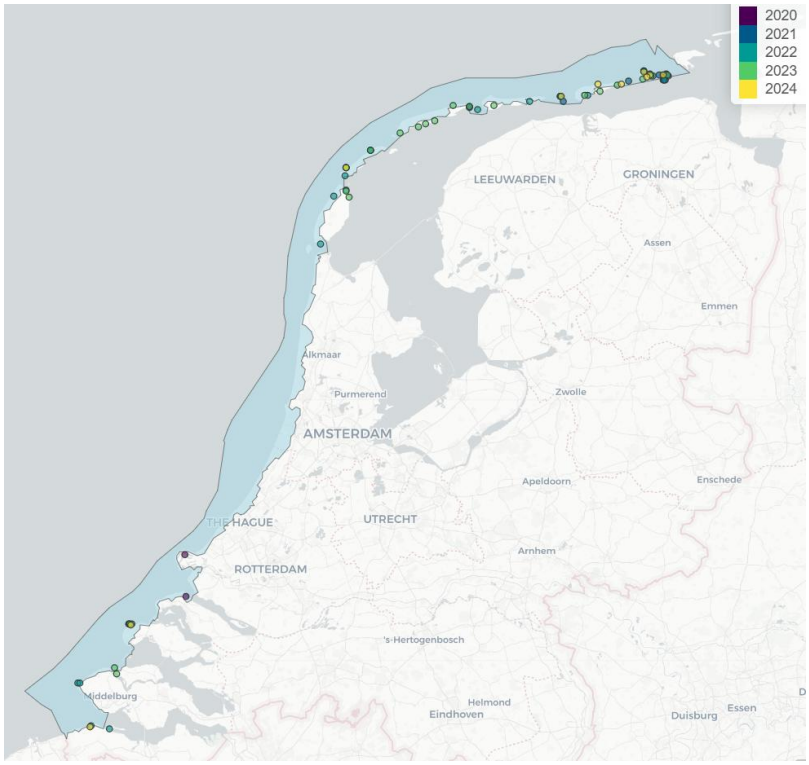
Modellering

Binnen het broedseizoen: Voor de Dwergstern is exact dezelfde aanpak gebruikt als voor de Bontbekplevier en de Strandplevier (zie sectie 3.3.1 Modellering).

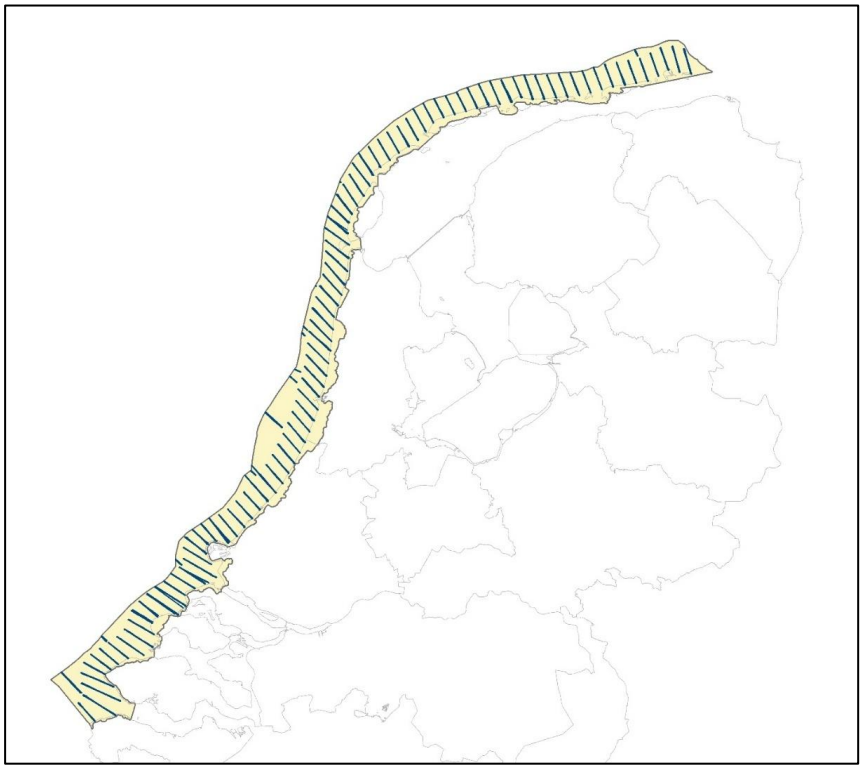
Buiten het broedseizoen: Voor de Dwergstern is dezelfde aanpak gebruikt als voor de Bontbekplevier en de Strandplevier (zie sectie 3.3.1 Modellering). Echter, aangezien de Dwergstern op zee foerageert, zijn de voorspellingen van het model (dat voornamelijk op landtellingen is gebaseerd) aangevuld met voorspellingen boven zee. Derhalve zijn de voorspellingen van SDmaps2 gecombineerd met de geïnterpoleerde resultaten van de transect-tellingen boven zee. Zie bijlage 2 voor een gedetailleerde beschrijving.



Figuur 7. Aanwezigheid dwergsternbroedparen in de periode april – juli in de afgelopen vijf jaar in of nabij het projectgebied (in blauw). Afkomstig van Kolonievogeltellingen en Nestkaarten. Deze kaart geeft een grof beeld van de verspreiding, maar de uiteindelijke (model)kaarten zijn in hoofdstuk 4 Resultaten te vinden.



Figuur 8. Positieve dwergsternwaarnemingen in de periode augustus – oktober in de afgelopen vijf jaar in of nabij het projectgebied (in blauw). Afkomstig van WAVO. Deze kaart geeft een grof beeld van de verspreiding, maar de uiteindelijke (model)kaarten zijn in hoofdstuk 4 Resultaten te vinden.



Figuur 9. Ligging van de vliegtuigtransecten (in blauw) in het projectgebied (in geel).

3.3.3 Steenloper

Beschikbare data

Voor het verkrijgen van aantalskaarten van de Steenloper worden uitsluitend maandelijkse watervogeltellingen gebruikt (WAVO). Dit zijn maandelijkse tellingen in belangrijke en vast begrensde gebieden voor watervogels in het winterhalfjaar of jaarrond. Het omvat in dit geval de stranden inclusief de brandingszone (daarachter afhankelijk van zichtbaarheid).

Figuur 10 geeft een beeld van een deel van de beschikbare informatie. Deze kaart geeft een grof beeld van de verspreiding, maar de uiteindelijke (model)kaarten zijn in hoofdstuk 4 Resultaten te vinden.

Modellering

Niet alle delen van de Nederlandse kust worden maandelijks of zelfs in elk jaar geteld. Ondanks de ontbrekende gegevens, kunnen de aantalskaarten worden verkregen door verschillende methoden te combineren:

- Informatie voor de niet-getelde gebieden is aan te vullen op basis van patronen in de wel beschikbare telgegevens. De ontbrekende gegevens zijn 'bij te schatten' op basis van informatie uit wel getelde maanden en/of nabijgelegen gebieden (met overeenkomende habitats). Dit noemen we imputatie (zie bijlage 1).
- Vervolgens zijn de aanwezigheid en aantallen voorspeld door modellering van aantallen op een schaal van 250 x 250 meter aan de hand van de (geïmputeerde) telgegevens en omgevingsvariabelen. Het gaat hierbij om omgevingsvariabelen die correleren met de aanwezigheid van kustvogelsoorten: de oppervlakte aan strand, zee, intergetijdengebied, en aan basaltblokken en pieren. Daarnaast afstand tot de kust, de zeediepte en de lengte aan kustlijn en aan basaltblokken en pieren (zie sectie 3.2 voor een gedetailleerde beschrijving). Als modelleertechniek kozen we voor de zogenaamde Random Forest methode (met het R package SDmaps2). Deze methode zoekt op basis van (onder andere) de omgevingsvariabelen naar het model dat de waargenomen aantallen zo goed mogelijk beschrijft. Het uiteindelijke model wordt vervolgens gebruikt om de aantallen te schatten in de niet-onderzochte 250 x 250 meter cellen. Zie bijlage 2 voor een gedetailleerde beschrijving.



Figuur 10. Positieve steenloperwaarnemingen in de periode augustus – oktober in de afgelopen vijf jaar in of nabij het projectgebied (in blauw). Afkomstig van WAVO. Deze kaart geeft een grof beeld van de verspreiding, maar de uiteindelijke (model)kaarten zijn in hoofdstuk 4 Resultaten te vinden.

3.3.4 Roodkeelduiker

Beschikbare data

Voor het verkrijgen van aantalskaarten van de Roodkeelduiker worden vliegtuigtellingen middels een steekproef van transecten in een raaienpatroon, dichter in de kustzone en minder dicht verder op zee, gebruikt.

Figuur 11 geeft een beeld van een deel van de beschikbare informatie. Deze kaart geeft een grof beeld van de verspreiding, maar de uiteindelijke (model)kaarten zijn in hoofdstuk 4 Resultaten te vinden.

Modellering

Op basis van de transect-tellingen zijn door middel van een ruimtelijke interpolatie verspreidingsbeelden gegenereerd (zie bijlage 3 voor een gedetailleerde uitleg). Deze relatieve dichtheidskaarten zijn vervolgens omgezet in absolute kaarten door de verhouding tussen de som van de aantallen in de relatieve dichtheidskaart en het populatietotaal in het projectgebied te bepalen en deze toe te passen op de aantallen in de relatieve dichtheidskaart (zie tabel 2 voor een versimpeld voorbeeld). Op die manier is het populatietotaal verdeeld over de kaart volgens het verspreidingspatroon van de ruimtelijke interpolatie.

Die totale aanwezige aantallen (populatietotaal of populatieomvang) zijn op verschillende manieren verkregen, afhankelijk van de periode:

- **November - januari & februari - maart**:

  Met behulp van de waargenomen aantallen en de afstand tot het vliegtuig is het voor niet al te geclusterde voorkomende soorten, zoals de Roodkeelduiker, mogelijk om met behulp van ruimtelijk expliciete modellen een schatting te maken van de dichtheid op de Noordzee. Voor de perioden november – januari en februari – maart heeft Waardenburg Ecology dergelijke analyses uitgevoerd (zie figuur 12). Echter, de eenheid van de waarden is aantal Roodkeelduikers per km^2 en de rastercellen zelf zijn een stuk groter, namelijk 5x5 km. Deze schaal is velen malen groter dan gewenst voor het huidige project. Daarom zijn de ruimtelijke interpolaties zoals hierboven beschreven uitgevoerd per periode en zijn de modelpredicties van Waardenburg Ecology enkel gebruikt om een schatting te maken van het totaalaantal Roodkeelduikers in het projectgebied per periode. Dit totaalaantal is berekend door de oppervlakte zee per 5x5 km-cel in het projectgebied te berekenen en dit te combineren met de gemodelleerde dichtheid voor die cel. Dit geeft het aantal Roodkeelduikers per 5x5 km-cel en sommatie levert dan een totaalaantal voor het projectgebied op. In het geval van meerdere totaalaantallen (*i.e.* meerdere modelpredicties van Waardenburg Ecology) binnen één periode in hetzelfde jaar, werd het maximale totaalaantal geselecteerd om vervolgens het gemiddelde totaalaantal per jaar mee te berekenen (*i.e.* gemiddeld seizoensmaximum). Vervolgens is het populatietotaal verdeeld over de kaart volgens het verspreidingspatroon uit de hierboven ruimtelijke interpolatie.

- **April – juli & augustus – oktober**:

  De modelberekeningen van Waardenburg Ecology zijn beperkt tot de perioden november-januari en februari-maart. Voor de perioden april – juli en augustus – oktober zijn geen modelberekeningen beschikbaar. Er zijn echter populatieaantallen van de transect-tellingen zelf beschikbaar. Voor het bepalen van de populatieomvang is de som van de transect-tellingen berekend en vervolgens is berekend wat de verwachte populatieomvang zou zijn indien

modelberekeningen van Waardenburg Ecology beschikbaar waren. Deze verwachte populatieomvang is berekend door de gemiddelde verhouding tussen de som van de transect-tellingen en het populatietotaal op basis van de modelberekeningen van Waardenburg Ecology (gebaseerd op de gegevens uit de perioden november – januari en februari maart) in het projectgebied te berekenen en deze verhouding toe te passen op de som van de transect-tellingen in april – juli en in augustus – oktober. Vervolgens werd dit verwachte populatietotaal verdeeld over de kaart volgens het verspreidingspatroon dat uit de ruimtelijke interpolatie naar voren kwam.

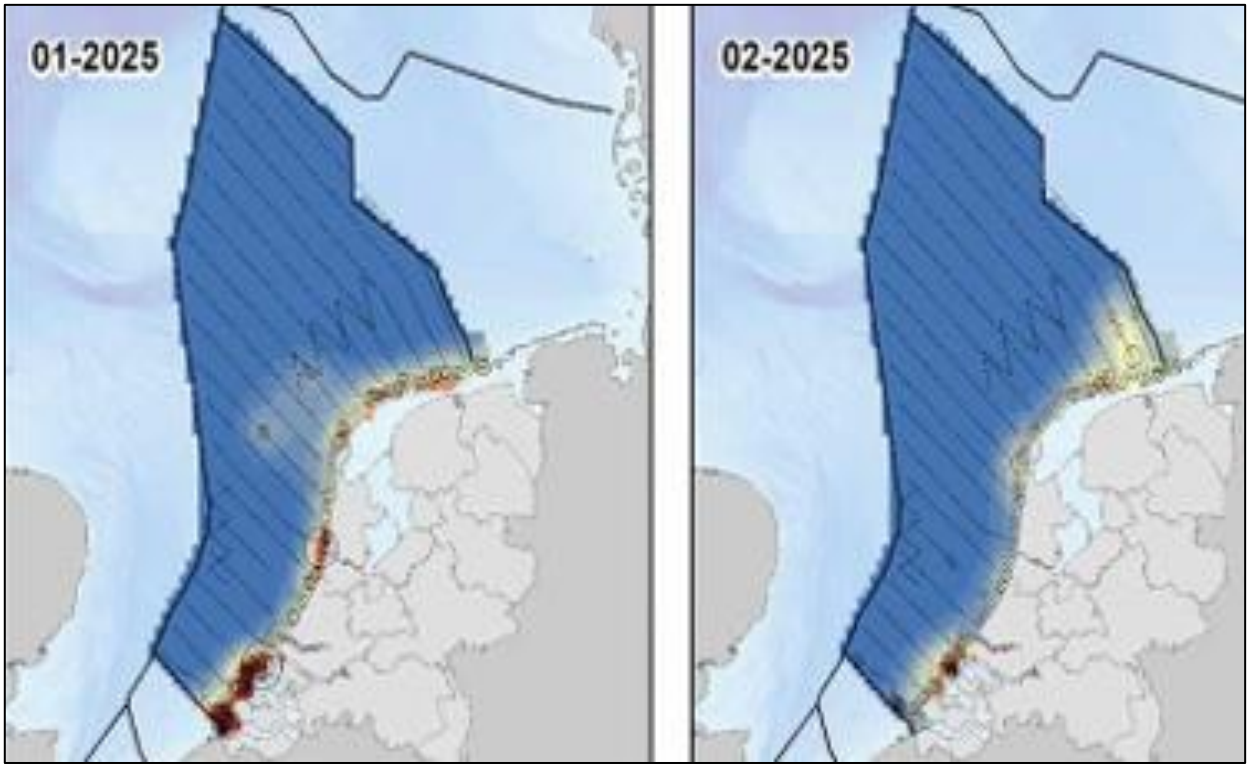
Tabel 2. Versimpeld voorbeeld van hoe relatieve dichtheidskaarten (verkregen d.m.v. ruimtelijke interpolatie) kunnen worden omgezet in absolute kaarten door de populatieomvang te gebruiken. De populatieomvang kan met behulp van de modelpredicties van Waardenburg Ecology (in het geval van Roodkeelduiker) of de integrale vliegtuigtellingen (in het geval van Zwarte Zee-eend) worden verkregen.

Rastercel-ID	**Relatieve dichtheid na ruimtelijke interpolatie**	**Populatieomvang in projectgebied**	**Aantal**
1	0.2	-	0.2 x 500 = 100
2	0.3	-	0.3 x 500 = 150
3	0.5	-	0.5 x 500 = 250
Totaal	1.0	500	500



Figuur 11. Positieve roodkeelduikerwaarnemingen in de periode november – januari in de afgelopen vijf jaar in of nabij het projectgebied (in blauw). Afkomstig van de transecten. Deze kaart geeft een grof beeld van de verspreiding, maar de uiteindelijke (model)kaarten zijn in hoofdstuk 4 Resultaten te vinden.

Figuur 12. Voorbeeld van dichtheidskaarten van de Roodkeelduiker zoals gemodelleerd door Waardenburg Ecology. Uit: van



Bemmelen et al. (2025).

3.3.5 Zwarte Zee-eend

Beschikbare data

Voor het verkrijgen van aantalskaarten van de Zwarte Zee-eend is gebruikgemaakt van een combinatie van de transect-tellingen, integrale vliegtuigtellingen van zee-eenden, en WAVO (zie secties 3.3.1 en 3.3.2 Beschikbare data).

De integrale vliegtuigtellingen van zee-eenden vinden per vliegtuig in de gehele Noordzeekustzone plaats en worden driemaal per winterperiode uitgevoerd (januari, maart en november). De vliegroute ligt evenwijdig aan de kust maar verschilt per telling omdat zij er op gericht is om grote(re) groepen eenden zo goed mogelijk te tellen. Zie Hornman *et al*. (2012) voor meer informatie over de methode.

Figuur 13 geeft een beeld van een deel van de beschikbare informatie. Deze kaart geeft een grof beeld van de verspreiding, maar de uiteindelijke (model)kaarten zijn in hoofdstuk 4 Resultaten te vinden.

Modellering

Op basis van de transect-tellingen zijn, net zoals voor de Roodkeelduiker, door middel van een ruimtelijke interpolatie verspreidingsbeelden gegenereerd (zie bijlage 3 voor een gedetailleerde uitleg). Deze relatieve dichtheidskaarten zijn ook hier omgezet in absolute kaarten door de verhouding tussen de som van de aantallen in de relatieve dichtheidskaart en het populatietotaal in het projectgebied te bepalen en deze toe te passen op de aantallen in de relatieve dichtheidskaart (zie tabel 2 voor een versimpeld voorbeeld). Op die manier is het populatietotaal verdeeld over de kaart volgens het verspreidingspatroon van de ruimtelijke interpolatie.

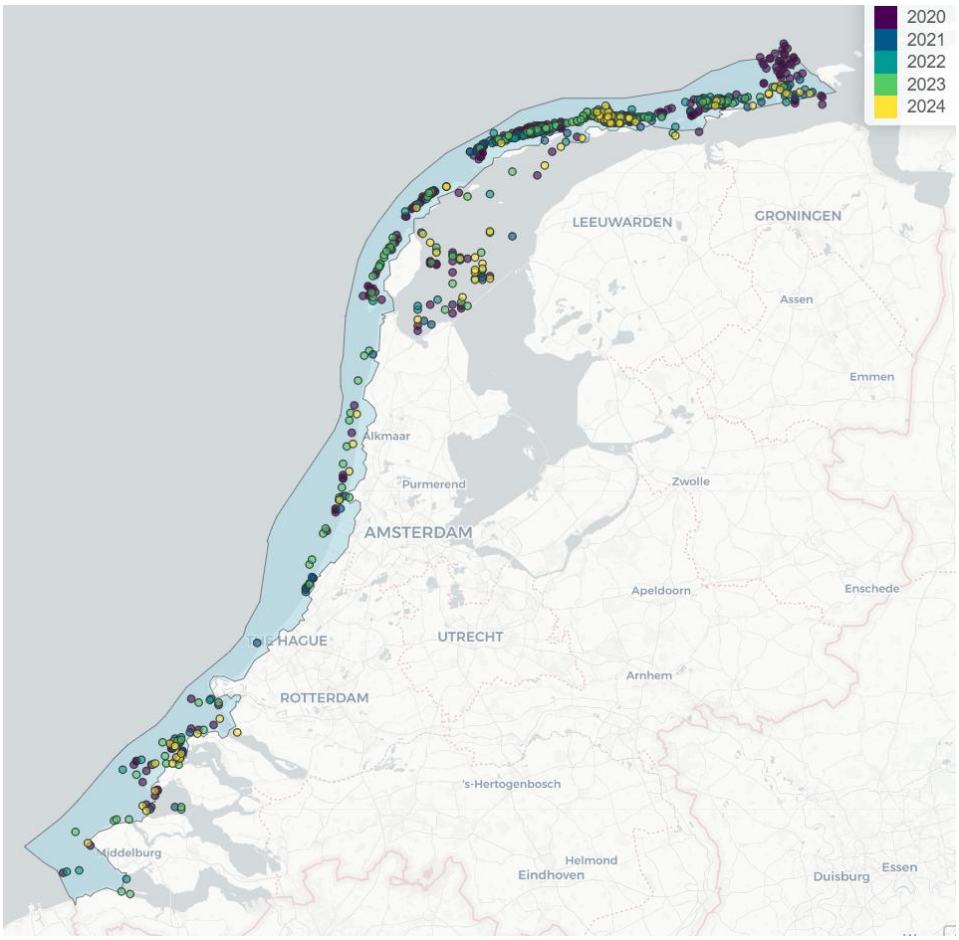
Die totale aanwezige aantallen (populatietotaal of populatieomvang) zijn op verschillende manieren verkregen, afhankelijk van de periode:

- **November - januari & februari - maart**:

  Voor zowel de periode november – januari als voor februari – maart is de populatieomvang bepaald door de gemiddelde som per jaar van de integrale vliegtuigtellingentellingen en de WAVO tellingen in het projectgebied te berekenen. Met de WAVO tellingen is de Voordelta gedekt, terwijl de integrale vliegtuigtellingen het overige deel van de Nederlandse kust dekken. In het geval van meerdere tellingen binnen één periode in hetzelfde jaar, werd het maximale aantal geselecteerd om de gemiddelde som mee te berekenen (*i.e.* gemiddeld seizoensmaximum). Vervolgens werd het populatietotaal verdeeld over de kaart volgens het verspreidingspatroon dat uit de hierboven beschreven ruimtelijke interpolatie naar voren kwam.

- **April – juli & augustus – oktober**:

  Integrale vliegtuigtellingentellingen zijn alleen beschikbaar uit de perioden november-januari en februari-maart. Er zijn echter uit de andere twee perioden wel transect-tellingen beschikbaar. Voor het bepalen van de populatieomvang is de som van de transect-tellingen berekend en vervolgens is berekend wat de verwachte populatieomvang zou zijn indien integrale vliegtuigtellingen waren uitgevoerd. Deze verwachte populatieomvang is berekend door de gemiddelde verhouding tussen de som van de transect-tellingen en de som van de integrale vliegtuigtellingen (gebaseerd op de gegevens uit de perioden november – januari en februari maart) in het projectgebied te berekenen en deze verhouding toe te passen op de som van de transect-tellingen in april – juli en in augustus – oktober. Vervolgens werd het verwachte populatietotaal verdeeld over de kaart volgens het verspreidingspatroon uit de ruimtelijke interpolatie.



Figuur 13. Positieve zwarte zee-eendwaarnemingen in de periode november – januari in de afgelopen vijf jaar in of nabij het projectgebied (in blauw). Afkomstig van de integrale vliegtuigtellingen en WAVO. Deze kaart geeft een grof beeld van de verspreiding, maar de uiteindelijke (model)kaarten zijn in hoofdstuk 4 Resultaten te vinden.

4 Resultaten

4.1 Overzichtsinformatie

Op de volgende pagina's worden de dichtheids- en aantalskaarten getoond. Indien kaarten van een bepaalde periode of locatie missen dan zijn de soorten niet waargenomen, zijn de soorten wel waargenomen maar zijn de voorspelde aantallen zo laag dat ze niet waarneembaar zijn (<0.001 vogels per 250 m x 250 m raster cel), en/of bevond minder dan 1% van de flyway-populatie zich in het projectgebied.

Ter validatie van de resultaten zijn de datapunten samen met de modeluitkomsten in kaart gebracht (zie bijlage 4. Validatie, figuren 40 t/m 45). Om de zichtbaarheid te vergroten, is ervoor gekozen om in te zoomen op het gebied met de hoogste variatie in aantallen, in dit geval het Waddengebied.

Alle verspreidingskaarten zijn op verschillende manieren beschikbaar gemaakt als digitale bijlage (zie ook tabel 3). De bijlagen zijn geordend per soort en binnen een soort per periode (april-juli, augustus-oktober, februari-maart, november-januari)

De geleverde bestanden variëren per soort.

Bontbekplevier, Dwergstern, Steenloper, Strandplevier

- broed_<soortnaam>.gpkg: broedlocaties van de broedvogels als geopackage
- gem_broed_<soortnaam>.png: afbeelding van gemiddeld aantal broedparen per 250m-cel
- predicted_count_<soortnaam>_final.tif: gemodelleerd aantal vogels per 250m-cel als geotif
- predicted_count_<soortnaam>NL.html: idem, maar dan als zoombaar html-bestand. Linksboven in de kaart is ook de ondergrond aan te passen
- predicted_count_<soortnaam>NL.png: idem, als Plaatje

Bij Steenloper ontbreken de broed-bestanden omdat deze soort niet broedt in Nederland

Roodkeelduiker en Zwarte Zee-eend:

- interpolated_count_<soortnaam>NL.html: zoombare kaart met het aantal vogels per 250m-cel
- interpolated_count_<soortnaam>NL.png: idem als Plaatje
- <soortnaam>_<periode> _aantal per 250m_cel.tif: geotif met het aantal vogels per 250m-cel

Tabel 3. Overzicht van de dichtheidskaarten en de onderliggende data van de verschillende kustvogelsoorten per periode.

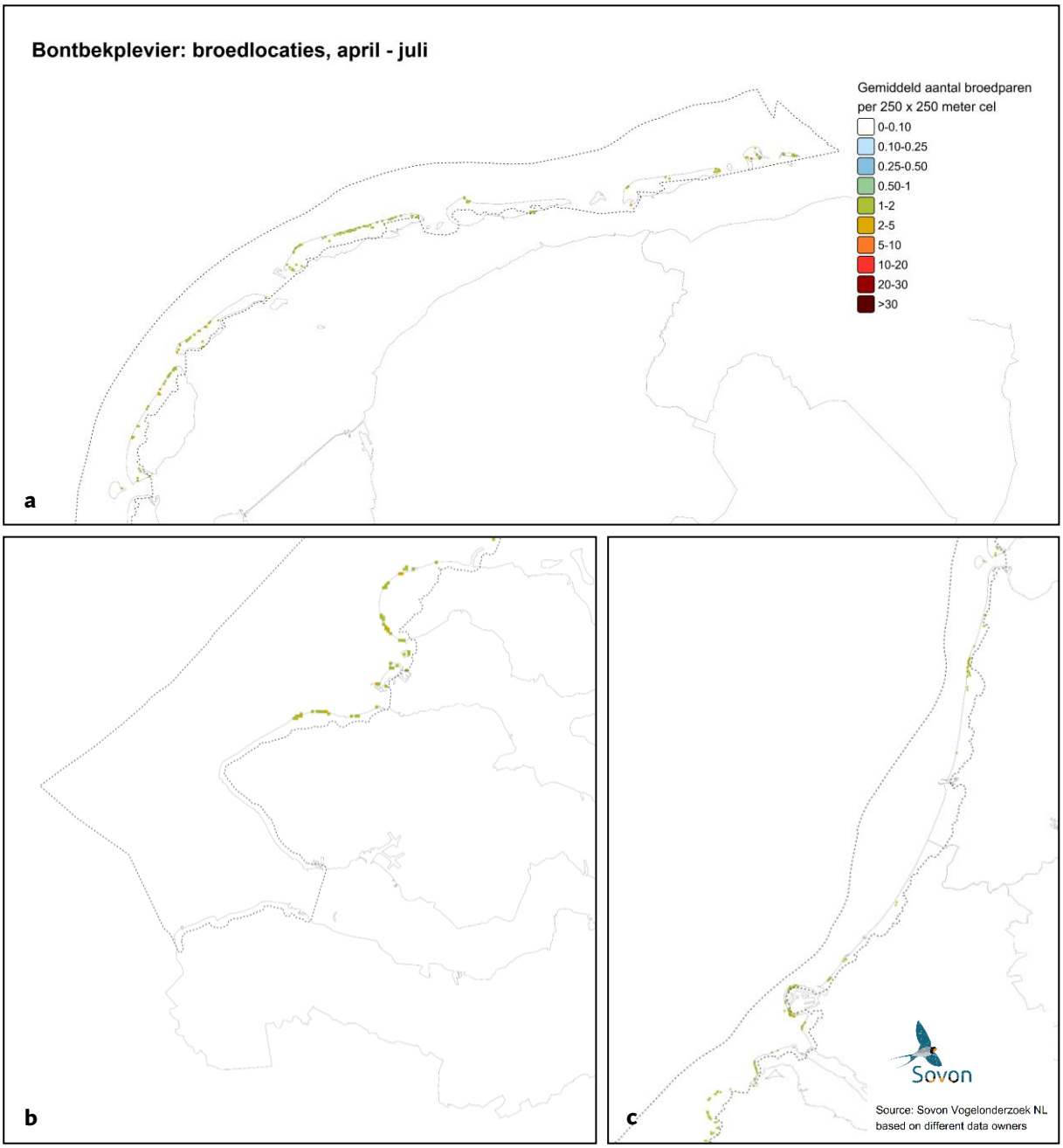
Soort	Periode	Kaartbeeld(en)	Onderliggende data
Bontbekplevier	Apr – jul	PNG gemiddeld aantal broedparen: Bontbekplevier\april - juli\gem_broed_BontbekplevierNL.html HTML gemiddeld aantal broedparen: Bontbekplevier\april - juli\gem_broed_BontbekplevierNL.png	Bontbekplevier\april - juli\broed_Bontbekplevier.gpkg
	Apr – jul	PNG: Bontbekplevier\april - juli\predicted_count_BontbekplevierNL.png HTML: Bontbekplevier\april - juli\predicted_count_BontbekplevierNL.html	Bontbekplevier\april - juli\predicted_count_Bontbekplevier_final.tif
	Aug - okt	PNG: Bontbekplevier\augustus - oktober\predicted_count_BontbekplevierNL.png HTML: Bontbekplevier\augustus - oktober\predicted_count_BontbekplevierNL.html	Bontbekplevier\augustus - oktober\predicted_count_Bontbekplevier_final.tif
	Nov – jan	PNG: Bontbekplevier\november - januari\predicted_count_BontbekplevierNL.png HTML: Bontbekplevier\november - januari\predicted_count_BontbekplevierNL.html	Bontbekplevier\november - januari\predicted_count_Bontbekplevier_final.tif
	Feb - maa	PNG: Bontbekplevier\februari - maart\predicted_count_BontbekplevierNL.png HTML: Bontbekplevier\februari - maart\predicted_count_BontbekplevierNL.html	Bontbekplevier\februari - maart\predicted_count_Bontbekplevier_final.tif
Strandplevier	Apr – jul	PNG gemiddeld aantal broedparen: Strandplevier\april - juli\gem_broed_StrandplevierNL.html HTML gemiddeld aantal broedparen: Strandplevier\april - juli\gem_broed_StrandplevierNL.png	Strandplevier\april - juli\broed_Strandplevier.gpkg
	Apr – jul	PNG: Strandplevier\april - juli\predicted_count_StrandplevierNL.png HTML: Strandplevier\april - juli\predicted_count_StrandplevierNL.html	Strandplevier\april - juli\predicted_count_Strandplevier_final.tif
	Aug - okt	PNG: Strandplevier\augustus - oktober\predicted_count_StrandplevierNL.png HTML: Strandplevier\augustus - oktober\predicted_count_StrandplevierNL.html	Strandplevier\augustus - oktober\predicted_count_Strandplevier_final.tif
	Nov – jan	Niet relevant	Niet relevant
	Feb - maa	Niet relevant	Niet relevant
Dwergstern	Apr – jul	PNG gemiddeld aantal broedparen: Dwergstern\april - juli\gem_broed_DwergsternNL.html HTML gemiddeld aantal broedparen: Dwergstern\april - juli\gem_broed_DwergsternNL.png	Dwergstern\april - juli\broed_Dwergstern.gpkg
	Apr – jul	PNG: Dwergstern\april - juli\predicted_count_DwergsternNL_FINAL.png HTML: Dwergstern\april - juli\predicted_count_DwergsternNL_FINAL.html	Dwergstern\april - juli\predicted_count_Dwergstern_final.tif
	Aug - okt	PNG: Dwergstern\augustus - oktober\predicted_count_DwergsternNL_FINAL.png HTML: Dwergstern\augustus - oktober\predicted_count_DwergsternNL_FINAL.html	Dwergstern\augustus - oktober\predicted_count_Dwergstern_final.tif
	Nov – jan	Niet relevant	Niet relevant
	Feb - maa	Niet relevant	Niet relevant

Tabel 3 (vervolg). Overzicht van de dichtheidskaarten en de onderliggende data van de verschillende kustvogelsoorten per periode.

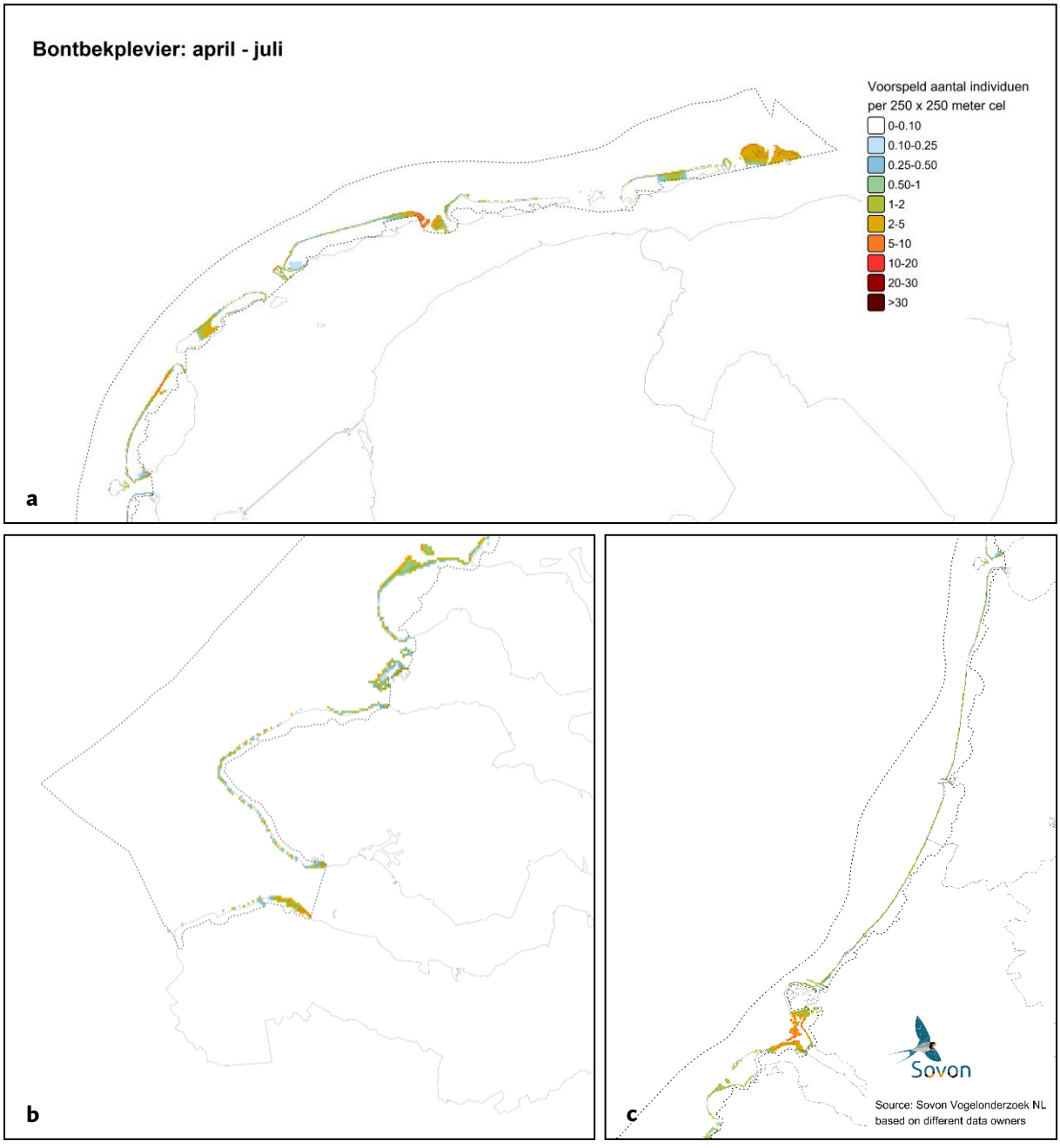
Soort	Periode	Kaartbeeld(en)	Onderliggende data
Steenloper	Apr – jul	PNG: Steenloper\april - juli\predicted_count_SteenloperNL.png HTML: Steenloper\april - juli\predicted_count_SteenloperNL.html	Steenloper\april - juli\predicted_count_Steenloper_final.tif
	Aug - okt	PNG: Steenloper\augustus - oktober\predicted_count_SteenloperNL.png HTML: Steenloper\augustus - oktober\predicted_count_SteenloperNL.html	Steenloper\augustus - oktober\predicted_count_Steenloper_final.tif
	Nov - jan	PNG: Steenloper\november - januari\predicted_count_SteenloperNL.png HTML: Steenloper\november - januari\predicted_count_SteenloperNL.html	Steenloper\november - januari\predicted_count_Steenloper_final.tif
	Feb - maa	PNG: Steenloper\februari - maart\predicted_count_SteenloperNL.png HTML: Steenloper\februari - maart\predicted_count_SteenloperNL.html	Steenloper\februari - maart\predicted_count_Steenloper_final.tif
Roodkeelduiker	Apr – jul	PNG: Roodkeelduiker\april - juli\interpolated_count_RoodkeelduikerNL.png HTML: Roodkeelduiker\april - juli\interpolated_count_RoodkeelduikerNL.html	Roodkeelduiker\april - juli\Roodkeelduiker_april-juli_aantal per 250m_cel.tif
	Aug - okt	PNG: Roodkeelduiker\augustus - oktober\ interpolated_count_RoodkeelduikerNL.png HTML: Roodkeelduiker\augustus - oktober \interpolated_count_RoodkeelduikerNL	Roodkeelduiker\augustus - oktober\Roodkeelduiker_augustus-oktober_aantal per 250m_cel.tif
	Nov – jan	PNG: Roodkeelduiker\november - januari\interpolated_count_RoodkeelduikerNL HTML: Roodkeelduiker\november - januari\interpolated_count_RoodkeelduikerNL	Roodkeelduiker\november - januari\Roodkeelduiker_november-januari_aantal per 250m_cel
	Feb - maa	PNG: Roodkeelduiker\februari - maart\interpolated_count_RoodkeelduikerNL.png HTML: Roodkeelduiker\februari - maart\interpolated_count_RoodkeelduikerNL.html	Roodkeelduiker\februari - maart\Roodkeelduiker_februari-maart_aantal per 250m_cel.tif
Zwarte Zee-eend	Apr – jul	PNG: Zwarte Zee-eend\april - juli\interpolated_count_Zwarte Zee-eendNL.png HTML: Zwarte Zee-eend\april - juli\interpolated_count_Zwarte Zee-eendNL.html	Zwarte Zee-eend\april - juli\Zwarte Zee-eend_april-juli_aantal per 250m_cel.tif
	Aug - okt	PNG: Zwarte Zee-eend\augustus - oktober\interpolated_count_Zwarte Zee-eendNL.png HTML: Zwarte Zee-eend\augustus - oktober\interpolated_count_Zwarte Zee-eendNL.html	Zwarte Zee-eend\augustus - oktober\Zwarte Zee-eend_augustus-oktober_aantal per 250m_cel.tif
	Nov – jan	PNG: Zwarte Zee-eend\februari - maart\interpolated_count_Zwarte Zee-eendNL.png HTML: Zwarte Zee-eend\februari - maart\interpolated_count_Zwarte Zee-eendNL.html	Zwarte Zee-eend\februari - maart\Zwarte Zee-eend_februari-maart_aantal per 250m_cel.tif
	Feb - maa	PNG: Zwarte Zee-eend\november - januari\interpolated_count_Zwarte Zee-eendNL.png HTML: Zwarte Zee-eend\november - januari\interpolated_count_Zwarte Zee-eendNL.html	Zwarte Zee-eend\november - januari\Zwarte Zee-eend_november-januari_aantal per 250m_cel.tif

4.2 Resultaten per soort

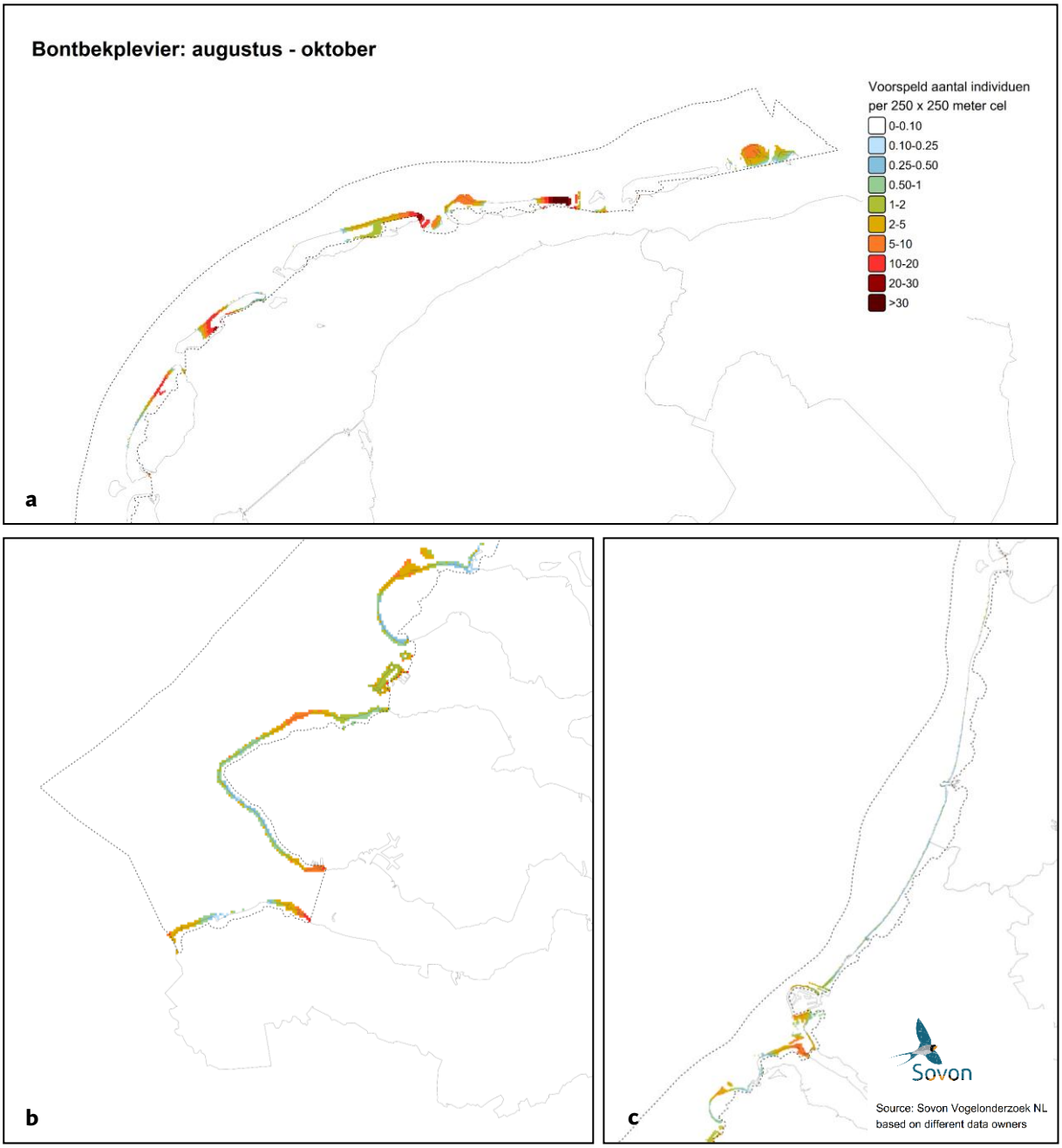
4.2.1 Bontbekplevier



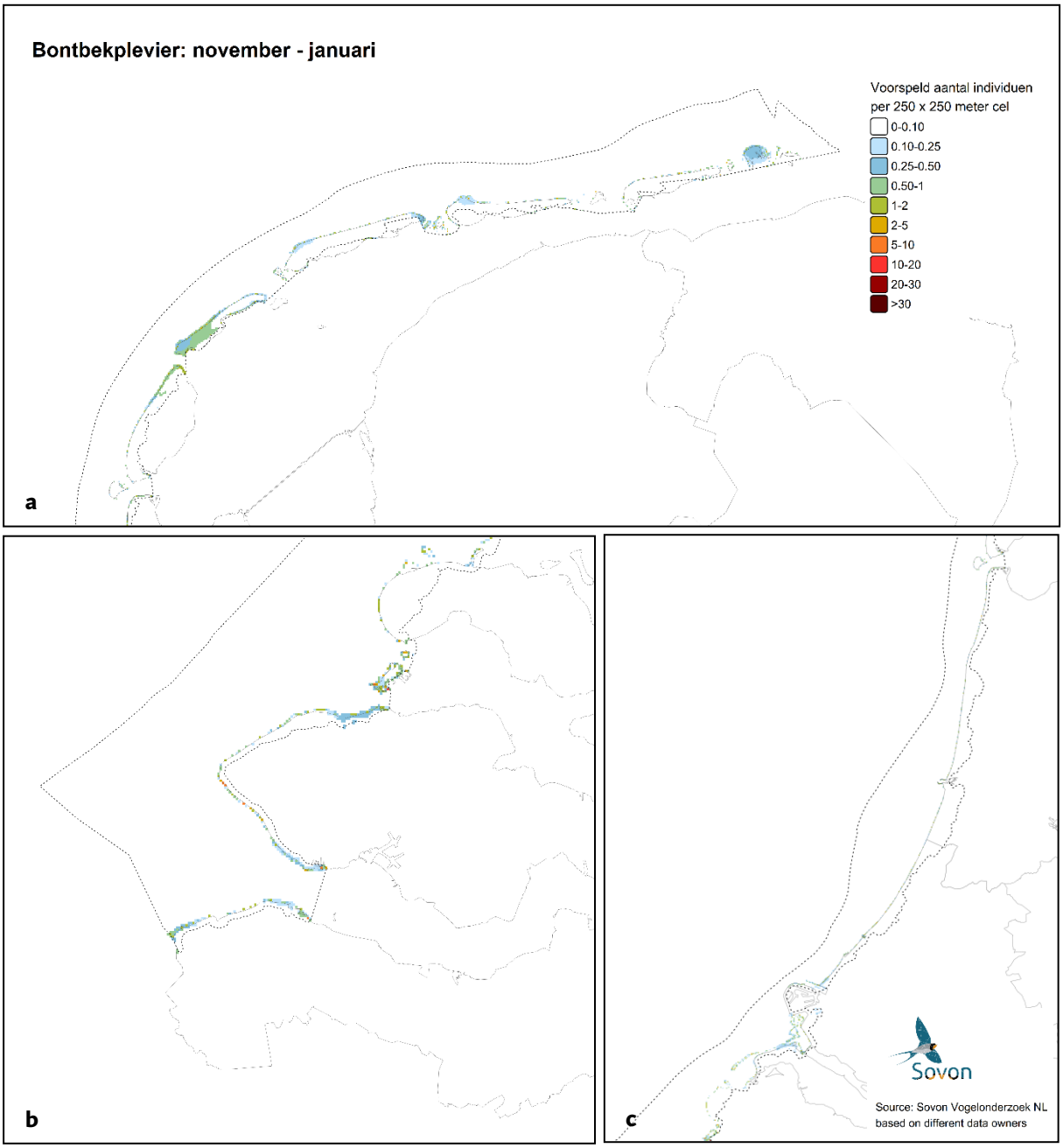
Figuur 14. Uitsneden van het gemiddelde aantal bontbekplevierbroedparen per jaar per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone. De grens van het projectgebied wordt aangegeven door de zwarte stippellijn.



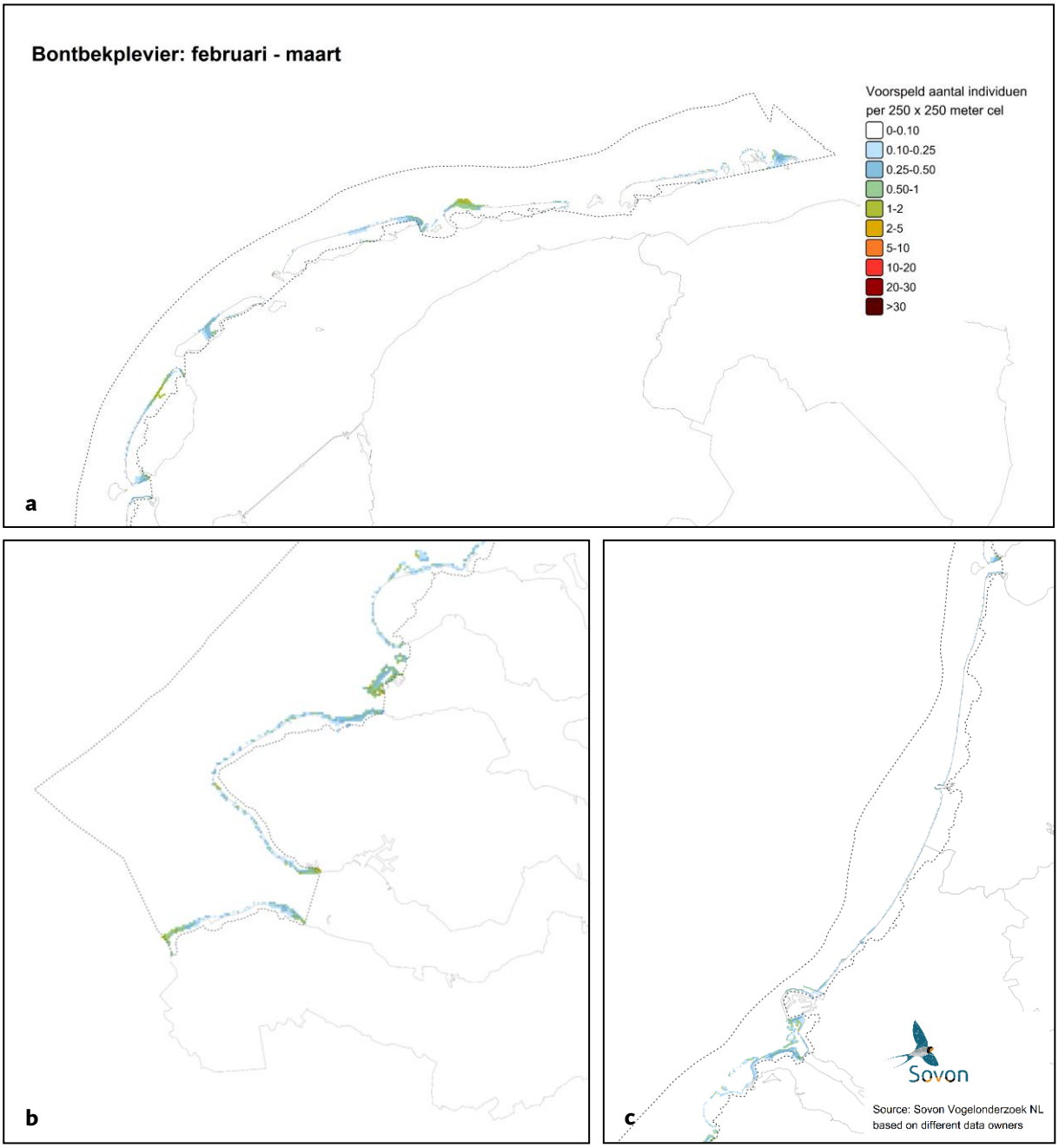
Figuur 15. Uitsneden van het voorspelde aantal Bontbekplevieren (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode april - juli. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.



Figuur 16. Uitsneden van het voorspelde aantal Bontbekplevieren (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode augustus - oktober. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn

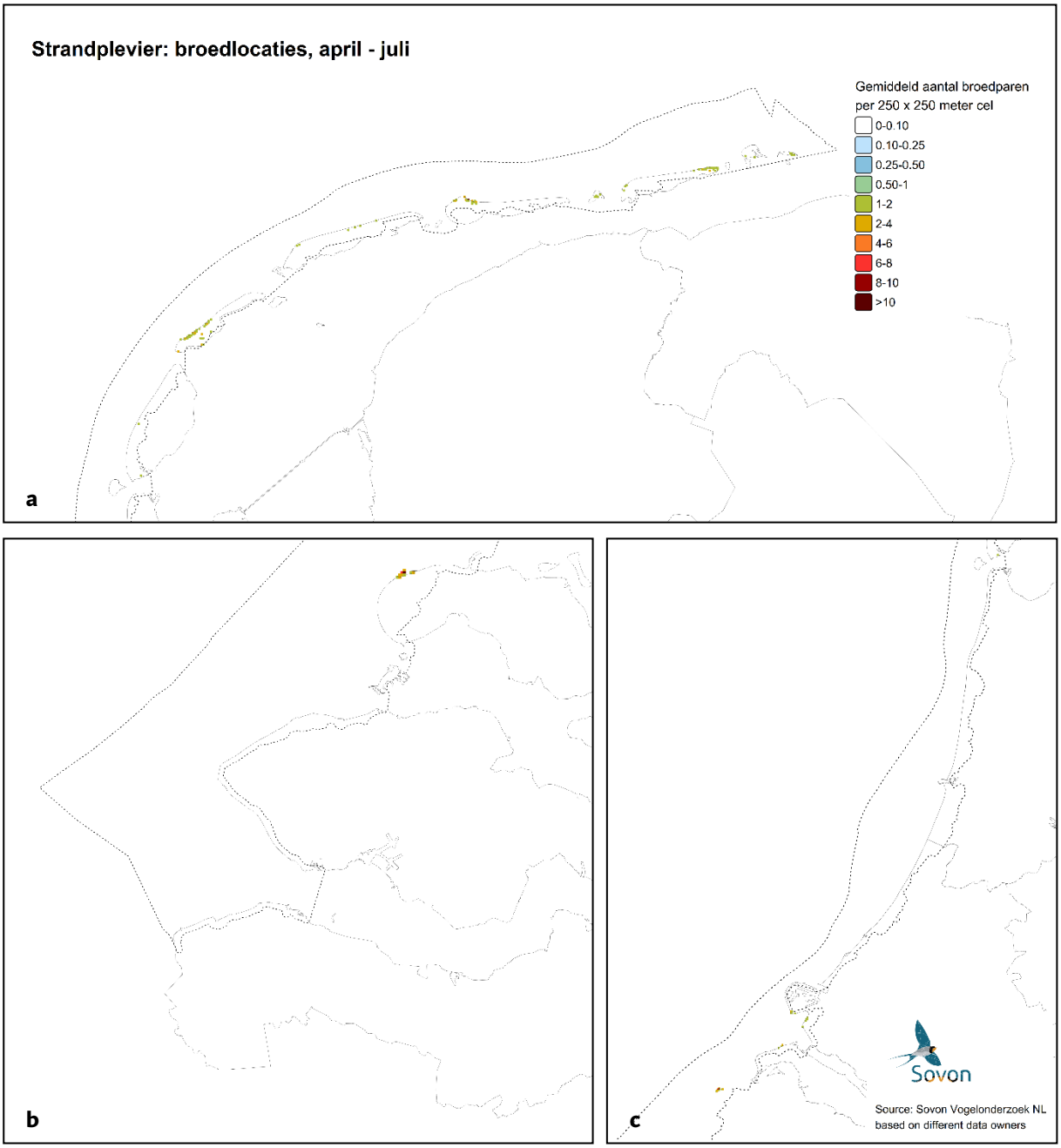


Figuur 17. Uitsneden van het voorspelde aantal Bontbekplevieren (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode november - januari. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

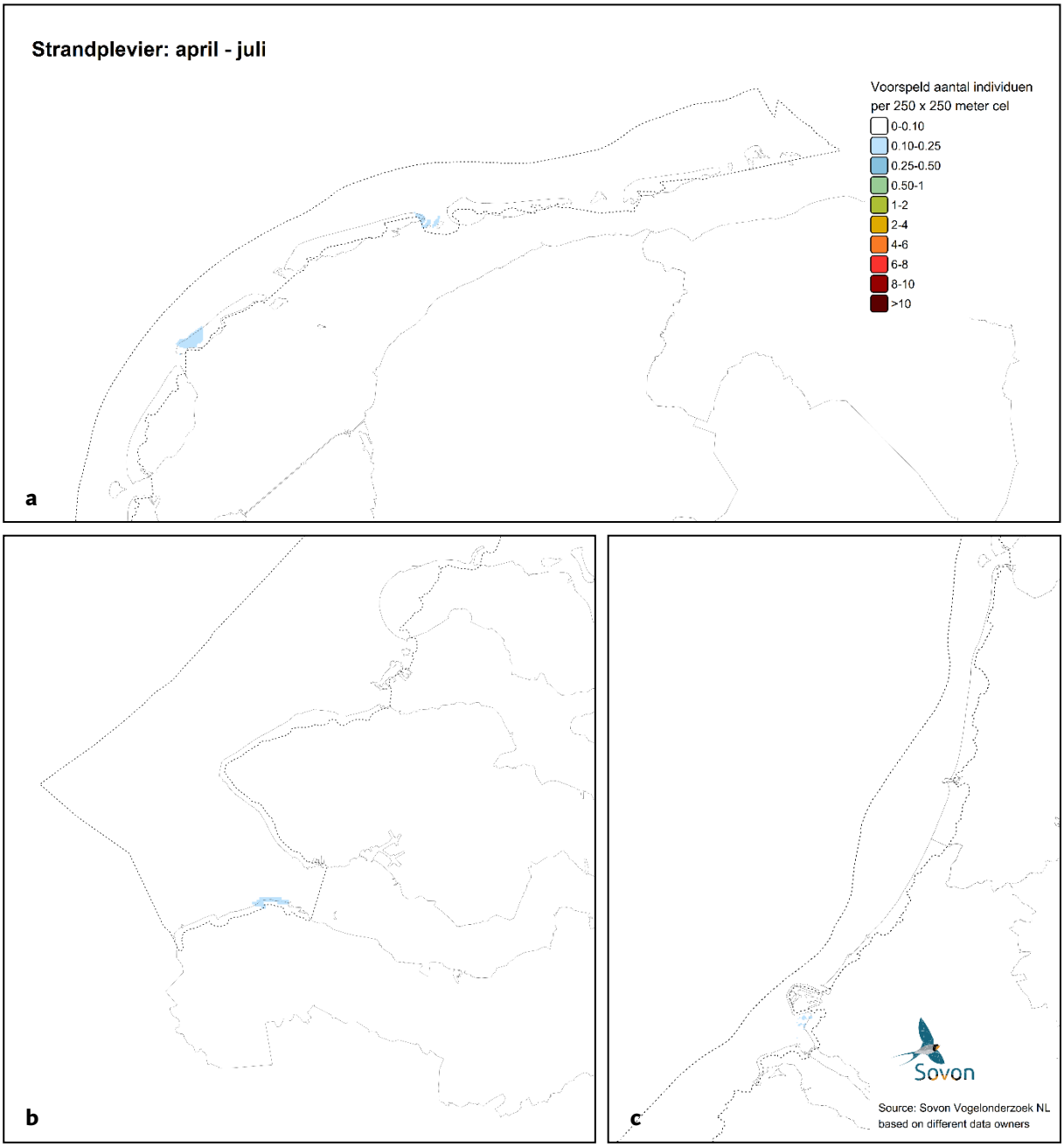


Figuur 18. Uitsneden van het voorspelde aantal Bontbekplevieren (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode februari - maart. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

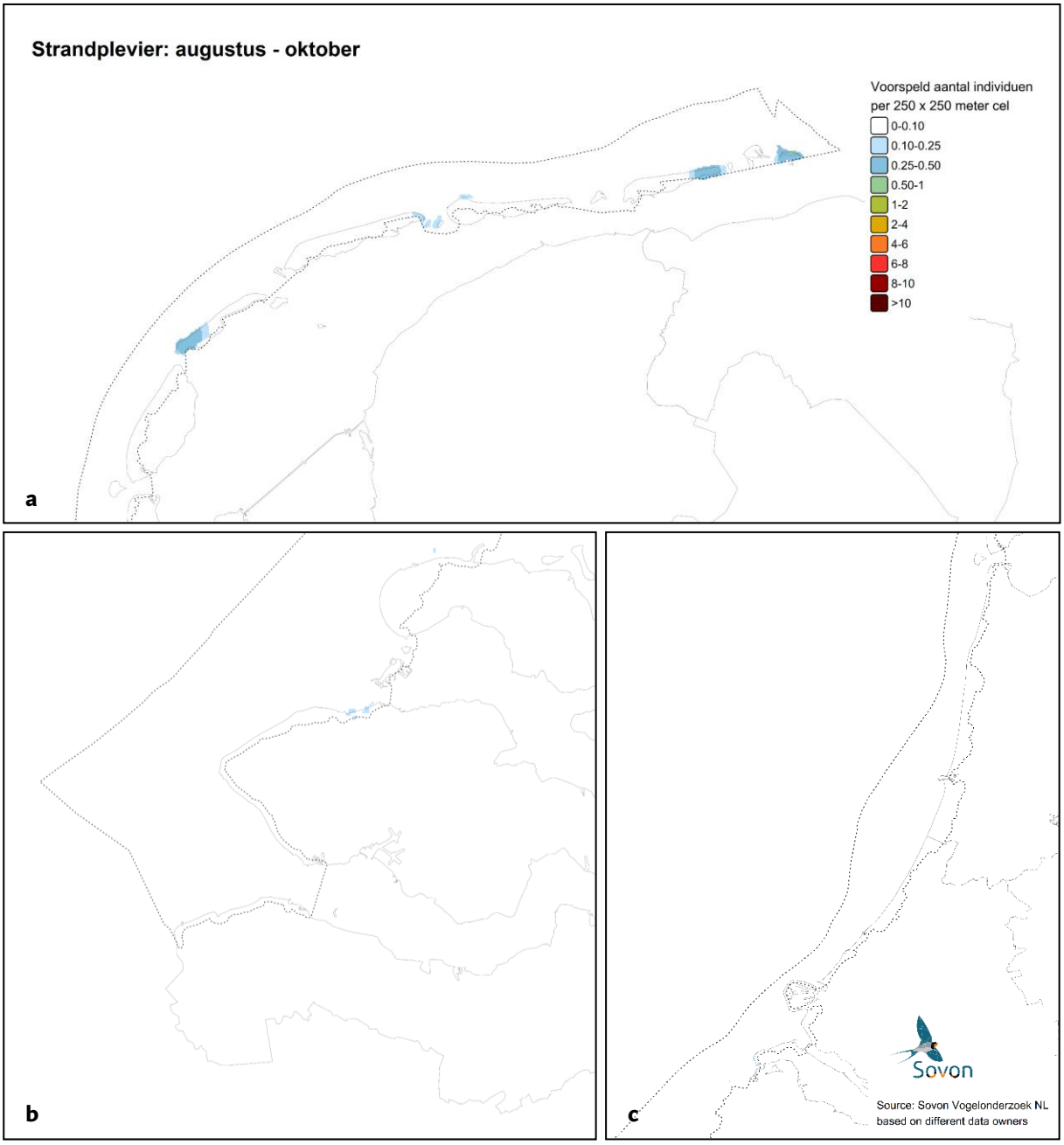
4.2.2 Strandplevier



Figuur 19. Uitsneden van het gemiddelde aantal strandplevierbroedparen per jaar per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

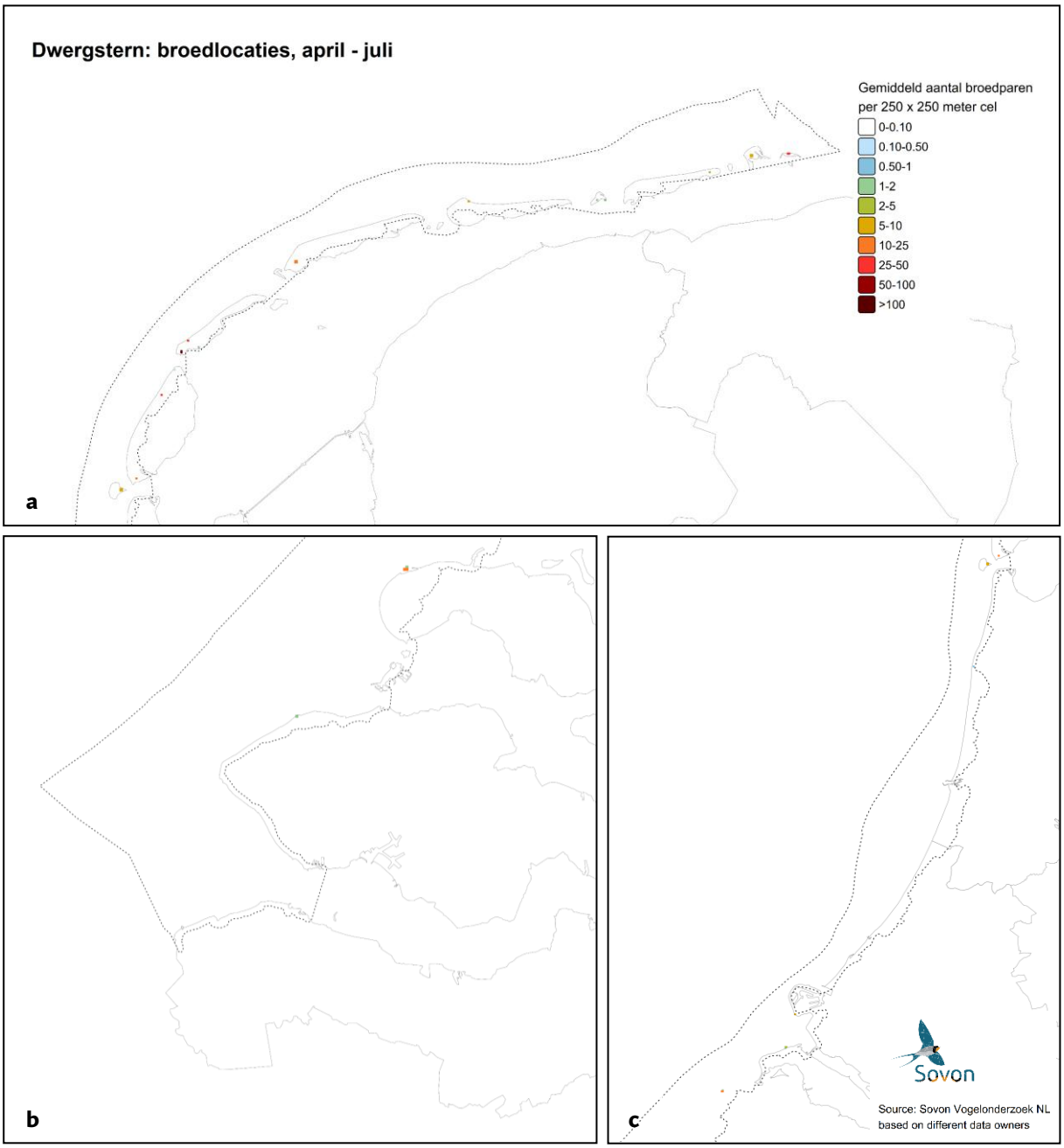


Figuur 20. Uitsneden van het voorspelde aantal Strandplevieren (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode april - juli. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

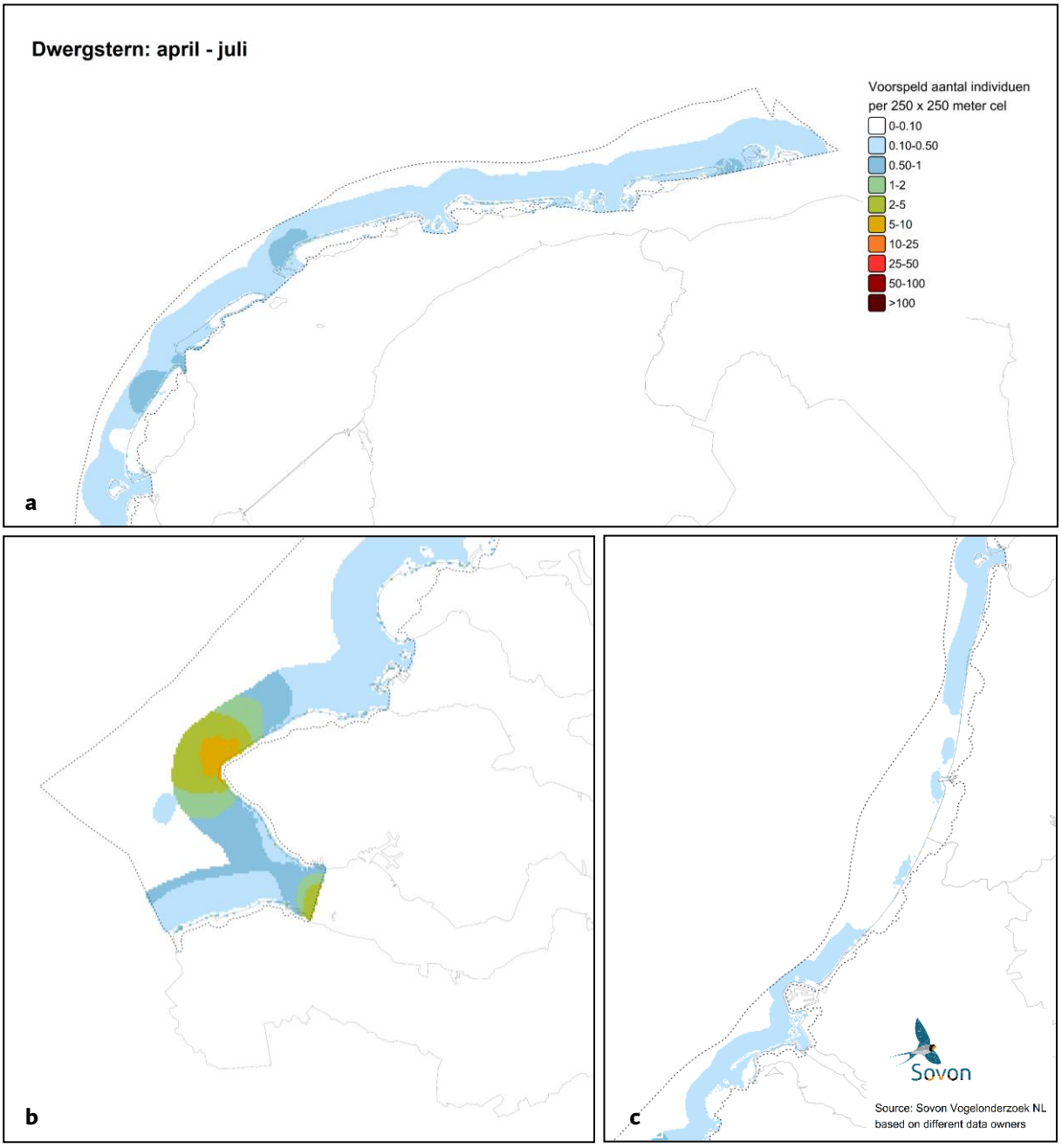


Figuur 21. Uitsneden van het voorspelde aantal Strandplevieren (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode augustus - oktober. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

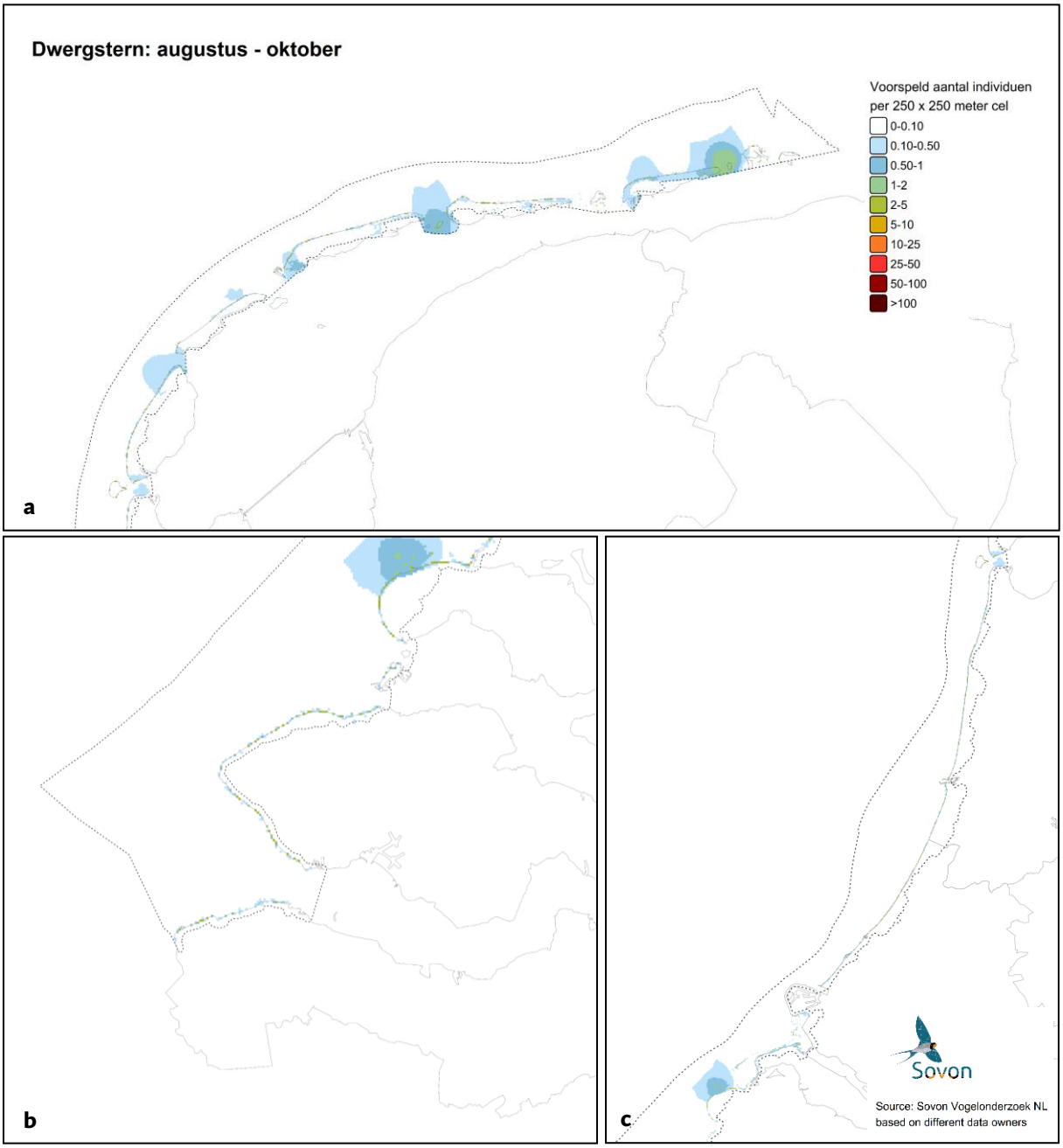
4.2.3 Dwergstern



Figuur 22. Uitsneden van het gemiddelde aantal dwergsternbroedparen per jaar per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

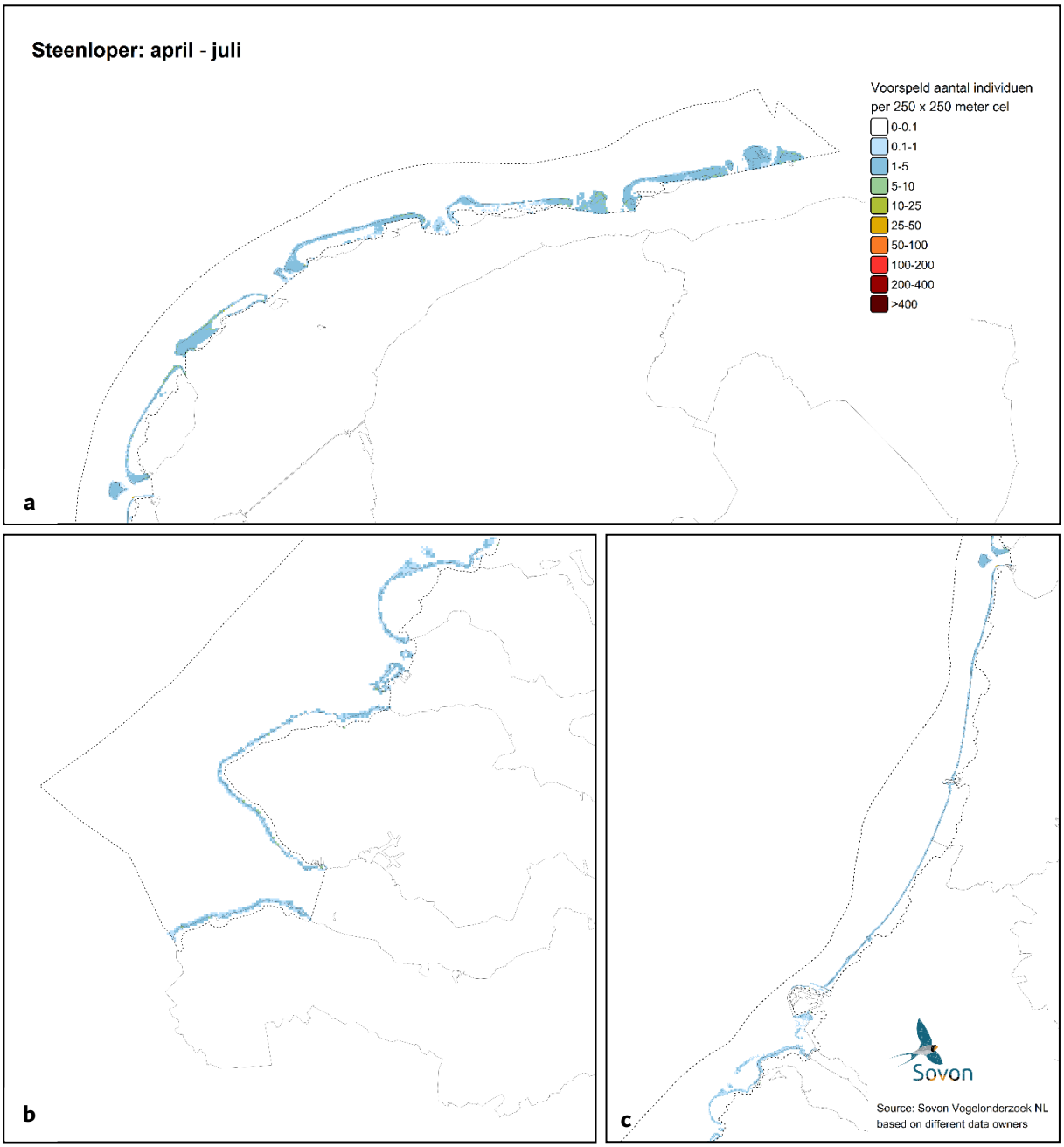


Figuur 23. Uitsneden van het voorspelde aantal Dwergsterns (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode april - juli. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

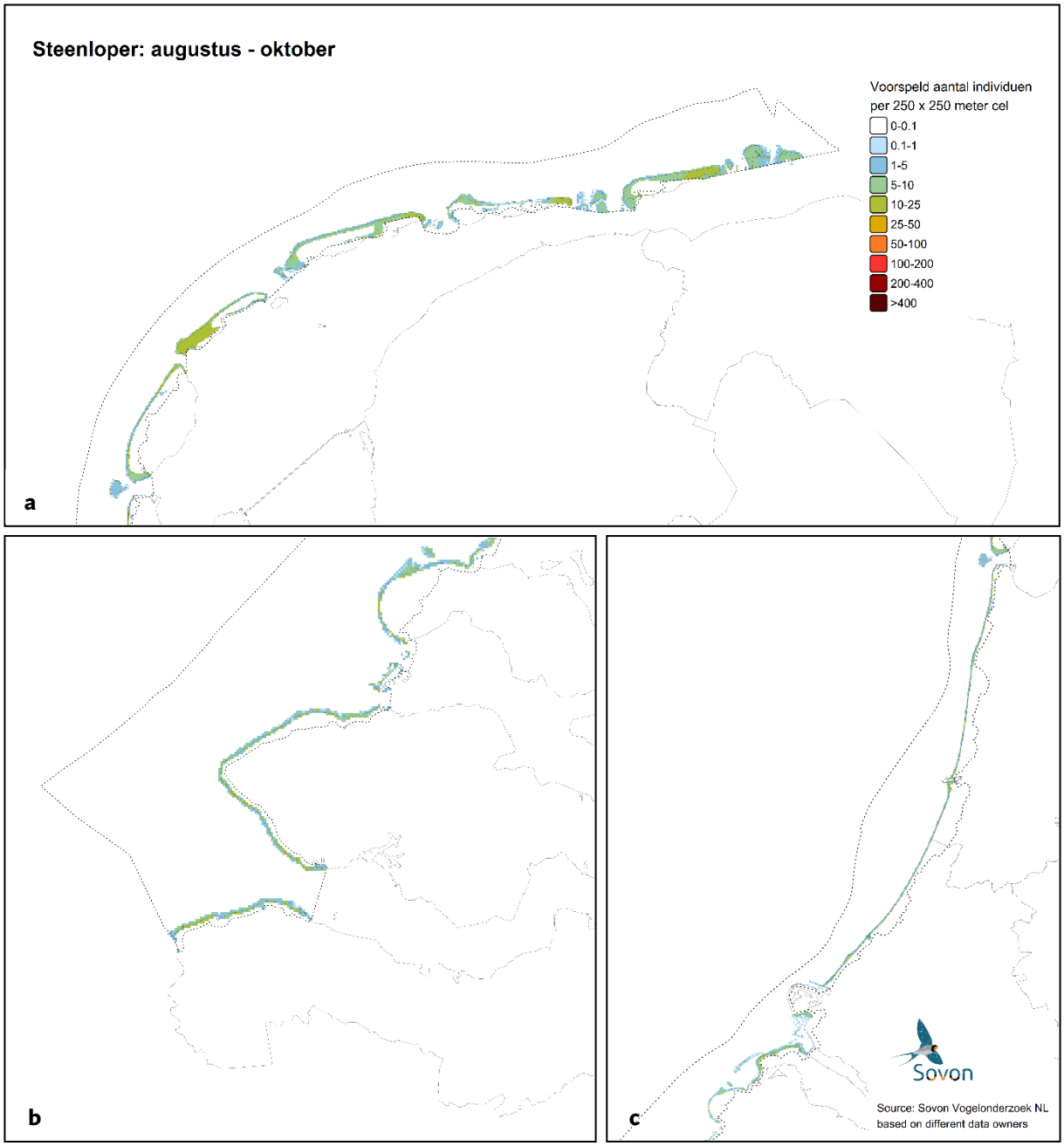


Figuur 24. Uitsneden van het voorspelde aantal Dwergsterns (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode augustus - oktober. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

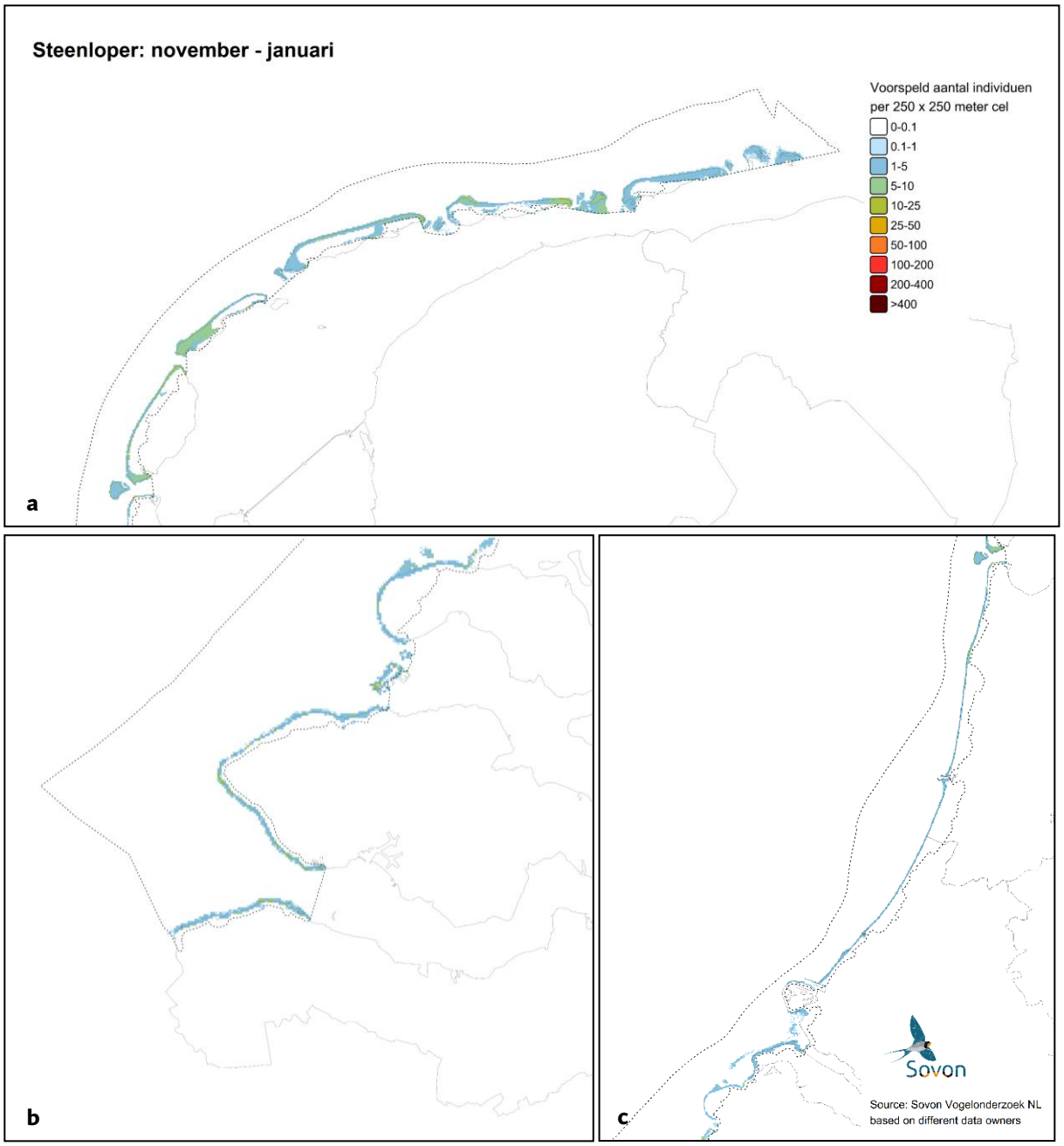
4.2.4 Steenloper



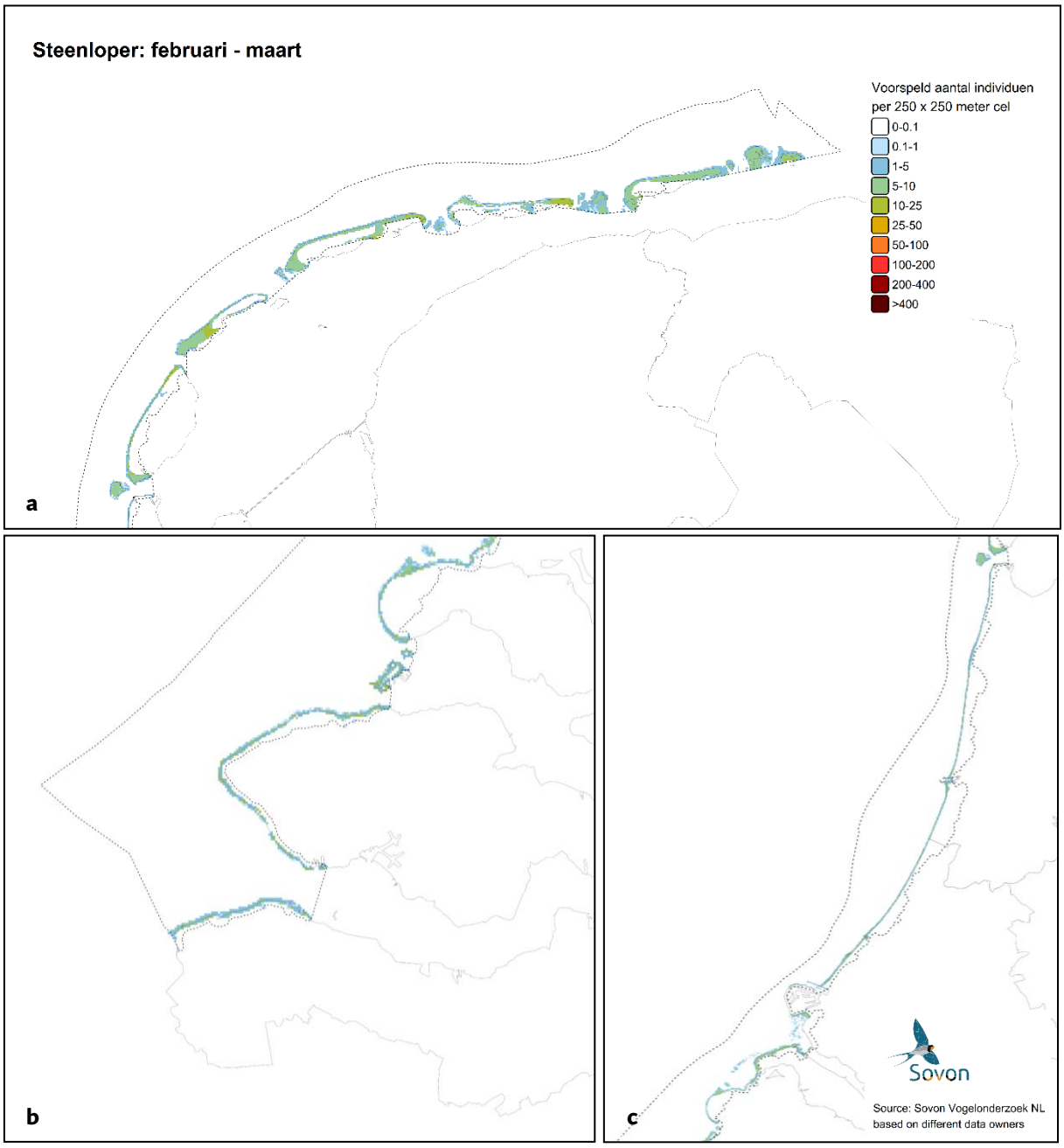
Figuur 25. Uitsneden van het voorspelde aantal Steenlopers (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode april - juli. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.



Figuur 26. Uitsneden van het voorspelde aantal Steenlopers (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode augustus - oktober. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

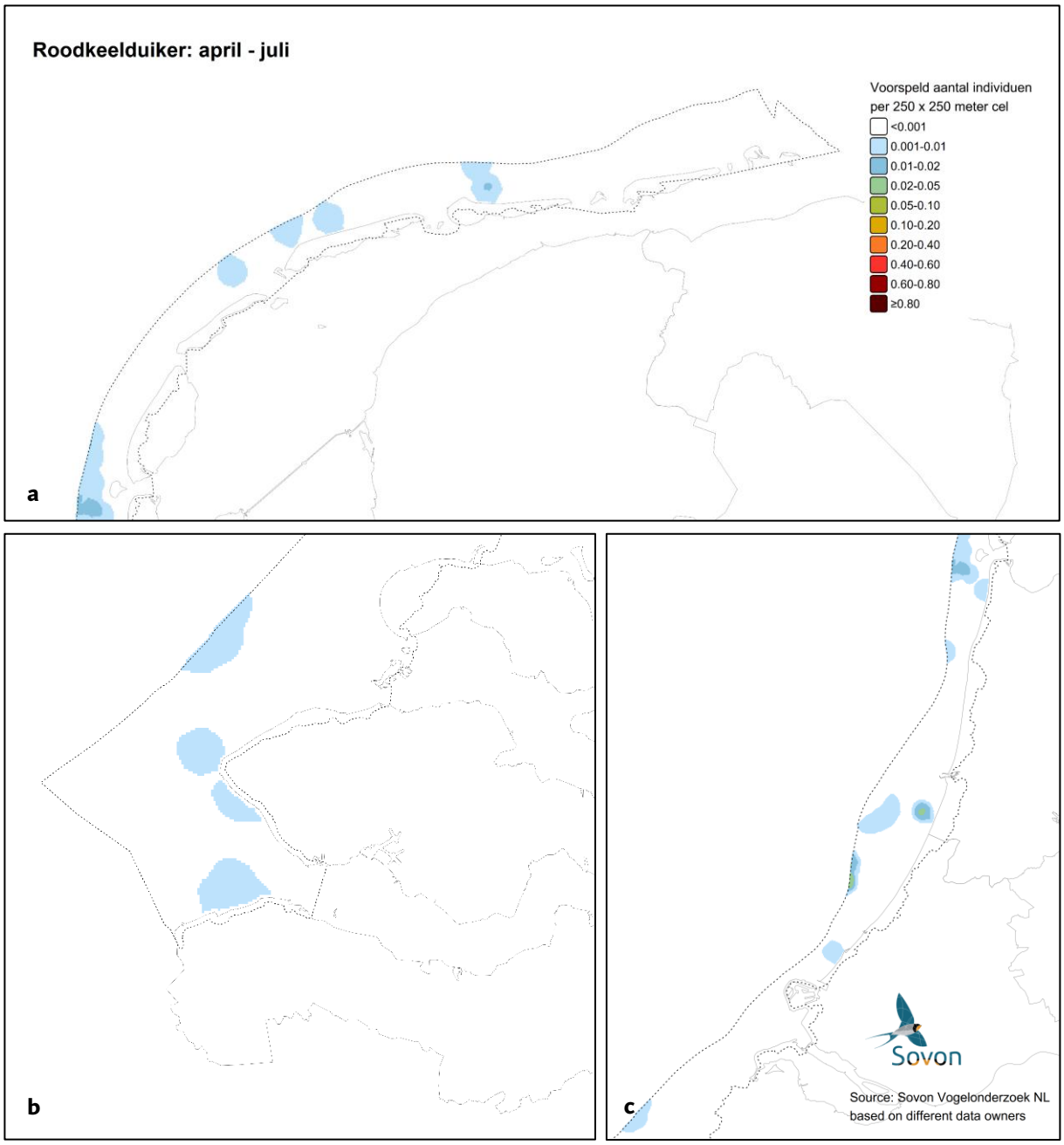


Figuur 27. Uitsneden van het voorspelde aantal Steenlopers (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode november - januari. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

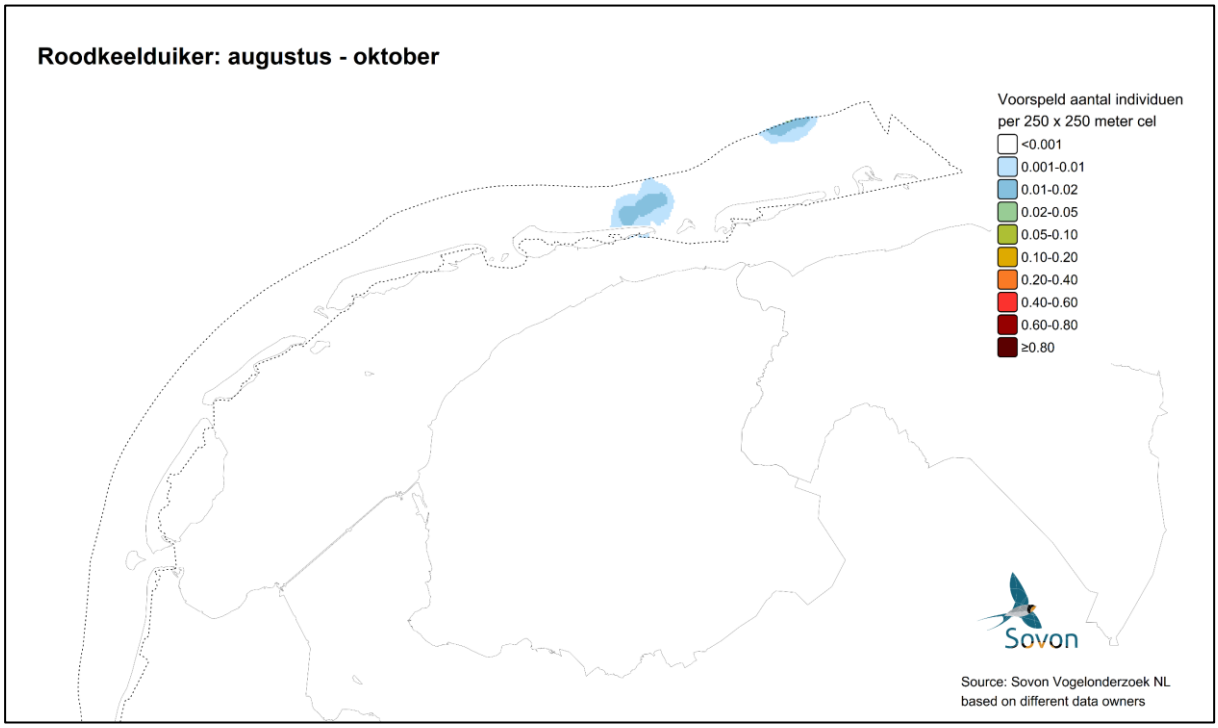


Figuur 28. Uitsneden van het voorspelde aantal Steenlopers (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode februari - maart. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

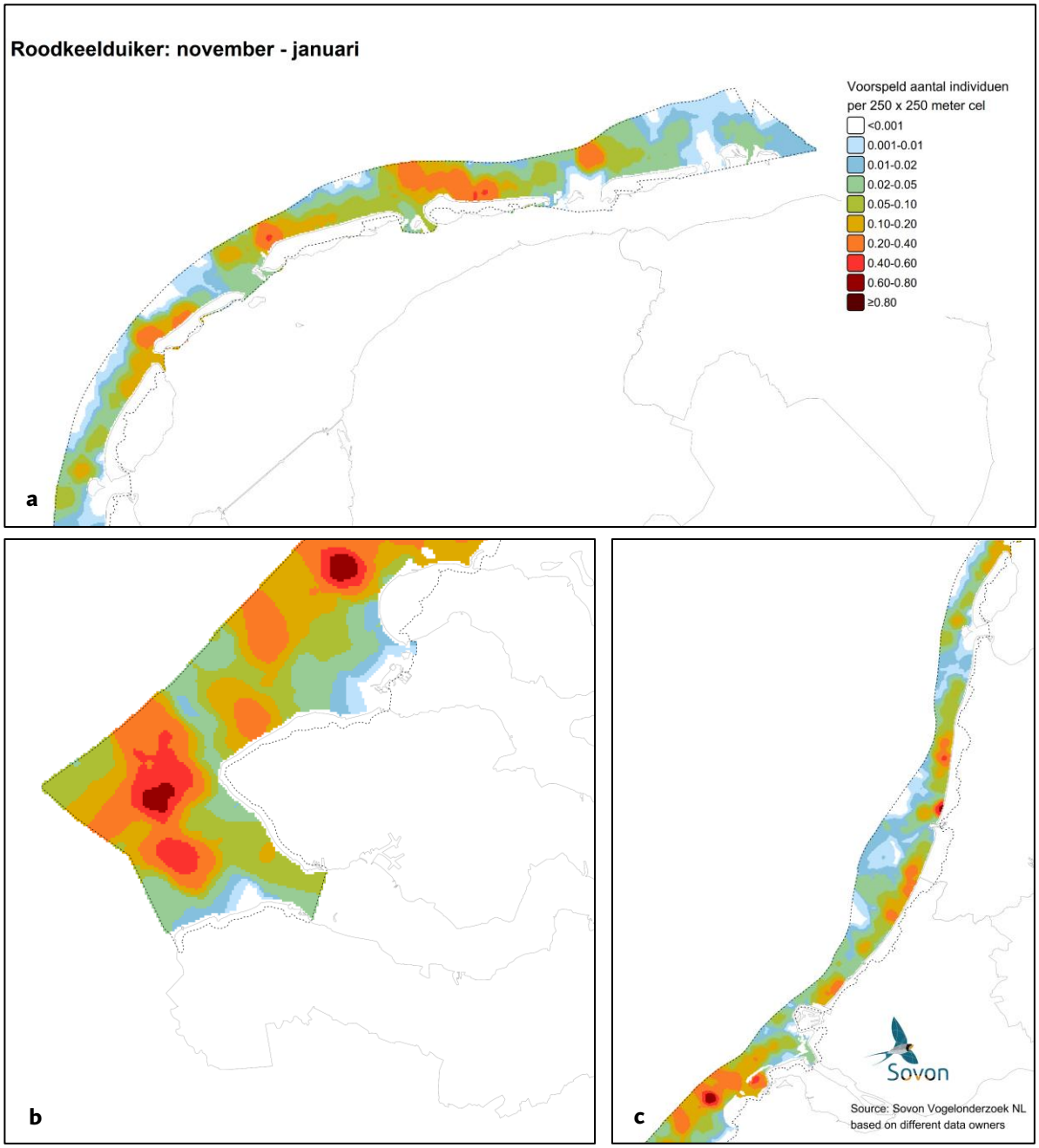
4.2.5 Roodkeelduiker



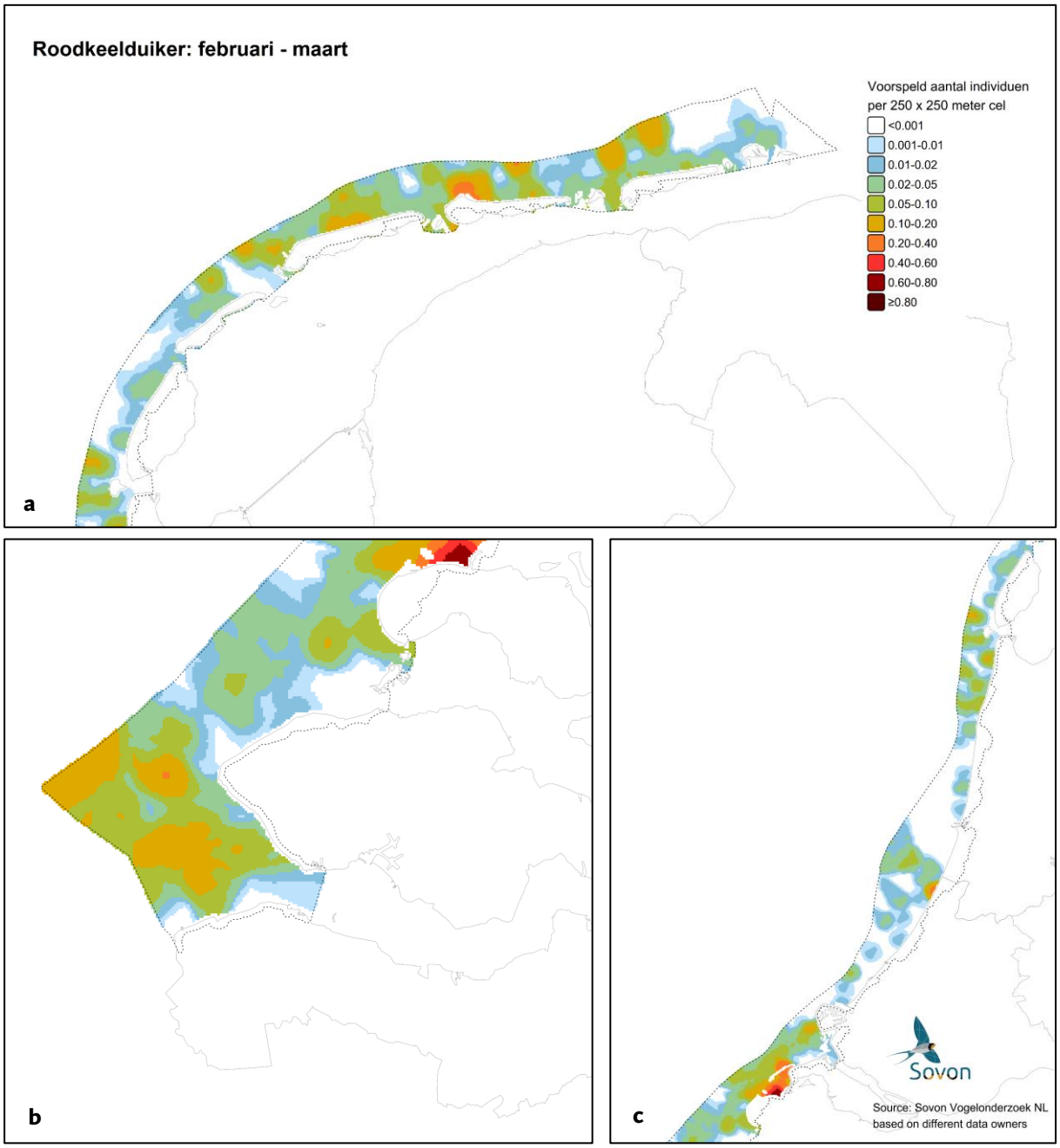
Figuur 29. Uitsneden van het voorspelde aantal Roodkeelduikers (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode april - juli. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.



Figuur 30. Uitsnede van het voorspelde aantal Roodkeelduikers (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in het Waddengebied in de periode augustus - oktober. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

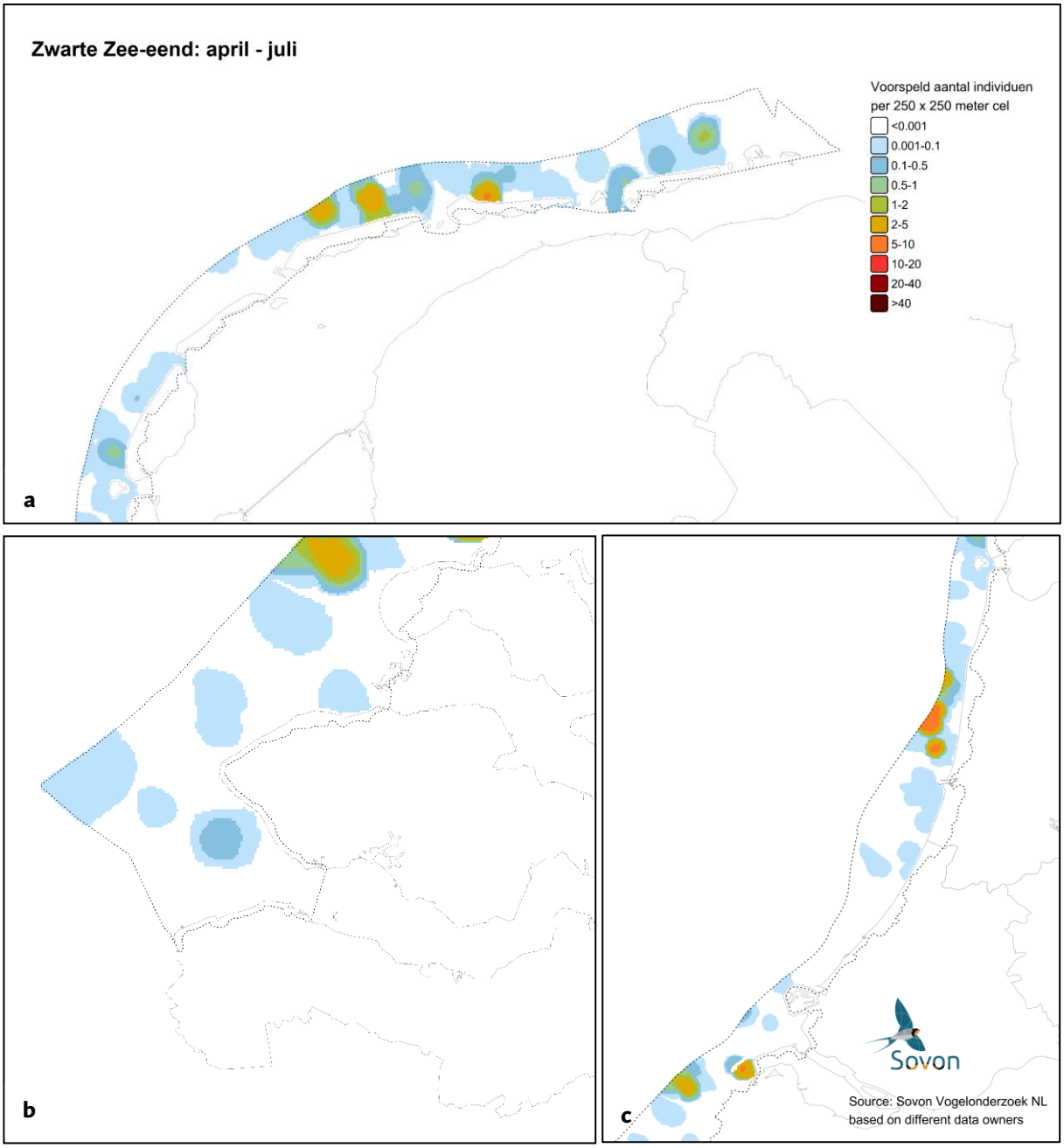


Figuur 31. Uitsneden van het voorspelde aantal Roodkeelduikers (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode november - januari. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

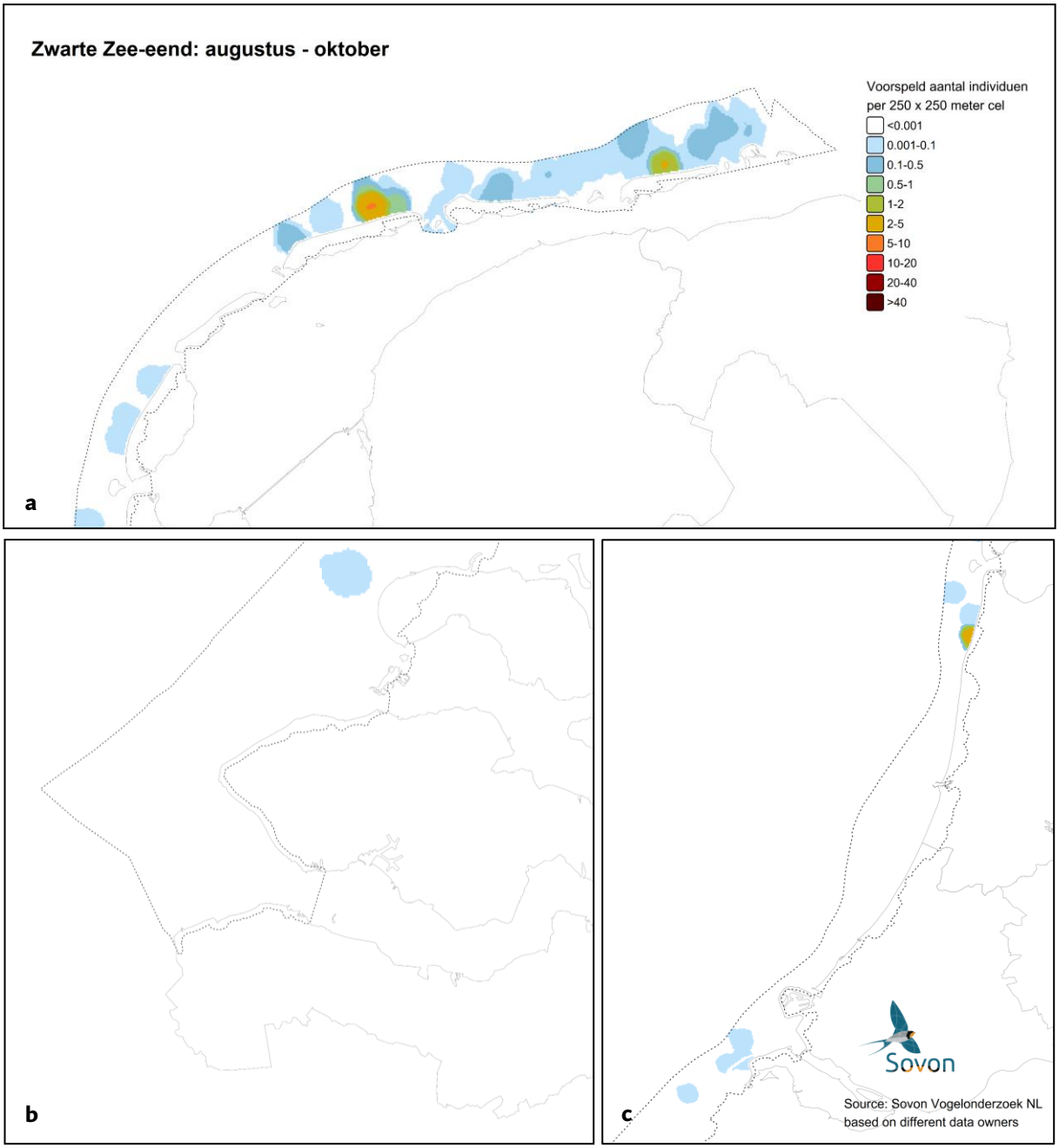


Figuur 32. Uitsneden van het voorspelde aantal Roodkeelduikers (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode februari - maart. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

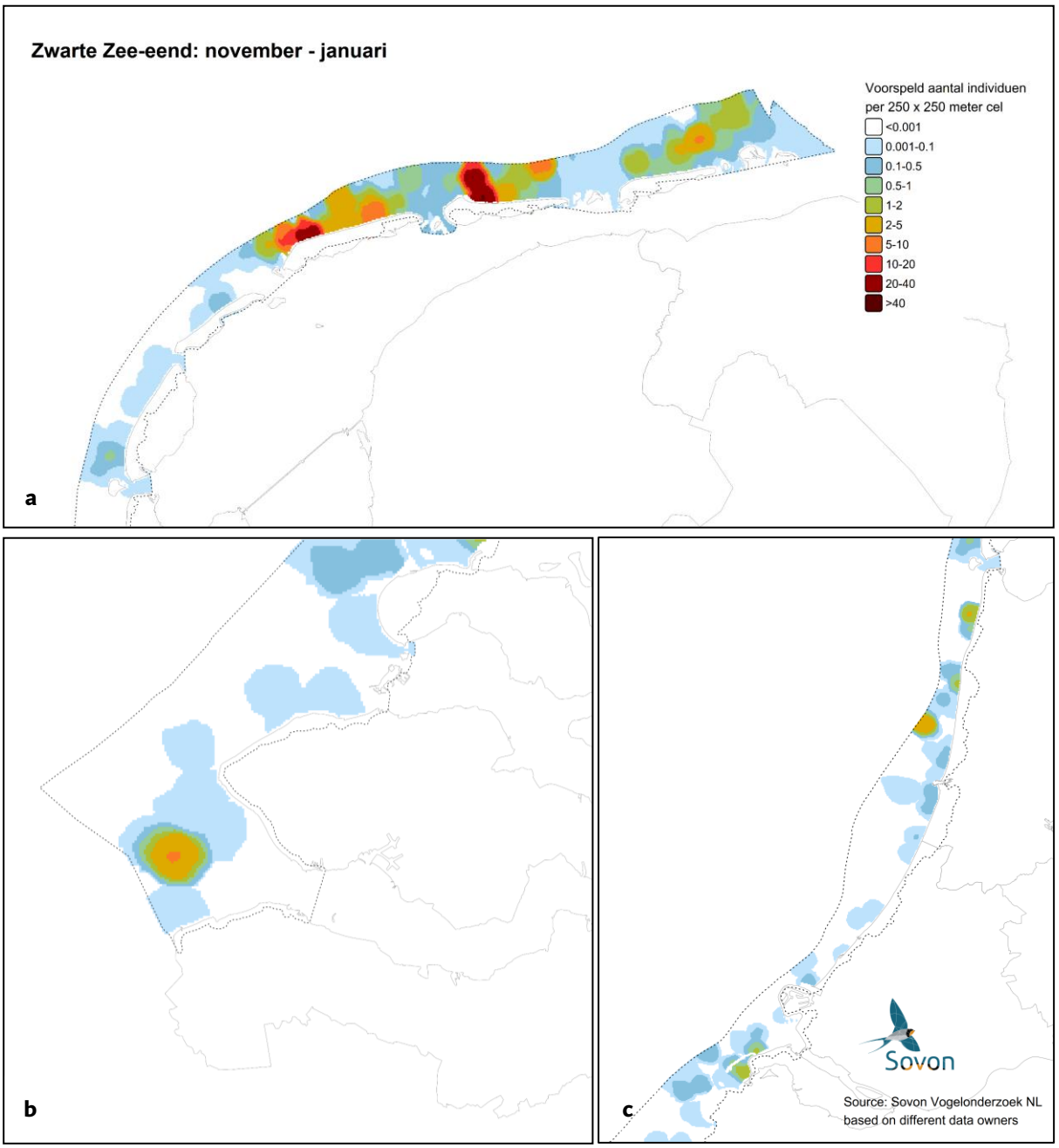
4.2.6 Zwarte Zee-eend



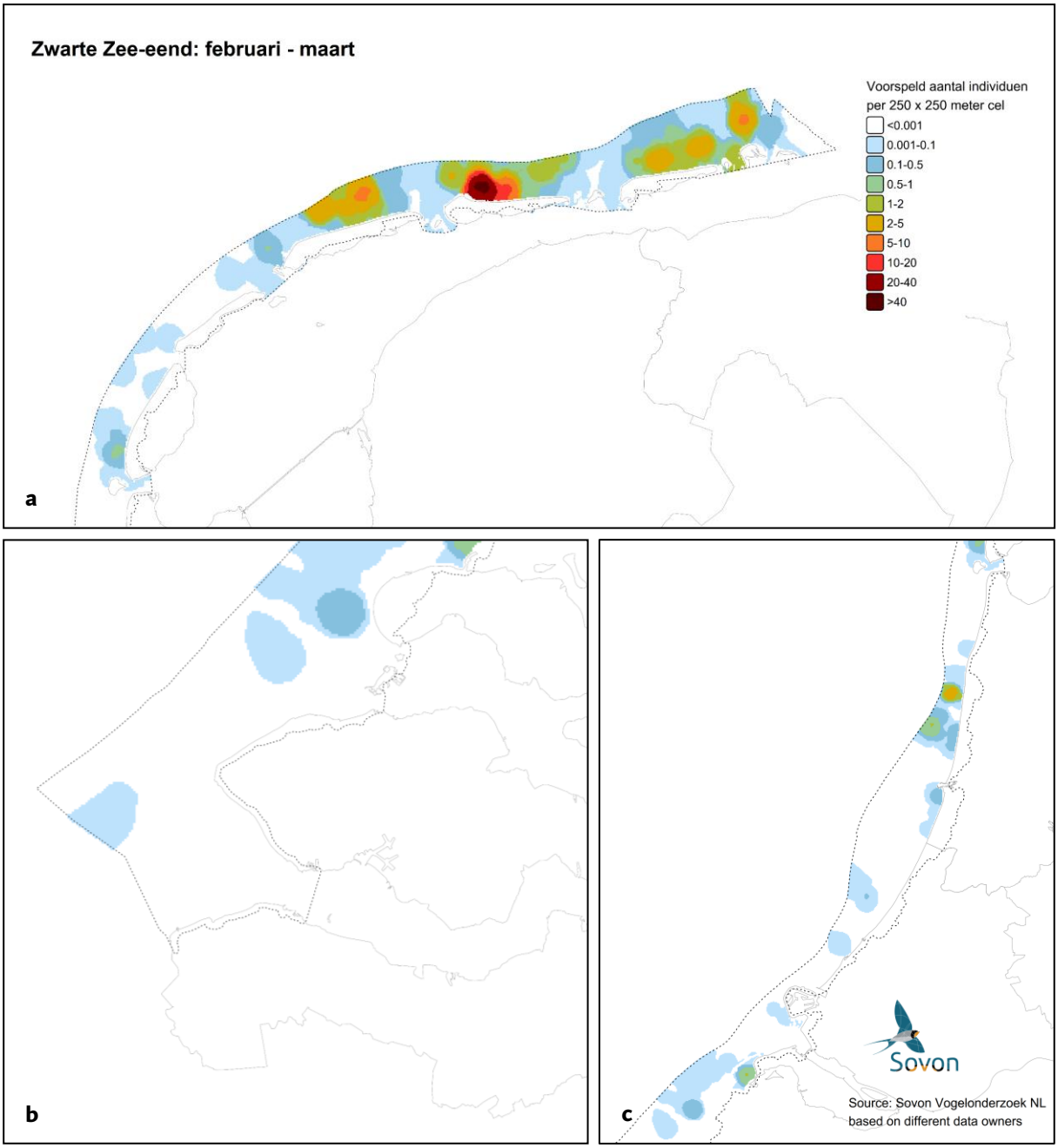
Figuur 33. Uitsneden van het voorspelde aantal Zwarte Zee-eenden (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode april - juli. De grens van het projectgebied is aangegeven met een zwarte stippellijn.



Figuur 34. Uitsneden van het voorspelde aantal Zwarte Zee-eenden (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode augustus - oktober. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.



Figuur 35. Uitsneden van het voorspelde aantal Zwarte Zee-eenden (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode november - januari. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.



Figuur 36. Uitsneden van het voorspelde aantal Zwarte Zee-eenden (per maand, per jaar) per 250 x 250 meter cel in (a) het Waddengebied, (b) het Voordeltagebied en (c) langs de Hollandse Kustzone in de periode februari - maart. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

5 Discussie

Iedere kaart geeft een gemiddeld beeld over de jaren, maar geeft niet de variatie tussen de jaren weer. Zo kan het gebeuren dat hogere aantallen van een soort in het projectgebied voorkomen dan werd verwacht op basis van de (gemodelleerde) kaarten.

Naast variatie in aantallen tussen jaren, kan ook variatie in de locatie (binnen en tussen jaren) optreden. Die variatie kan optreden doordat de vogels actief van locatie veranderen, zij zijn immers niet gebonden zijn aan 250 x 250 meter cellen. Zo kunnen vogels in toekomstige jaren besluiten om op een andere locatie te broeden, al achten wij die kans relatief klein omdat een geschikte broedlocatie sterk afhankelijk is van o.a. het habitat en de recreatiedruk.

Binnen (en buiten) het broedseizoen kunnen echter op grotere schaal verschuivingen optreden. Zo zijn foerageerbewegingen (vrijwel) niet meegenomen in de analyses. We hebben dit geprobeerd voor de Dwergstern, maar wij hebben geen complete gegevens van foerageerbewegingen op zee om op betrouwbare wijze de verspreiding te modelleren.

Ook kan variatie in locatie optreden doordat vogels inactief van locatie veranderen. Denk hierbij aan Zwarte Zee-eenden die zich (al slapend) door de getijden laten meevoeren en kilometers ver eindigen, waarna ze weer terugvliegen naar het startpunt. Het is verder van belang om te bedenken dat de kaarten een beeld geven van de verspreiding overdag. Uit zenderonderzoek blijkt, dat de vogels zich ’s nachts tot 10 kilometer uit de kust bevinden (Camphuysen & van Lieshout 2024).

Bijlage 4 bevat validatiefiguren waarin waarnemingen en modeluitkomsten gezamenlijk worden weergegeven. Deze komen sterk met elkaar overeen, met name in het geval van de Roodkeelduiker en Zwarte Zee-eend (figuren 44 en 45 in bijlage 4). Dit is logisch, omdat de ruimtelijke verspreiding is gegenereerd door middel van ruimtelijke interpolatie. Tijdens dit proces worden waarden (aantallen vogels) geschat op locaties waar niet is geteld. Hierbij is de aanname dat dicht bij elkaar liggende punten meer op elkaar lijken dan punten die verder uit elkaar liggen, dus de geschatte waarden zijn gebaseerd op de aantallen die het dichtstbij zijn geobserveerd. Op die manier is een continue kaart gegenereerd. De modellen die voor de andere soorten zijn gebruikt (SDmaps2), combineren dit proces met omgevingsvariabelen. Hier werd dus niet puur en alleen naar de geobserveerde aantallen en de ruimtelijke locaties gekeken, maar ook naar wat dit ruimtelijke patroon veroorzaakt, i.e. de omgevingsvariabelen. Het gebeuren dat een soort op een plek wordt voorspeld waar niet is geteld, omdat die soort daar volgens de lokale omgevingsvariabelen in theorie wel voor zou moeten komen. Dit is gewenst, omdat het voor veel soorten onmogelijk is om landdekkend te tellen en we dus de “gaten” in de tellingen willen opvullen. De validatiestap in Bijlage 4 heeft geen aanleiding gegeven tot correcties. Eerdere validatiestappen hebben dit wel gedaan. Zo bemerkten wij dat verspreiding van kustgebonden soorten op de Noordzee en de Waddenzee werd geprojecteerd. Door een kustmasker toe te passen werd dit voorkomen (zie pagina 52 in bijlage 2). Zo bemerkten wij ook dat de Dwergstern in relatief hoge dichtheden langs de Hollandse Kustzone werd geprojecteerd. Door kritisch naar de omgevingsvariabelen te kijken en uiteindelijk te modelleren met een beperktere set aan omgevingsvariabelen (zie pagina 53 in bijlage 2) werd dit probleem opgelost.

Literatuur

van Bemmelen R.S.A., de Jong J.W., Arts F.A., Beuker D., Collier M., Dolman D., Jenniskens G., Kuiper K., Pattikawa M., Sluijter M., Wolf P.A. & Fijn R.C. 2025. Verspreiding, abundantie en trends van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat in 2024-2025. RWS-Centrale Informatievoorziening BM 25.29. Waardenburg rapport 25-337. Waardenburg Ecology & Deltamilieu Projecten, Culemborg.

Camphuysen C.J & van Lieshous S. 2024. Zwarte Zee-eenden in Nederland (1) – foerageergebieden, dagritmes en ruimtegebruik in de Noordzeekustzone. Limosa 97: 146-161.

Hornman M., Hustings F., Koffijberg K. & Klaassen O. 2012. Handleiding Sovon Watervogelprojecten en slaapplaatstellingen. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen. Zie ook: www.sovon.nl.

Lilipaly S.J., Janse W., Hoekstein M.S.J., Pattikawa M.M., Sluijter M., van Straalen D. & Wolf P.A. 2026. Broedsucces van kustbroedvogels in het Deltagebied in 2025. Deltamilieu Projecten Rapportnr. 2026-03. DMP, Vlissingen.

Vergeer J.W., Boele A., van Bruggen J. & van Turnhout C. 2023. Handleiding Sovon Broedvogelmonitoring: Broedvogel Monitoring Project en kolonievogels. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Bijlage 1 – Imputatie (bijschattingen)

Hoewel het grootste deel van de watervogelmonitoringgebieden maandelijks wordt geteld, lukt dit niet in alle gevallen. Daarom zijn ontbrekende tellingen bijgeschat, een proces dat imputatie wordt genoemd. De imputatie is door UINDEX gedaan. Dit computerprogramma imputeert ontbrekende tellingen volgens een iteratief multiplicatief model. De ontbrekende tellingen worden geschat op basis van drie factoren: locatie (telgebied), jaar en seizoenspatroon (maand). Op deze manier wordt bijvoorbeeld rekening gehouden met het feit dat de populatie in het ene telgebied structureel groter is dan in het andere telgebied (verhoudingen tussen de gemiddelde aantallen in het telgebied en de overige gebieden) en dat in het ene seizoen meer individuen worden geteld dan in het andere seizoen (verhoudingen tussen de gemiddelde aantallen in de ontbrekende maand en de andere maanden), wat bijvoorbeeld van belang is in het geval van migrerende soorten. Per soort wordt de jaar/maand-combinatie met de hoogste totaaltelling gekozen als startpunt, oftewel het ijkpunt. Alle andere jaren/maanden worden daar relatief aan uitgedrukt. De imputatie wordt altijd per soort, per stratum (habitat) en over een vaste periode van 20 jaar uitgevoerd (bijv. 2006–2025), waarvan de gegevens van de afgelopen vijf jaar zijn gebruikt voor de huidige studie.

Bijlage 2 – SDmaps2

Tijdens de maandelijkse watervogeltellingen (WAVO) wordt meestal één getal per soort gerapporteerd, wat het totale aantal individuen van een bepaalde vogelsoort binnen een telgebied is. Desalniettemin kan aanwezigheid van soorten worden voorspeld door modellering van dichtheden op een schaal van 250 x 250 meter aan de hand van die telgegevens, de gemiddelde omgevingsvariabelen in het telgebied en de omgevingsvariabelen in iedere 250 x 250 meter cel.

Modellering van kaarten bestaat voor een groot deel uit regressieanalyse tussen verspreidingsgegevens en omgevingsvariabelen. Bij de regressie tussen verspreiding en omgevingsvariabelen zijn acht omgevingsvariabelen gebruikt. Deze omgevingsvariabelen correleren met de aanwezigheid van kustvogelsoorten: de oppervlakte aan strand, zee, intergetijdengebied, en aan basaltblokken en pieren. Daarnaast afstand tot de kust, de zeediepte, de lengte aan kustlijn en de lengte aan basaltblokken en pieren. Al deze variabelen worden meegenomen in de analyse, maar de invloed van variabelen is sterk afhankelijk van de samenhang met verspreidingsgegevens. In veel gevallen zijn slechts enkele van deze variabelen sterk van belang en speelt het overgrote deel van de variabelen een beperkte rol bij de totstandkoming van het kaartbeeld. Het uiteindelijke model wordt vervolgens gebruikt om de aantallen te schatten in de niet-onderzochte 250 x 250 meter cellen op basis van de omgevingsvariabelen in die cellen.

De berekeningenzijn uitgevoerd met het statistische programma R (R Core Team 2020), versie 4.5.2 (64-bits versie). Voor de analyses werd het R-package 'SDmaps2' versie 0.2.4 gebruikt. SDMmaps2 vat functies uit een grote aantal van R-packages samen die zorgen dragen voor het inlezen van de waarnemingen, samenvoegen met ruimtelijke data, uitvoeren van de ruimtelijke modellen, projecteren van de modellen op het hele land en maken van de kaarten. Voor de ruimtelijke analyse is gebruikgemaakt van *Random Forest* modellen. De *Random Forest* methode zoekt op basis van (onder andere) de omgevingsvariabelen naar het model dat de waargenomen aantallen zo goed mogelijk beschrijft. Het ruimtelijk model is opgebouwd uit een combinatie van een regressiemodel en de ruimtelijk geïnterpoleerde residuen van het regressiemodel. Zie o.a. Hengl *et al.* (2009) & Sierdsema & van Loon (2008) voor meer informatie over deze methodiek. Specifiek is voor de randomForest-modellen gebruikgemaakt van het snelle algoritme ‘ranger‘ van Wright & Ziegler (2017). Naast de echte en de ‚slimme‘ nullen zijn 10 000 random nullen gegenereerd middels de hiervoor beschreven Maxent-benadering. De interpolaties met Inversed Distance Weighting zijn uitgevoerd met functies uit het R-package 'gstat' (Pebesma & Wesseling 1998).

Soortspecifieke opmerkingen:

Steenloper, Bontbekplevier en Strandplevier: om te voorkomen dat de verspreiding van kustgebonden soorten op de Noordzee en de Waddenzee wordt geprojecteerd, is een kustmasker toegepast. Dit kustmasker is een combinatie van de drie kaarten met de oppervlakte aan strand, intergetijdengebied en basalt-beschoeiing (3.2 voor details) en deze combinatie zorgt ervoor dat deze soorten enkel op locaties met strand, intergetijdengebied en/of basalt-beschoeiing worden geprojecteerd.

Dwergstern: Voor modellering van deze soort zijn in eerste instantie alle omgevingsvariabelen gebruikt, maar na bestudering van de outputbestanden, is besloten om enkel de oppervlakte aan strand, intergetijdengebied, en aan basaltblokken en pieren, en de lengte aan kustlijn en aan basaltblokken en pieren te gebruiken.

Aangezien deze soort zowel langs de kust als op zee voorkomt, hebben we voor deze soort een ruimer kustmasker toegepast. Het gaat hier om een kustmasker met een buffer van 5 km. Daarnaast zijn de voorspellingen van SDmaps2 (die op landtellingen zijn gebaseerd) gecombineerd met de geïnterpoleerde resultaten van de transect-tellingen boven zee. Derhalve laten de uiteindelijke kaarten zien waar zowel op het land als boven zee vliegende/foeragerende Dwergsterns worden verwacht.

Literatuur

Hengl T., Sierdsema H., Radovic A. & Dilo A. 2009. Spatial prediction of species' distributions from occurrence-only records: combining point pattern analysis, ENFA and regression-kriging. Ecological Modelling.

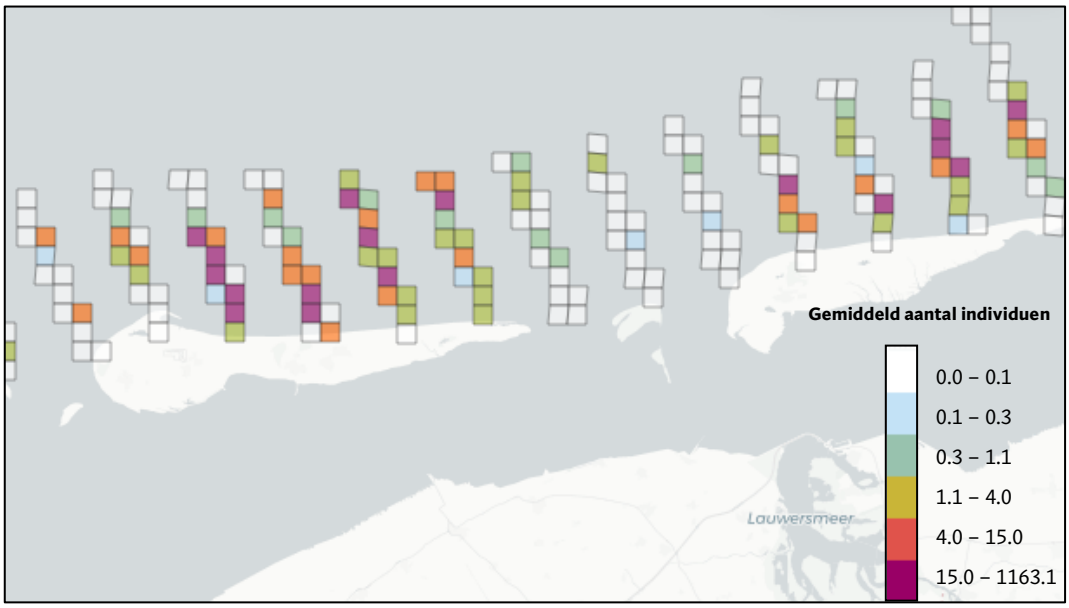
Pebesma E.J., Duin R.N.M. & Burrough P.A. 2005. Mapping sea bird densities over the North Sea: spatially aggregated estimates and temporal changes. Environmetrics 16: 573-587.

Sierdsema H. & van Loon E.E. 2008. Filling the gaps: using count survey data to predict bird density distribution patterns and estimate population sizes. Revista Catalana d'Ornitologia 24.

Wright M.N. & Ziegler A. 2017. Ranger: A Fast Implementation of Random Forests for HighDimensional Data in C++ and R. Journal of Statistical Software. 77: 1-17. doi:10.18637/jss.v077.i01

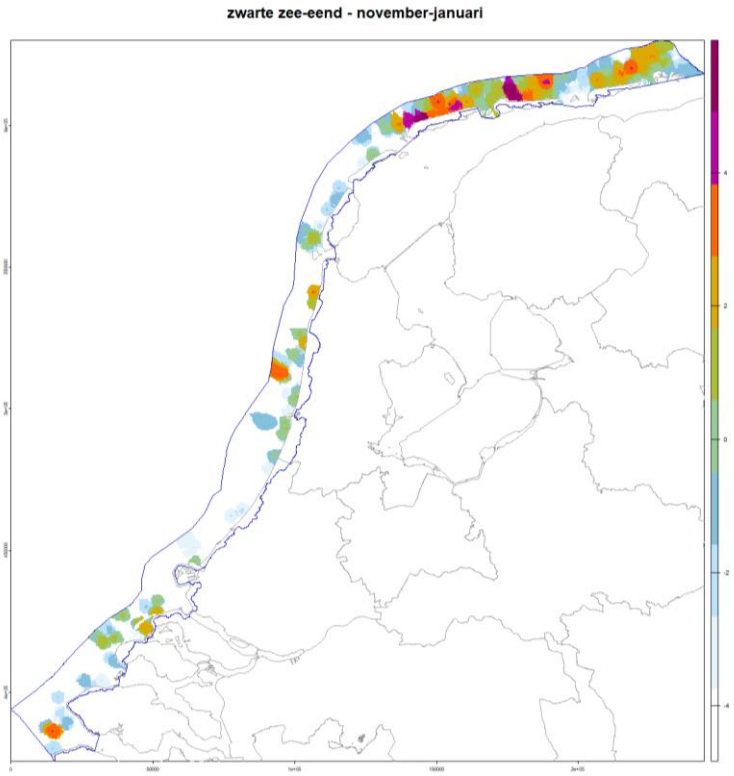
Bijlage 3 – Interpolatie transectgegevens

Voor de verwerking van de transect-tellingen is eerst een raster van 1 x 1 km gelegd over het projectgebied. Vervolgens is bepaald hoe vaak het vliegtuig over een kilometerhok heen is gevlogen per periode sinds 2020 en hoeveel vogels daar in totaal zijn geteld. Vervolgens is het gemiddeld aantal getelde vogels per kilometerhok bepaald. Dit levert naast gemiddelde aantallen waargenomen vogels ook nulwaarnemingen op: waar is er wel geteld, maar zijn er geen vogels gezien (zie figuur 37).

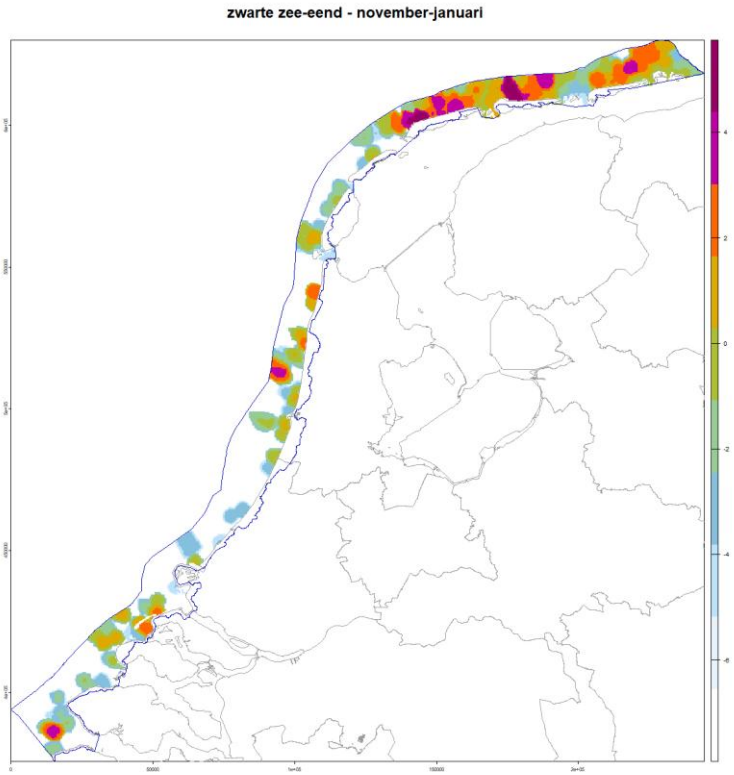


Figuur 37. Detail van het gemiddeld aantal waargenomen Zwarte Zee-eenden per geteld kilometer in de periode november-januari.

In de volgende stap zijn de getelde aantallen per kilometerhok geïnterpoleerd naar de cellen van 250x250m die zee bevatten in het projectgebied. Dit levert een vlakdekkend beeld op van de verspreiding in het projectgebied (zie figuur 38). Om te zorgen dat het beeld minder wordt beïnvloed door toevalligheden is met een moving-window methode (window van 5x5 cellen) een wat meer vloeiend beeld van de verspreiding gemaakt (zie figuur 39). Dit kaartbeeld geeft een relatief beeld van de verspreiding van de soort: waar komen de hoogste en de laagste dichtheden voor.



Figuur 38. Voorbeeld van een geïnterpoleerde kaart van de transect-tellingen (de schaal geeft de log van de dichtheid weer).

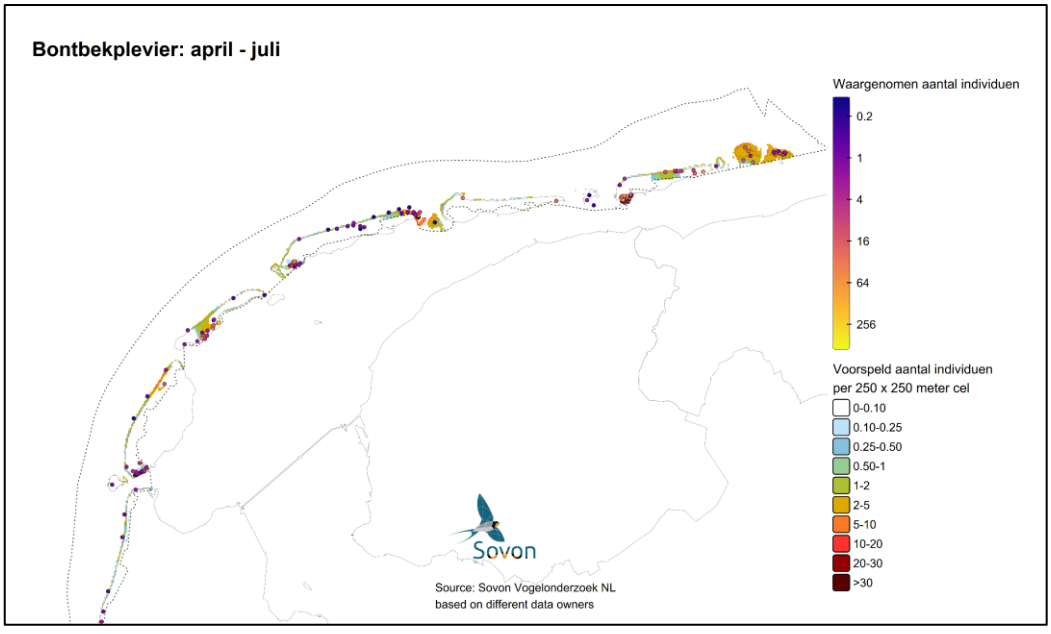


Figuur 39. Voorbeeld van een geïnterpoleerde kaart van de transect-tellingen waar de verspreiding iets vloeiender is gemaakt door middel van een moving window-methode (de schaal geeft de log van de dichtheid weer).

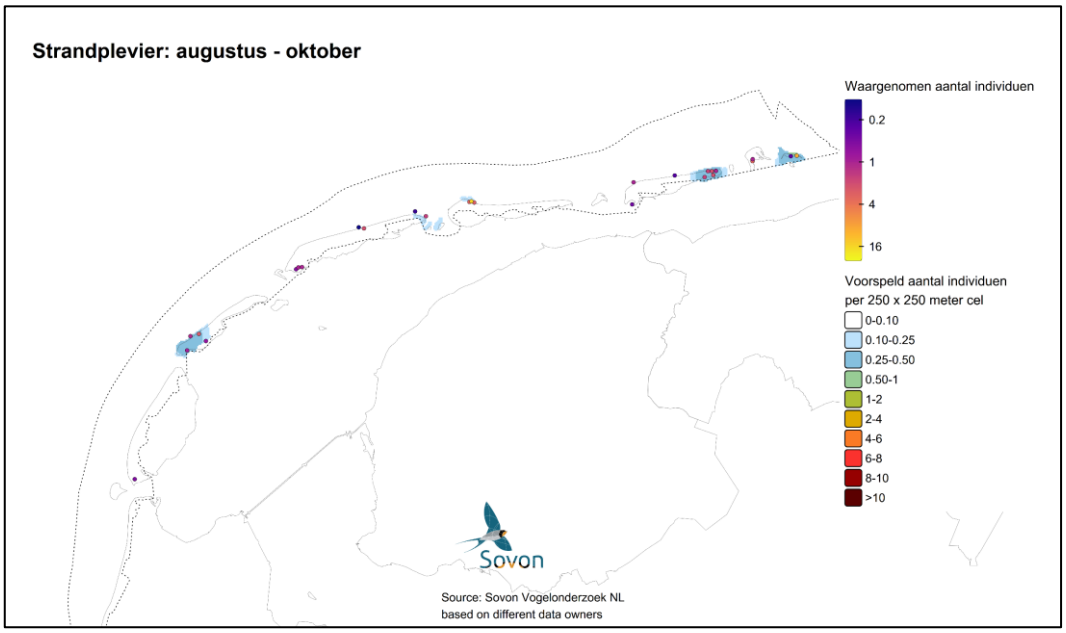
Bijlage 4 – Validatie

Ter validatie van de resultaten zijn de datapunten samen met de modeluitkomsten in kaart gebracht in figuren 40 t/m 45. Om de zichtbaarheid te vergroten, is ervoor gekozen om in te zoomen op het gebied met de hoogste variatie in aantallen, in dit geval het Waddengebied.

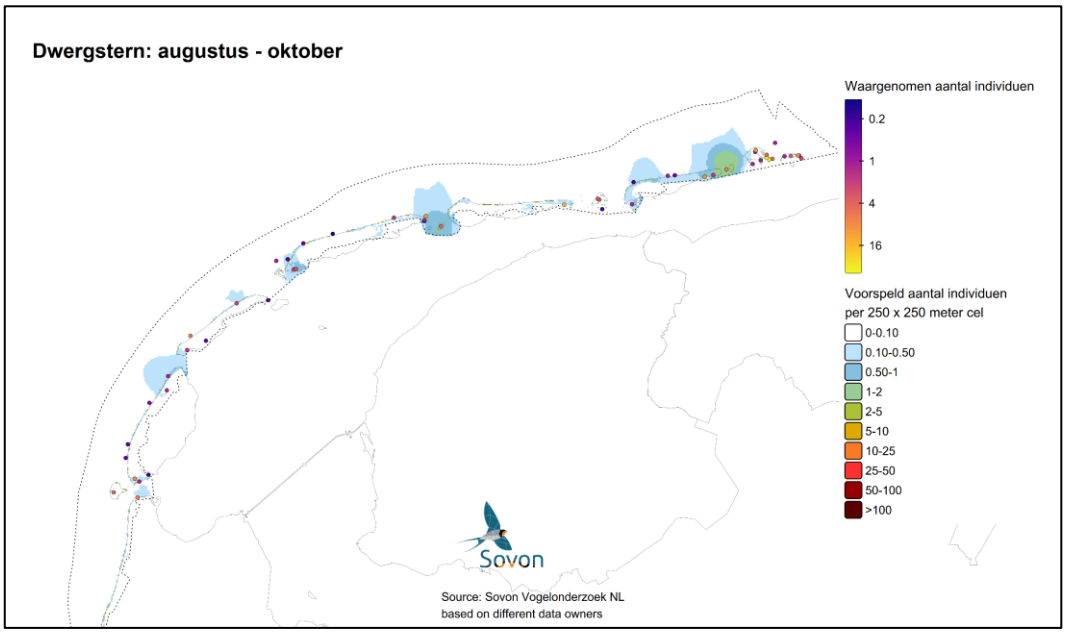
De waarnemingen en modeluitkomsten komen over het algemeen sterk met elkaar overeen, omdat de ruimtelijke verspreiding deels is gegenereerd door middel van ruimtelijke interpolatie. Tijdens dit proces worden waarden (aantallen vogels) geschat op locaties waar niet is geteld. Hierbij is de aanname dat dicht bij elkaar liggende punten meer op elkaar lijken dan punten die verder uit elkaar liggen, dus de geschatte waarden zijn gebaseerd op de aantallen die het dichtstbij zijn geobserveerd. Dit proces is, in het geval van de Bontbekplevier, Strandplevier, Dwergstern en Steenloper, gecombineerd met omgevingsvariabelen. Hier werd dus niet puur en alleen naar de geobserveerde aantallen en de ruimtelijke locaties gekeken, maar ook naar wat dit ruimtelijke patroon veroorzaakt, i.e. de omgevingsvariabelen. Het kan voorkomen dat een soort op een plek wordt voorspeld waar niet is geteld, omdat die soort daar volgens de lokale omgevingsvariabelen in theorie wel voor zou moeten komen. Dit is gewenst, omdat het voor veel soorten onmogelijk is om landdekkend te tellen en we dus de “gaten” in de tellingen willen opvullen. De validatiestap in Bijlage 4 heeft geen aanleiding gegeven tot correcties. Eerdere validatiestappen hebben dit wel gedaan. Zo bemerkten wij dat verspreiding van kustgebonden soorten op de Noordzee en de Waddenzee werd geprojecteerd. Door een kustmasker toe te passen werd dit voorkomen (zie pagina 52 in bijlage 2). Zo bemerkten wij ook dat de Dwergstern in relatief hoge dichtheden langs de Hollandse Kustzone werd geprojecteerd. Door kritisch naar de omgevingsvariabelen te kijken en uiteindelijk te modelleren met een beperktere set aan omgevingsvariabelen (zie pagina 53 in bijlage 2) werd dit probleem opgelost.



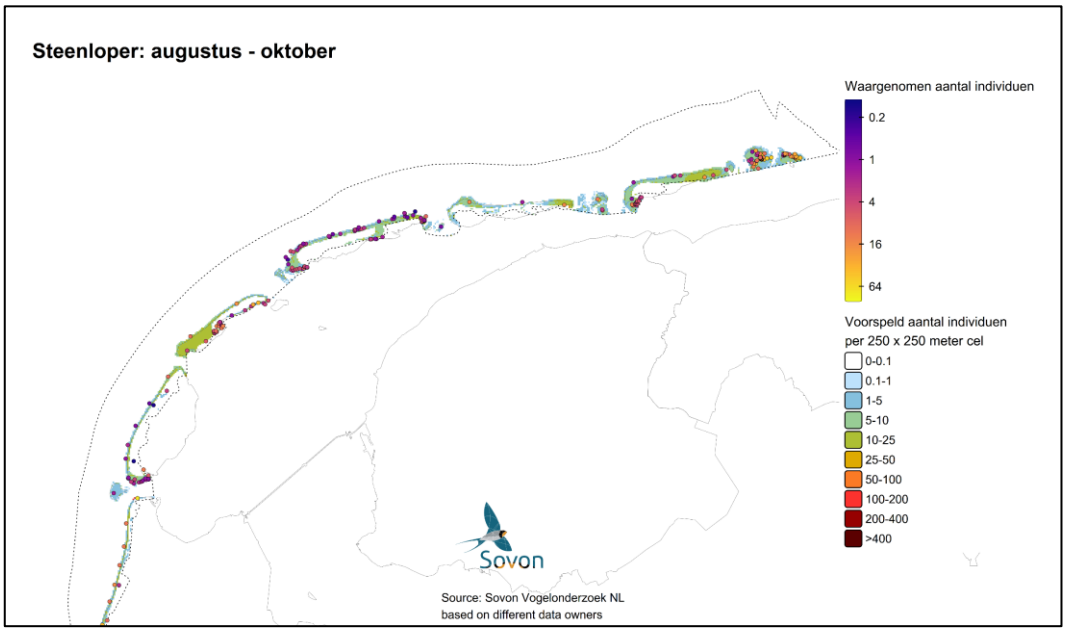
Figuur 40. Uitsnede van het gemiddelde aantal waargenomen (en/of bijgeschatte) Bontbekplevieren (per maand, per jaar) en het voorspelde aantal Bontbekplevieren (per maand, per jaar, per 250 x 250 meter cel) in het Waddengebied in de periode april - juli. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.



Figuur 41. Uitsnede van het gemiddelde aantal waargenomen (en/of bijgeschatte) Strandplevieren (per maand, per jaar) en het voorspelde aantal Strandplevieren (per maand, per jaar, per 250 x 250 meter cel) in het Waddengebied in de periode augustus - oktober. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

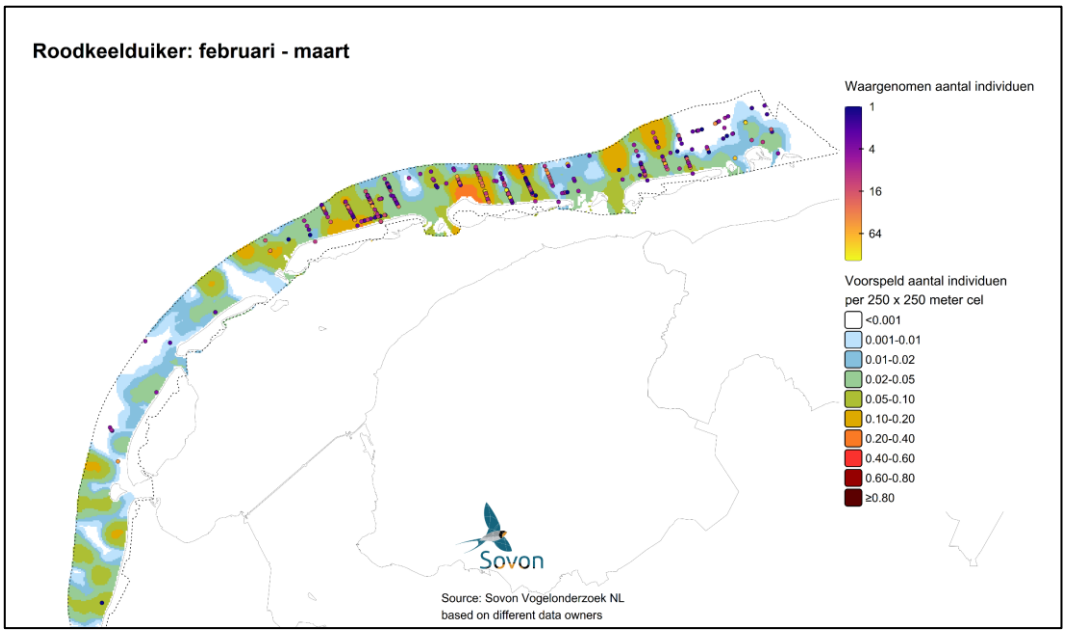


Figuur 42. Uitsnede van het gemiddelde aantal waargenomen (en/of bijgeschatte) Dwergsterns (per maand, per jaar) en het voorspelde aantal Dwergsterns (per maand, per jaar, per 250 x 250 meter cel) in het Waddengebied in de periode augustus - oktober. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

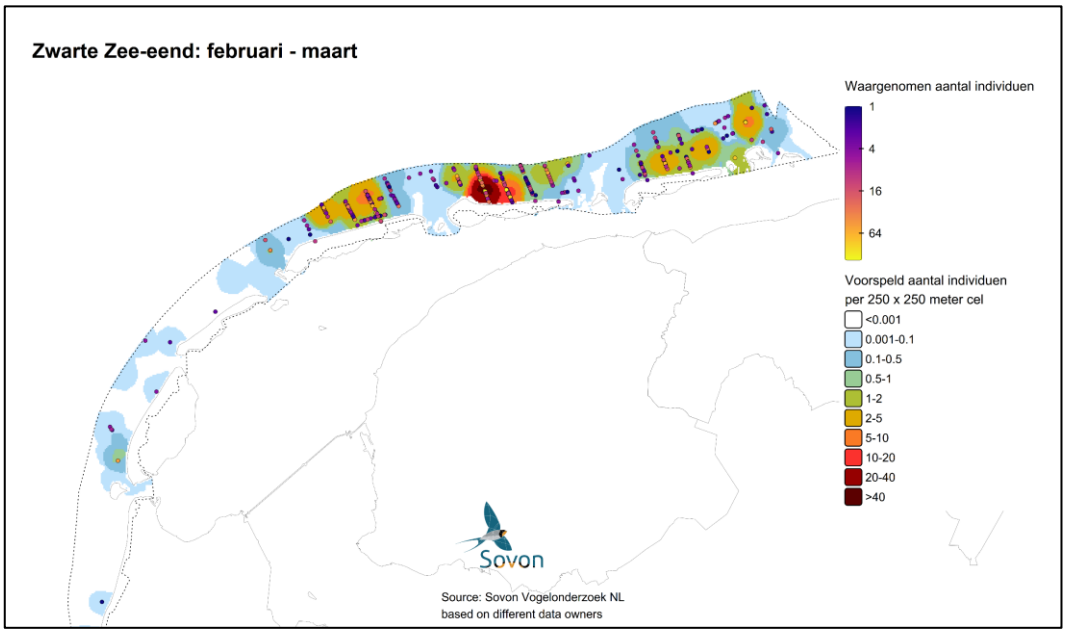


Figuur 43. Uitsnede van het gemiddelde aantal waargenomen (en/of bijgeschatte) Steenlopers (per maand, per jaar) en het voorspelde aantal Steenlopers (per maand, per jaar, per 250 x 250 meter cel) in het Waddengebied in de periode augustus - oktober. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

De waarnemingen en modeluitkomsten komen sterk met elkaar overeen, met name in het geval van de Roodkeelduiker en Zwarte Zee-eend. Dit is logisch, omdat de ruimtelijke verspreiding is gegenereerd door middel van ruimtelijke interpolatie. Door middel van ruimtelijke interpolatie zijn waarden (aantallen vogels) geschat op locaties waar niet is geteld. Hierbij is de aanname dat dicht bij elkaar liggende punten meer op elkaar lijken dan punten die verder uit elkaar liggen, dus de geschatte waarden zijn gebaseerd op de aantallen die het dichtstbij zijn geobserveerd. Op die manier is een continue kaart gegenereerd.



Figuur 44. Uitsnede van het aantal waargenomen Roodkeelduikers en het voorspelde aantal Roodkeelduikers (per maand, per jaar, per 250 x 250 meter cel) in het Waddengebied in de periode februari - maart. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.



Figuur 45. Uitsnede van het aantal waargenomen Zwarte Zee-eenden en het voorspelde aantal Zwarte Zee-eenden (per maand, per jaar, per 250 x 250 meter cel) in het Waddengebied in de periode februari - maart. De grens van het projectgebied is aangegeven met de zwarte stippellijn.

Sovon Vogelonderzoek Nederland

Postbus 6521
6503 GA Nijmegen
Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen
024 7 410 410

info@sovon.nl
www.sovon.nl

Sovon Vogelonderzoek Nederland werkt met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem, gecertificeerd door EIK Certificering overeenkomstig ISO 9001:2015. Dit rapport is met uiterste zorg door Sovon (en eventuele andere partijen) opgesteld. Sovon aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van gegevens van dit onderzoek.