



Vlaanderen
is wetenschap



Opvolging van de palingstand in het Leopoldkanaal als evaluatie van het aangepast spuibeheer in functie van verbeterde glasaalmigratie (2014-2024)

Eindrapport

Isaac Vermeulen, Stijn Bruneel, David Buysse, Nico De Maerteleire, Simon Plaetinck,
Mylan Lyssens, Sarah Broos, Kaat Thienpont, Hanna Jaspaert, Ine Pauwels, Lore
Vandamme, Pieterjan Verhelst, Diederik Rosseel, Charlotte Steendam, Karen Robberechts,
Tuur De Dapper, Emilie Gelaude, Sébastien Pieters, Jeroen Van Wichelen, Raf Baeyens,
Sophie Vermeersch & Johan Coeck

**INSTITUUT
NATUUR- EN BOSONDERZOEK**

Auteurs:

Isaac Vermeulen , Stijn Bruneel , David Buysse , Nico De Maerteleire , Simon Plaetinck , Mylan Lyssens , Sarah Broos , Kaat Thienpont , Hanna Jaspaert , Ine Pauwels , Lore Vandamme , Pieterjan Verhelst , Diederik Rosseel, Charlotte Steendam , Karen Robberechts, Tuur De Dapper, Emilie Gelaude , Sébastien Pieters, Jeroen Van Wichelen , Raf Baeyens , Sophie Vermeersch , Johan Coeck 

Reviewers:

Charlotte Van Driessche

Het INBO is het onafhankelijk onderzoeksinstituut van de Vlaamse overheid dat via toegepast wetenschappelijk onderzoek, data- en kennisontsluiting het biodiversiteitsbeleid en -beheer onderbouwt en evalueert.

Vestiging:

INBO Brussel, Herman Teirlinckgebouw, Havenlaan 88 bus 73, 1000 Brussel, België
vlaanderen.be/inbo

e-mail:

info@inbo.be

Wijze van citeren:

Vermeulen, I., Bruneel, S., Buysse, D., De Maerteleire, N., Plaetinck, S., Lyssens, M., Broos, S., Thienpont, K., Jaspaert, H., Pauwels, I., Vandamme, L., Verhelst, P., Rosseel, D., Steendam, C., Robberechts, K., De Dapper, T., Gelaude, E., Pieters, S., Van Wichelen, J., Baeyens, R., Vermeersch, S. & Coeck, J. (2025). Opvolging van de palingstand in het Leopoldkanaal als evaluatie van het aangepast spuibeheer in functie van verbeterde glasaalmigratie (2014-2024). Eindrapport. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2025 (57). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.133207378

D/2025/3241/350

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2025 (57)

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Hilde Eggermont

Foto cover:

Pepe Brix

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:

De Vlaamse Waterweg nv



OPVOLGING VAN DE PALINGSTAND IN HET LEOPOLDKANAAL ALS EVALUATIE VAN HET AANGEPAST SPUIBEHEER IN FUNCTIE VAN VERBETERDE GLASAALMIGRATIE (2014-2024)

Eindrapport

Isaac Vermeulen, Stijn Bruneel, David Buysse, Nico De Maerteleire, Simon Plaetinck, Mylan Lyssens, Sarah Broos, Kaat Thienpont, Hanna Jaspaert, Ine Pauwels, Lore Vandamme, Pieterjan Verhelst, Diederik Rosseel, Charlotte Steendam, Karen Robberechts, Tuur De Dapper, Emilie Gelaude, Sebastien Pieters, Jeroen Van Wichelen, Raf Baeyens, Sophie Vermeersch, Johan Coeck

doi.org/10.21436/inbor.133207378

Samenvatting

De Europese paling (*Anguilla anguilla* L.) is al tientallen jaren sterk in aantal afgenomen en staat momenteel als ernstig bedreigd op de Rode Lijst van IUCN. Een van de voornaamste oorzaken van deze achteruitgang is de belemmering van de stroomopwaartse migratie van glasaal, een cruciale fase in de levenscyclus van de soort. In België vormen getijdenbarrières in de havens en het stroomgebied van de Schelde vaak onoverkomelijke hindernissen voor glasaal die naar het Vlaamse binnenland wil trekken. Om de intrek van glasaal te bevorderen, wordt in het voorjaar jaarlijks aangepast spuibeheer (AS) toegepast in de havens van Nieuwpoort, Oostende en Zeebrugge. Hierbij worden tijdens opkomend tij bepaalde spuischuiten op een kier gezet, zodat glasalen gemakkelijker stroomopwaarts kunnen migreren. Met deze maatregel tracht men de glasaalintrek in Vlaanderen te verbeteren.

Eén van de belangrijkste intrekroutes voor glasaal in Vlaanderen is het uitwateringscomplex in de haven van Zeebrugge, waar het Afleidingskanaal van de Leie (AKL) en het Leopoldkanaal uitmonden. Het Leopoldkanaal is volgens de Benelux-beschikking voor vrije vismigratie (2009) aangeduid als waterloop met prioriteit 1 waarbij het uitwateringscomplex in Zeebrugge al vóór 2015 vispasseerbaar had moeten zijn.

In 2014 werd op het Leopoldkanaal voor het eerst aangepast spuibeheer toegepast. Sindsdien wordt deze beheermaatregel jaarlijks uitgevoerd, met uitzondering van 2015, waarin geen aangepast spuibeheer plaatsvond. Om de effectiviteit van aangepast spuibeheer als beheermaatregel te evalueren, wordt sinds 2014 de palingstand jaarlijks (m.u.v. 2015) opgevolgd in vier sectoren van het Leopoldkanaal, tussen Zeebrugge en Sint-Laureins.

Palingdensiteiten worden geschat via de vangst-merk-hervangst-methode, waarbij alle gevangen palingen – verkregen met dubbele schietfuisen –biometrisch geanalyseerd worden (lengte, gewicht, zilverpalingkenmerken) en voorzien worden van een PIT-tag (Passive Integrated Transponder), met uitzondering van 2014 waarbij ze een kleurmerk kregen en geen PIT-tag.

Het effect van het aangepaste spuibeheer op de palingpopulatie in het Leopoldkanaal wordt geëvalueerd aan de hand van gerichte onderzoeksvragen. Centraal staat de vraag of het beheer leidt tot een toename in palingdensiteit en -biomassa. Daarnaast wordt nagegaan of deze toename gepaard gaat met een verbreding van de lengteklasseverdeling en een verjonging van de populatie. Verder wordt onderzocht in hoeverre de groeisnelheden van individueel gemerkte palingen wijzen op gunstige opgroeicondities binnen het kanaal.

Omdat historische gegevens ontbreken, zijn de dichtheden vóór het aangepast spuibeheer niet exact bekend. Vergelijking met soortgelijke waterlopen suggereert echter dat de densiteit voor 2014 relatief hoog was. In 2014 werd de biomassa in het Leopoldkanaal geschat op 17 kg/ha, vergelijkbaar met die in de Brugse Polders van datzelfde jaar. In vergelijkbare studies in Nederland (2014) werd de biomassa in ondiepe kanalen zonder scheepvaart geschat op 11,8 kg/ha. **Gemiddeld bedroeg de palingbiomassa in het Leopoldkanaal tussen 2014 en 2024 34,6 kg/ha (min. 13 kg/ha; max. 54 kg/ha).** Deze waarden zijn beduidend hoger dan de historische densiteiten uit soortgelijke kanalen, wat aantoont dat aangepast spuibeheer een positief effect heeft op de palingpopulatie in het Leopoldkanaal.

Vanaf 2016 namen densiteit en biomassa duidelijk toe, met een piek in 2021 als gevolg van het beheer in 2014–2019 en de **tijdsvertraging in vangsten: jonge glasalen (50-100 mm) worden doorgaans pas na twee à drie jaar met fuiken gevangen**. Individuele tot 150 mm kunnen volledig

De lagere biomassa- en densiteitsschattingen in 2022–2023 kunnen worden verklaard door het beperkte en dus ondergemiddelde aantal uren aangepast spui-beheer in 2019–2020, in combinatie met verhoogde palingsterfte in de fuiken in 2022 (4%) en 2023 (9%). De jaren 2020, 2022 en 2023 waren de drie warmste jaren ooit gemeten in België, en tevens de jaren met de hoogste palingsterfte. Deze sterfte wordt toegeschreven aan langdurige droogte en hittegolven, in combinatie met anoxische omstandigheden veroorzaakt door opwoelend slib. Dode palingen werden wel meegeteld in het totaal aantal gevangen individuen per lengteklasse. De daling in gevangen palingen in 2023 kan bovendien deels worden toegeschreven aan de hoge abundantie van rode Amerikaanse rivierkreeften in de fuiken.

Algemeen neemt de densiteit van paling af met toenemende afstand tot de zee, maar deze trend werd sinds 2020-2021 minder uitgesproken. In 2024 lagen de densiteiten in sectoren 2 en 3 hoger dan in sector 1 (dichtst bij de zee), wat **suggereert dat glasaalintrek en succesvolle opgroei het gebruik van stroomopwaartse niches bevorderen**. Dit wijst erop dat de populatie zich binnen het kanaal breder verspreidt dankzij het aangepast spuibeheer.

Hoewel het aangepast spui-beheer in Zeebrugge (LK en AKL) minder frequent wordt toegepast dan in andere waterlopen, en het potentieel voor het verhogen van de palingdensiteit dus nog niet volledig benut wordt (zie aanbevelingen), is sinds 2019 toch een duidelijk positief effect zichtbaar. De intensivering in 2021 en de relatief hoge toepassing in 2022 en 2023 leidden tot meer jonge palingen in de periode 2021–2024, wat wijst op een structurele verjonging van de populatie.

De resultaten van deze studie onderstrepen het belang van aangepast spuibeheer als maatregel om palingmigratie te faciliteren – een verplichting die voortvloeit uit de **Europese Palingverordening (EC No. 1100/2007)**. Dit onderzoek vormt dan ook een waardevolle maatstaf voor het evalueren van de effectiviteit van aangepast spuibeheer. Verdere **monitoring in 2025** zal uitwijzen of deze positieve trend zich bestendigt en de populatie duurzaam herstelt.

Aanbevelingen voor beheer en/of beleid

De resultaten van dit onderzoek wijzen op **positieve effecten van het aangepast spuibeheer op de palingpopulatie in het Leopoldkanaal**. Tussen 2014 en 2021 werd een duidelijke verjonging van de populatie vastgesteld, samen met een verbreding van de lengteklasseverdeling, een toename van de populatiegrootte en een stijging van de gemiddelde palingdensiteit. In 2022 en 2023 werd een tijdelijke daling waargenomen, gevolgd door herstel in 2024.

Deze trends onderstrepen het belang van aangepast spuibeheer als maatregel om palingmigratie te faciliteren – een verplichting die voortvloeit uit de **Europese Palingverordening (EC No. 1100/2007)**. Dit onderzoek vormt dan ook een waardevolle maatstaf voor het evalueren van de effectiviteit van aangepast spuibeheer.

Opvallend is dat de palingdensiteiten in het Leopoldkanaal jaarlijks hoger lagen dan in vergelijkbare Nederlandse kanalen zonder scheepvaart en zonder aangepast spuibeheer (Van De Wolfshaar et al., 2014). Hoewel sector 4 – het meest stroomopwaarts – nog steeds de laagste densiteit en biomassa kent, werden in 2024 hogere waarden gemeten in sectoren 2 en 3 dan in sector 1. Dit suggereert dat palingen zich verder stroomopwaarts verspreiden binnen het kanaal.

Gezien deze positieve trends is het aangewezen om het **aangepast spuibeheer minstens te bestendigen en bij voorkeur uit te breiden**, zoals succesvol werd toegepast in 2021 tijdens het glasaalseizoen (1 maart tot 15 mei). Toch blijft de toepassing van aangepast spuibeheer in Zeebrugge beperkt, onder meer door het ontbreken van binnenvaartbegeleiders aan het sluizencomplex en door terugkerende onderhoudswerken in de kokers. Hierdoor worden de mogelijkheden voor glasaalintrek in het Leopoldkanaal en het Afleidingskanaal van de Leie onvoldoende benut. Nochtans is het Leopoldkanaal volgens de Benelux-beschikking voor vrije vismigratie (2009) aangeduid als waterloop met prioriteit 1 (Stevens & Coeck, 2010). Dit houdt in dat het **uitwateringscomplex in Zeebrugge ten laatste tegen 2015 vispasseerbaar** had moeten zijn (Buysse et al., 2015).

Zoutintrusie is onder het huidige regime van aangepast spuibeheer telkens beperkt gebleven tot net voorbij de zeesluizen (Bruneel et al., 2024). Het aangepast spuibeheer is echter wel een aantal keer vroegtijdig stilgelegd wanneer de limietwaarde van 2.8 mS/cm te Ramscapelle werd overschreden. Dit komt vooral voor in jaren met een droog voorjaar en beperkte bovenafvoer. Een belangrijke aanbeveling is om het **aangepast spuibeheer in Zeebrugge te automatiseren** zodat het, net zoals in de Noordede, vanop afstand gestuurd kan worden. Bovendien suggereert praktijkervaring dat de werkwijze van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) in de Noordede, met **meer frequente en korte toepassingen van het aangepast spuibeheer**, gunstiger is voor glasaalintrek en preservatie van zoet water dan de minder frequente en vaak langere openperiodes die momenteel door De Vlaamse Waterweg (DVW) worden toegepast. Daarnaast moet het spuibeheer beter afgestemd worden op het migratiegedrag van glasaal, met name door **ook 's nachts te spuien** (Vandamme et al., 2020). Tot slot zou het instellen van een sperperiode voor onderhoudswerken – bijvoorbeeld van 15 maart tot en met 15 april – de mogelijkheden voor glasaalintrek aanzienlijk kunnen vergroten. De glasaalvangsten die elk jaar door vrijwilligers te Nieuwpoort worden uitgevoerd zouden hiervoor indicatief kunnen zijn.

Reeds in 2018 werd gewezen op de aanwezigheid van de **900 m lange koker die het sluiscomplex met het Leopoldkanaal verbindt als mogelijk knelpunt voor intrekkende glasalen** (Van Wichelen et al., 2018). Glasalen die via aangepast spuibeheer het kanaal binnenkomen, moeten deze betonnen koker, met vermoedelijk zeer beperkte schuilmogelijkheden, snel doorkruisen om te vermijden dat ze tijdens een volgend spui moment opnieuw naar zee worden

In het Afleidingskanaal van de Leie zou de afvoer bij voorkeur beperkt worden tot de koker die niet gebruikt wordt voor aangepast spuibeheer. Voor het Leopoldkanaal kan overwogen worden om de afvoer te reduceren tot één tijdcyclus per dag (bijvoorbeeld enkel overdag en minimaal 's nachts), of – naar analogie met het Afleidingskanaal van de Leie – deze ruimtelijk te scheiden door ze te concentreren op één van de buitenste schuiven. Op die manier kan een rustzone ontstaan waar glasalen tijdelijk op krachten kunnen komen alvorens hun stroomopwaartse migratie verder te zetten.

////////////////////////////////////

www.vlaanderen.be/inbo doi.org/10.21436/inbor.133207378 Pagina 5 van 84

English abstract

The European eel (*Anguilla anguilla* L.) has experienced a severe decline in numbers for decades and is currently listed as critically endangered on the IUCN Red List. One of the main causes of this decline is the restriction of upstream migration of glass eels, a crucial stage in the species' life cycle. In Belgium, tidal barriers in the harbours and the Scheldt river basin often pose insurmountable obstacles for glass eels attempting to migrate into the Flemish inland. To facilitate the upstream migration of glass eels, adjusted tidal sluice management (ATSM) is applied annually in spring in the harbours of Nieuwpoort, Ostend, and Zeebrugge. During this measure, certain sluice gates are partially opened during rising tides to allow glass eels to migrate upstream more easily. This measure aims to improve glass eel recruitment in Flanders.

One of the main recruitment routes for glass eel in Flanders is the drainage complex in the harbour of Zeebrugge, where the Afleidingskanaal van de Leie (AKL) and the Leopold Canal converge. According to the Benelux Decision on free fish migration (2009), the Leopold Canal has been designated as a priority 1 watercourse, meaning that the drainage complex in Zeebrugge should have been made passable for fish before 2015.

In 2014, adjusted tidal sluice management was applied for the first time in the Leopold Canal. Since then, this management measure has been implemented annually, with the exception of 2015, when no adjusted tidal sluice management took place. To evaluate the effectiveness of adjusted tidal sluice management as a conservation measure, the eel population has been monitored annually since 2014 (except 2015) in four sectors of the Leopold Canal, between Zeebrugge and Sint-Laureins.

Eel densities were estimated using a mark–recapture approach. Each eel captured with double fyke nets underwent biometric measurements (length, weight, and assessment of silvering stage) and was individually tagged with a Passive Integrated Transponder (PIT tag), except in 2014, when colour marking was applied instead.

The effect of adjusted tidal sluice management on the eel population in the Leopold Canal is evaluated based on targeted research questions. The central question is whether the management measure leads to an increase in eel density and biomass. In addition, it is examined whether this increase is accompanied by a broadening of the length class distribution and a rejuvenation of the population. Furthermore, it is investigated to what extent the growth rates of individually marked eels indicate favourable rearing conditions within the canal.

Due to the lack of historical data, the exact densities in the Leopold Canal prior to the adjusted tidal sluice management are not precisely known. However, comparisons with similar watercourses suggest that densities were already relatively high before 2014. In 2014, the biomass in the Leopold Canal was estimated at 17 kg/ha, comparable to the biomass in the Bruges Polders in the same year. In similar studies in the Netherlands (2014), biomass in shallow canals without navigation was estimated at 11,8 kg/ha. Between 2014 and 2024, the average eel biomass in the Leopold Canal was 34,6 kg/ha (min. 13 kg/ha, max. 54 kg/ha). These values are considerably higher than historical densities in comparable canals, indicating that the adjusted tidal sluice management has had a positive effect on the eel population in the Leopold Canal.

From 2016 onwards, eel density and biomass increased markedly, peaking in 2021 as a result of management measures implemented between 2014 and 2019 and the 2-3 year time lag in

catches: glass eels are generally caught in fyke nets after 2-3 years. Individuals up to 150 mm can pass entirely through the mesh, while a portion of eels up to 300 mm can also escape through the openings.

The lower biomass and density estimates in 2022–2023 can be explained by the limited and thus below-average number of hours of adjusted tidal sluice management applied in 2019–2020, combined with increased eel mortality in the fyke nets in 2022 (3%) and 2023 (9%). The years 2020, 2022 and 2023 were the three warmest years ever recorded in Belgium, and also the years with the highest eel mortality. This mortality is attributed to prolonged drought and heatwaves, together with anoxic conditions caused by resuspended sediment. Dead eels were nonetheless included in the total number of captured individuals per length class. The decline in eel captures in 2023 can additionally be partly attributed to the high abundance of red swamp crayfish in the fyke nets.

In 2024, a recovery was observed again, with density and biomass comparable to those of 2020 and 2022. This indicates that the population responds slowly to the intensification of adjusted tidal sluice management in 2021. The results highlight that adjusted tidal sluice management has a positive effect on the eel population, particularly through higher numbers, a broader length-class distribution, and a rejuvenation of the population.

In general, eel density decreases with increasing distance from the sea, but this trend has become less pronounced since 2020–2021. In 2024, densities in sectors 2 and 3 were higher than in sector 1 (closest to the sea), suggesting that glass eel recruitment and successful growth promote the use of upstream niches. This indicates a wider distribution of the population within the canal due to adjusted tidal sluice management.

During the period 2014–2024, a total of 3277 eels were tagged, of which 3095 were tagged with a PIT tag and 182 with a Visible Implant Elastomer (VIE tag). Of the PIT tagged eels, 264 individuals were recaptured. The average annual length growth of eels in the Leopold Canal during the 2016–2024 period was 47.2 mm/year (min 43.6, max 50.8 mm/year), and the individual weight increase averaged 69.2 g/year (min 61.4, max 77 g/year). These values are within the known growth ranges for European watercourses and are higher than in several Dutch and French systems. In 2025, comparable growth rates were recorded in Delfland, a Dutch polder system with canals and an open connection to the North Sea, similar to the Leopold Canal. This confirms that the Leopold Canal provides favourable conditions for eel development. In addition, significant differences were found between weight classes: the heaviest category, mainly consisting of females, grew the fastest. No significant differences in growth rate were found between length classes.

Although adjusted tidal sluice management in Zeebrugge (LK and AKL) is applied less frequently than in other watercourses, meaning the full potential for increasing eel density is not yet realized (see recommendations), a clear positive effect has been visible since 2019. In 2021, adjusted tidal sluice management was carried out more intensively than in previous years, followed by relatively high application in 2022 and 2023. This intensification led to an increase in young eels during the 2021–2024 period, indicating structural rejuvenation of the population.

Finally, the results of this study underscore the importance of adjusted tidal sluice management as a measure to facilitate eel migration – an obligation under the European Eel Regulation (EC No. 1100/2007). This research therefore provides a valuable benchmark for evaluating the effectiveness of adjusted tidal sluice management. Further monitoring in 2025 will reveal whether this positive trend continues and whether the population recovers sustainably.

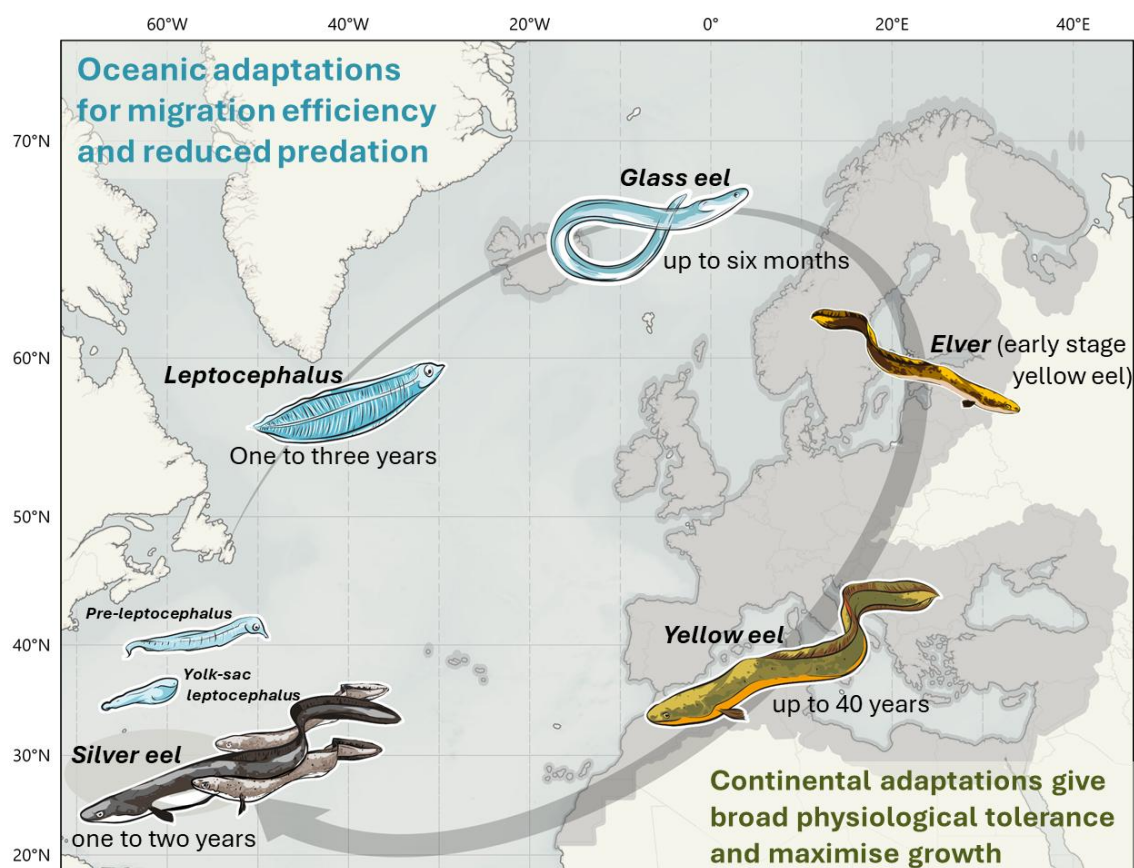
Inhoudstafel

Samenvatting	2
Aanbevelingen voor beheer en/of beleid	4
English abstract	6
1 Inleiding en doelstelling	10
1.1 Situering.....	10
1.2 Doelstelling	14
2 Materiaal en methoden	15
2.1 Studiegebied	15
2.1.1 Locatie.....	15
2.1.2 Waterbeheer	16
2.1.3 Aangepast spuibeheer in functie van glasaalmigratie in 2014 – 2024 (met uitzondering van 2015)	18
2.2 Gegevensverzameling.....	21
2.2.1 Bemonsteringen	21
2.2.2 Biometrische analyse.....	23
2.2.3 Merken.....	23
2.3 Data-analyse	25
2.3.1 Densiteits- en biomassaschattingen.....	25
2.3.2 Groeisnelheid.....	28
3 Resultaten	29
3.1 Overzicht.....	29
3.2 Groeisnelheid.....	39
4 Bespreking.....	43
5 Conclusies in functie van het beheer	49
6 Referenties	50

1 INLEIDING EN DOELSTELLING

1.1 SITUERING

De Europese paling (*Anguilla anguilla* L.) staat bekend om zijn bijzondere levenscyclus. Deze katadrome soort plant zich voort in de Sargassozee (Righton et al., 2025). De leptocephaluslarven worden passief door de Golfstroom naar de Atlantische kust meegevoerd, waar ze transformeren tot glasalen. Bij hun intrek in estuaria maken glasalen gebruik van *selective tidal stream transport* (STST): zij laten zich met het tij meevoeren bij gunstige stromingen en zoeken de bodem op bij ongunstige getijden (Beaulaton & Castelnaud, 2005; Verhelst et al., 2018). In latere stadia migreren ze actief tegen de stroming in, op zoek naar geschikte zoetwaterhabitats, waarbij hun lichaamskleur verandert en meer camouflage biedt. Na vestiging in zoete of brakwatergebieden ontwikkelen glasalen zich tot gele palingen. Deze fase is voornamelijk gericht op groei en vetopslag, waarna de dieren uiteindelijk terugkeren naar de Sargassozee als zilverpaling om zich voort te planten (Figuur 1; Righton et al., 2025).



Figuur 1: De levenscyclus en de belangrijkste ontwikkelingsstadia van de Europese paling (Righton et al., 2025).

In de afgelopen dertig jaar is de aanwas van jonge palingen (*Anguilla anguilla* L.) met meer dan 90% afgenomen, waardoor de soort inmiddels op de IUCN-lijst als 'kritiek bedreigd' staat (Bonhommeau et al., 2008a; Jacoby & Gollock, 2014; Verhelst et al., 2018b). Deze sterke

Veel rivieren zijn tegenwoordig gekanaliseerd, wat heeft geleid tot rechtlegging van de rivieren, aanzienlijk verlies en degradatie van oeverhabitats en de aanleg van diverse waterregulerende constructies die palingmigratie blokkeren (Verhelst et al., 2021). Het verwijderen van natuurlijke meanders, samen met de fixatie van rivieroeveren door middel van dijken, steenbestortingen en schanskorven, heeft de verbinding tussen rivier en uiterwaarden verstoord, evenals sedimentatiepatronen, nutriëntentransport, hydrologische dynamiek en ecologische processen (Sabater et al., 2018; Verhelst et al., 2021). Gekanaliseerde rivieren en kunstmatige kanalen die voor scheepvaart worden gebruikt, worden gekenmerkt door sterk gereguleerde stromen, veranderde waterkwaliteit en geringe structurele variabiliteit. Hun uniforme waterdiepte en beperkte vegetatie hebben geleid tot verlies van essentiële opgroeigebieden en schuilhabitats voor paling (Verhelst et al., 2021).

Wereldwijd is 37% van de rivieren langer dan 1.000 km niet meer vrijstromend (Grill et al., 2019). Europese rivieren hebben een gemiddelde barrière-dichtheid van 0,74 per km (Belletti et al., 2020). In België zijn 9.580 barrières geïdentificeerd over 8.018 km rivier, wat resulteert in de op vijf na hoogste barrière-dichtheid van Europa met 1,19 per km (Belletti et al., 2020). Migratiebarrières verstoren de bewegingen van palingen door de toegang tot cruciale habitats die nodig zijn voor voedselvoorziening, voortplanting en overwintering te blokkeren (Verhelst et al., 2021). Verschillende studies bevestigen dat de stroomopwaartse migratie van juveniele paling (glasaal) een van de cruciale knelpunten is voor het behoud van palingpopulaties (White & Knights, 1997; Feunteun et al., 1998; Briand et al., 2005; Laffaille et al., 2007; Bult & Dekker, 2007). Veel glasaal bereikt zijn Europese zoetwaterhabitats niet vanwege de aanwezigheid van meer dan een miljoen migratiebarrières in Europese estuaria en rivieren (Belletti et al., 2020). Door de toenemende hydrologische uitdagingen als gevolg van klimaatverandering zal het gebruik van deze waterregulerende constructies waarschijnlijk toenemen, en de bouw van nieuwe structuren in Vlaanderen is niet uitgesloten. De 90% afname van glasaalrekrutering in de afgelopen dertig jaar kan bovendien leiden tot een daling van de zilverbalinguittrek, waardoor een vicieuze neerwaartse spiraal ontstaat (Verhelst et al., 2018).

beoogt. Verder vraagt de verordening een aanpak die de uittrek van 40% van de zilverpalingbiomassa ten opzichte van een door de mens onverstoorde toestand garandeert.

Dankzij de talrijke laaglandrivieren, kanalen, vijvers en kreken is Vlaanderen een belangrijke regio voor opgroei van paling en de rekrutering van zilverpaling (Vandamme et al., 2023). Afgelopen jaren is de chemische en biologische waterkwaliteit van de Vlaamse rivieren aanzienlijk verbeterd door intensieve afvalwaterzuivering en de implementatie van bemestingsnormen (Vandamme et al., 2024). Toch verkeert 64% van de Vlaamse waterlichamen nog steeds in 'slechte' of 'ontoereikende' ecologische toestand en slechts 1 van de 195 Vlaamse waterlichamen haalt een 'goede' ecologische toestand (VMM, 2023). De huidige verbeteringssnelheid is dus onvoldoende om tegen 2027 alle waterlichamen in een goede ecologische toestand te brengen, zoals vereist volgens de doelstellingen van de **Europese Kaderrichtlijn Water** (VMM, 2023). Omdat paling een relatief tolerante soort is, vormen de meeste Vlaamse waterlopen wel nog steeds bruikbare habitats, en is de soort wijdverspreid in Vlaanderen (Vandamme et al., 2024). De rivierbeheerders richten hun inspanningen daarom vooral op het beperken van sterfte door visserij (vangstquota) en het wegwerken van migratiebarrières, om de palingpopulaties opnieuw te versterken (Vandamme et al., 2024).

Van nature worden de meeste Europese estuaria gekenmerkt door een hoge connectiviteit tussen zee en rivier, met een geleidelijke overgang tussen zout en zoet water. Dit laat glasalen toe om stroomopwaarts te migreren naar zoetwaterhabitats die geschikt zijn voor hun groei en ontwikkeling. Vismigratie, en glasaalmigratie in het bijzonder, is in principe gericht op een minimaal verbruik van energie. Het migratiegedrag van glasaal in natuurlijke getijdenrivieren is dan ook goed gekend (Creutzberg, 1958; Harrison et al., 2014). Om vanuit zee het zoete water op te trekken, maken glasalen bij voorkeur gebruik van de getijdebeweging door zich bij vloed in de waterkolom stroomopwaarts mee te laten voeren en zich bij eb in de bodem op te houden (selectief getijdentransport; Verhelst et al., 2018).

Sommige rivier- en kanaalmondingen worden echter afgesloten om overstromingen te voorkomen, met name in laaggelegen regio's van Europa zoals Vlaanderen en Nederland. Deze aanpak leidde tot scherpe zout/zoet overgangen en het verdwijnen van een brakke getijdenzone. Ondanks zulke onnatuurlijke abrupte overgangen blijken er geen osmoregulatorische problemen te zijn voor glasalen (Wilson et al., 2004, 2007). In rivieren en kanalen die door getijdenbarrières zijn afgesloten treedt geen getijdenwerking meer op waardoor glasalen ook geen gebruik kunnen maken van selectief getijdentransport. Glasalen moeten m.a.w. plots overschakelen van passief getijdentransport naar actief zwemmen om zich verder stroomopwaarts in het stroomgebied te kunnen verspreiden. De energieverliezen die hiermee gepaard gaan kunnen gedragsveranderingen inleiden die de verdere stroomopwaartse migratie sterk beperken of zelfs stopzetten (Edeline et al., 2005, 2006; Bureau Du Colombier et al., 2007). De Vlaamse waterbeheerders **zetten sinds enkele jaren geen glasaal meer uit**, aangezien onderzoek aantoonde dat deze aanpak de verspreiding van schadelijke pathogenen kan verhogen (Audenaert et al., 2003; Kullmann et al., 2017; Delrez et al., 2021; Verhelst et al., 2025). **In plaats daarvan moet ingezet worden op geïntegreerde beheeropties** die de stroomopwaartse migratie van lokale glasalen bevorderen.

Eén van de beheeropties die hieraan tegemoet tracht te komen, is het uitvoeren van een aangepast spuibeheer ter hoogte van de getijdenbarrières in de Belgische havens. Hierbij worden een aantal spuischuiten op een kier gezet tijdens hoogwater zodat door de ontstane kieren zeewater met daarin aanwezige glasalen binnen kan stromen (Mouton et al., 2009, 2010).

Op basis van de beperkte toepassing van aangepast spuibeheer in het Leopoldkanaal, in vergelijking met het kanaal Gent-Oostende, de IJzer en Afvoerkanaal Veurne-Ambacht (Bruneel et al., 2024) kan worden gesteld dat het potentieel voor zowel glasaalintrek als het aanbod van juveniele paling in het Leopoldkanaal aanzienlijk hoger ligt.

Verschillende studies tonen bovendien aan dat glasalen zich in dergelijke kanalen actief voeden, waardoor ze energie kunnen opbouwen en hun stroomopwaartse migratie kunnen voortzetten. Zo stelden Van Wichelen et al. (2022) vast dat glasalen in polderkanalen hun dieet snel diversifiëren tijdens de opgroeiperiode, terwijl Vandamme et al. (2017) rapporteerden dat binnengelaten glasalen in het Veurne-Ambachtkanaal konden foerageren en zich vervolgens actief stroomopwaarts verplaatsten. In het Leopoldkanaal bleek het effect in 2014 beperkt: slechts één glasaal werd stroomopwaarts van het spuicomplex gevangen (Buyse et al., 2015). Mogelijke hindernissen, zoals de 900m lange tunnel net bovenstrooms van het spuicomplex, kunnen de migratie sterk bemoeilijken. Daarom wordt de effectiviteit van het beheer in dit kanaal geëvalueerd aan de hand van veranderingen in de palingstand.

1.2 DOELSTELLING

Dit rapport beschrijft de evolutie van de palingstand in het Leopoldkanaal ter evaluatie van het aangepast spuibeheer in functie van een verbeterde glasaalintrek. Het palingbestand wordt bepaald en opgevolgd met behulp van de vangst-merk-hervangst methode. De resultaten moeten waterbeheerders inzichten verlenen hoe estuariene migratiebarrières efficiënt en glasaalvriendelijk kunnen worden beheerd.

2 MATERIAAL EN METHODEN

2.1 STUDIEGEBIED

2.1.1 Locatie

Het stroomgebied van het Leopoldkanaal (46 km) strekt zich uit over het noordelijk gedeelte van de provincies West- en Oost-Vlaanderen (Figuur 2). Op dit kanaal zijn twee panden te onderscheiden die worden gescheiden door de stuw in Sint-Laureins. Het westelijk gedeelte is gelegen binnen het bekken van de Brugse Polders en stroomt vanaf Maldegem parallel met het afwaarts gedeelte van het Afleidingskanaal van de Leie (Schipdonkkanaal) richting Zeebrugge waar het uitwatert in de Noordzee via een gemeenschappelijk schuivencomplex. Het oostelijk gedeelte van het Leopoldkanaal, behorende tot het Bekken van de Gentse Kanalen, watert af naar de Braakmankreek (Nederland) en verder naar de Westerschelde. Onder normale omstandigheden watert de Ronselaerebeek (Zwinpolder) af naar het Leopoldkanaal. In noodgevallen (dreigende watersnood) wordt het water echter naar het Afleidingskanaal van de Leie gepompt.

De palingstand in het Leopoldkanaal werd in de periode 2014-2024 geïnventariseerd in vier sectoren gelegen tussen de spuischuiten in Zeebrugge (sector 1) en de stuw in Sint-Laureins (sector 4), een relatief goed afgesloten studiegebied (Figuur 2). De tussenliggende locaties situeren zich stroomopwaarts de Oostkerkebrug (sector 2) en stroomopwaarts de Jaxcensbrug (sector 3) (Figuur 2).



Figuur 2: Situering van het Afleidingskanaal van de Leie (AKL), het Leopoldkanaal (LK) en het Kanaal Gent-Oostende (KGO) met aanduiding van een aantal belangrijke vismigratiekelpunten (rode kruisjes). De vier onderzoekslocaties (sectoren) in het Leopoldkanaal worden weergegeven met oranje ruiten. Het studiegebied wordt stroomafwaarts begrensd door de spuischuiten in Zeebrugge in sector 1 en stroomopwaarts door de stuw van Sint-Laureins in sector 4.

2.1.2 Waterbeheer

Het Leopoldkanaal staat in voor de afwatering van circa 40.000 ha poldergebied, waarvan ongeveer de helft afwatert in het westelijk pand van het kanaal (beneden de stuw van Sint-Laureins). Gravitaire lozing in zee gebeurt op het ogenblik dat het zeewater lager staat dan het peil in de polderwaterlopen of kanalen (onder normale omstandigheden tussen 1 à 2 m TAW). Zodra het zeewater door de getijdenwerking stijgt (bij springvloed kan het water stijgen tot boven de 5 m TAW) worden de sluizen gesloten. Zodoende kunnen de polders slechts gedurende enkele uren per dag water afvoeren naar zee. Deze korte lozingsperioden worden daarenboven niet zelden ingekort doordat het zeepeil aan de kust opgestuwd wordt door de wind. Bij harde westenwind kan het gebeuren dat het zeepeil niet onder de 2.20 m TAW daalt zodat de sluizen niet geopend kunnen worden. Gedurende de periodes waarin niet kan worden geloosd moet het overtollig polderwater worden opgeslagen in de talrijke waterlopen die de polders rijk zijn. Om over voldoende bergingsruimte te beschikken en om te anticiperen op mogelijke vloedperioden, worden de polderpeilen in de winter laag gehouden. Door de beperkte lozingscapaciteit van het Leopoldkanaal, werd er in 2013/2014 een noodpompgemaal gebouwd dat bij piekdebieten het overtollige water naar het Afleidingskanaal van de Leie pompt (Figuur 3). Het Leopoldkanaal loost in de voorhaven via een koker (15 x 15 x 900 m, Figuur 4) die afgesloten wordt met drie houten schuiven in een ijzeren u-profiel (3 x 2 sluisdeuren). De betonnen kokers hebben een bodemdiepte van -3 m TAW.



Figuur 3: Vijzelpompen in het Leopoldkanaal die bij hoge piekdebieten het overtollige water kunnen verpompen naar het Afleidingskanaal van de Leie.

2.1.3 Aangepast spuibeheer in functie van glasaalmigratie in 2014 – 2024 (met uitzondering van 2015)

Aangepast spuibeer houdt in dat de spuien op een kier worden gezet tijdens opkomend tij om stroomopwaartse glasaalmigratie mogelijk te maken. Sinds 2014 - met uitzondering van 2015 - wordt het aangepast spuibeheer jaarlijks toegepast in het Leopoldkanaal (Figuur 5). In 2014 werden, in het kader van een onderzoek naar de passeerbaarheid van het sluiscomplex van het Afleidingskanaal van de Leie, de gevangen glasalen (10.800 individuen) vrijgelaten in het Leopoldkanaal (Buyse et al., 2015).

Het aangepast spuibeheer werd in 2014, 2016 en 2017 toegepast tussen 1 maart en 1 mei (de periode waarin de grootste hoeveelheid glasaal aan onze kust arriveert). In 2018, 2019, 2020 en 2021 werd het aangepast spuibeheer verlengd tot 15 mei, wegens de observatie dat er na 1 mei nog steeds aanzienlijke aantallen glasaal binnengelaten kon worden. In 2022 werd er tot 27 april aangepast gespuid en in 2023 en 2024 gebeurde dit tot 8 mei.

Indien het zeepeil gelijk aan of hoger is dan het kanaalpeil (water stroomt binnen) wordt buitenschuifdeur 8 op een kier van 100 mm gezet én binnenschuifdeur 8 volledig opengezet. Bij een peil van de zee gelijk aan of lager dan het peil van het Leopoldkanaal (water stroomt buiten) wordt een normaal beheer toegepast (spuischuiven open bij veel afvoer of alles dicht bij weinig afvoer).

In 2014 werd gedurende 17 dagen aangepast spuibeheer toegepast, waarbij de schuif uitsluitend overdag - gemiddeld 6 uur per dag - werd geopend, met een totaal van 103 uur (Figuur 5). In 2016 vond aangepast spuibeheer plaats op 27 dagen, waarbij de schuif enkel overdag gemiddeld 4 uur en 59 minuten openstond, met een totaal van 135 uur. Vanwege de uitzonderlijke droogte werd er in 2017 slechts op 18 dagen aangepast spuibeheer toegepast (107 uur in totaal). Er werd toen wel gemiddeld ongeveer 1 uur langer water binnengelaten per dag. Wegens anticorrosiewerken in de uitwateringskokers van het Leopoldkanaal kon het aangepast spuibeheer zowel in 2018 als in 2019 slechts beperkt worden toegepast. In 2018 werd er in totaal op 23 dagen aangepast spuibeheer toegepast (117 uur in totaal) en in 2019 amper 14 dagen (70 uur in totaal). Door DVW werd aangegeven dat er omwille van deze werken in het Leopoldkanaal in 2018 en 2019 respectievelijk 27 en 36 dagen niet aangepast gespuid kon worden. Ook in 2020 werd er in mindere mate aangepast spuibeheer toegepast in het Leopoldkanaal (22 dagen, 107 uur in totaal) wegens werken aan de uitwateringskokers en gebrek aan waterlozing. Op initiatief van DVW wordt er sinds 2019 aangepast gespuid via de meest westelijke of meest oostelijke van de drie sluisdeuren. Bij het spuien naar zee wordt tijdens de glasaalperiode de tegenovergestelde sluisdeur gebruikt. Door toepassing van deze eenvoudige beheermaatregel kunnen glasalen zich mogelijk beter en langer handhaven in de uitwateringskokers en hebben ze potentieel een hogere kans om het Leopoldkanaal in stroomopwaartse richting te koloniseren.

In vergelijking met de andere belangrijke intrekroutes aan de Belgische kust (Figuur 2) (i.e. IJzer, Kanaal Gent-Oostende en het Afvoerkanaal Veurne-Ambacht) wordt het aangepast spuibeheer slechts beperkt toegepast in het Leopoldkanaal en het Afleidingskanaal van de Leie. Daarom werd in 2021 geprobeerd het aangepast spuibeheer in het Leopoldkanaal te intensiveren door de schuiven ook bij afgaand tij open te laten staan. Dit resulteerde in een toename van het totaal aantal uren spuien (29 dagen, 299 uur in totaal). Via deze beheermaatregel werd er twee maal per 24 u aangepast gespuid. De eerste glasaalinstroom van 2021 vond plaats op 3 maart en vanaf die datum stonden de schuiven doorlopend open tot en met 9 maart. Dit veroorzaakte hoge zoutwaarden waardoor het aangepast spuibeheer vanaf 10 maart tot en met 18 maart tijdelijk

Jaar	Aantal uren toegepast AS (links)	Aantal dagen toegepast AS (rechts)
2014	105	18
2015	0	0
2016	140	28
2017	110	19
2018	120	24
2019	70	15
2020	110	23
2021	300	30
2022	140	24
2023	135	23
2024	105	18

www.vlaanderen.be/inbo doi.org/10.21436/inbor.133207378 Pagina 19 van 84

Tabel 1: Overzicht van het aangepast spuibeheer dat werd toegepast vanaf 2016 t.e.m. 2024 t.h.v. de belangrijkste getijdenbarrières in Vlaanderen (KGO: Kanaal Gent-Oostende, AKL: Afleidingskanaal van de Leie, LK: Leopoldkanaal, AVA: Afvoerkanaal Veurne-Ambacht).

	JAARTAL	IJZER	KGO	AKL	LK	AVA
aantal geopende spuien		2 x 0.20m	1 x 0.20m	1 x 0.20m	1 x 0.20m	1 x 0.20m
aantal dagen toegepast aangepast spui-beheer	2016	61	52	22	27	/
	2017	33	39	10	18	32
	2018	71	65	10	23	70
	2019	52	40	6	14	57
	2020	23	29	18	22	27
	2021	59	11	29	29	61
	2022	41	54	3	23	76
	2023	60	33	6	22	75
	2024	66	46	7	17	64
	TOTAAL	466	369	111	195	462
aantal uren toegepast aangepast spui-beheer	2016	551	228	111	135	/
	2017	244	178	36	107	74
	2018	540	304	48	117	402
	2019	432	148	31	70	314
	2020	152	77	84	107	190
	2021	489	54	464	299	367
	2022	277	246	19	136	444
	2023	537	128	38	132	441
	2024	589	247	39	102	379
	TOTAAL	3811	1610	870	1205	2611
gemiddelde duur van een aangepast spuimoment in uur:min	2016	5:00	2:46	5:02	4:59	/
	2017	4:22	2:47	3:34	5:55	1:20
	2018	4:24	2:47	4:49	5:50	3:05
	2019	4:28	3:13	5:10	5:01	3:02
	2020	4:28	2:11	4:41	4:52	3:48
	2021	4:34	4:56	42:14	13:36	3:02
	2022	3:53	2:42	6:16	5:54	3:01
	2023	4:45	2:34	6:21	6:00	3:05
	2024	4:50	2:58	5:34	6:01	3:05
gemiddelde duur van het aangepast spuien per 24 uur	2016	9:01	4:22	5:02	4:59	/
	2017	7:38	3:29	3:34	5:55	2:19
	2018	8:49	4:39	4:49	5:50	5:38
	2019	8:07	4:47	5:10	5:01	5:24
	2020	6:05	2:33	4:41	4:52	6:24
	2021	8:17	4:56	16:18	10:18	6:01
	2022	6:44	4:33	6:16	5:54	5:50
	2023	8:57	3:53	6:21	6:00	5:53
	2024	8:55	5:22	5:34	6:01	5:55

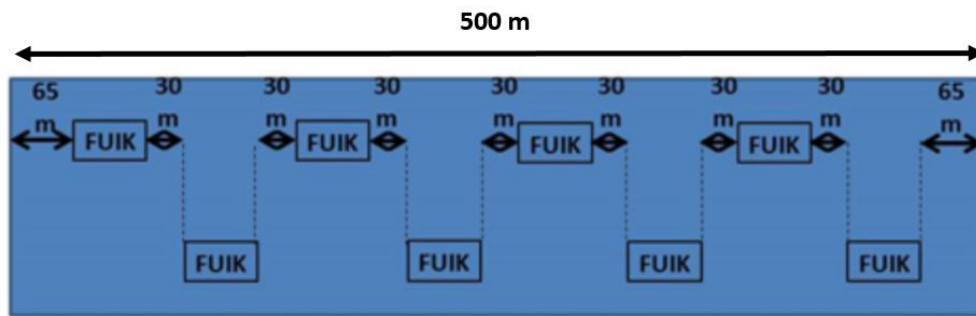
GEGEVENSVERZAMELING

Bemonsteringen

De palingstand in het Leopoldkanaal werd in de zomer van **2014** (30/06-4/07 en 14-18/07), **2016** (4-8/07 en 1-5/08), **2017** (7-11 en 21-25/08), **2018** (18-21/09 en 25-28/09), **2019** (30/07-2/08 en 6-9/08), **2020** (1-4 en 8-11/09), **2021** (30-31/06, 1-2/07 en 6-9/07), **2022** (28/06-1/07 en 5-8/07), **2023** (27-30/06 en 4-7/07) en **2024** (18-21 en 25-28/06) geïnventariseerd in vier sectoren (Figuur 2). Voor dit onderzoek werden palingen groter dan 100 mm bemonsterd, waardoor glasalen (50–100 mm) niet gevangen werden. In elke sector werd tijdens elke bemonstering de bijvangst genoteerd (aan- of afwezigheid in 2014 en 2016, aantallen/soort in 2017-2024).

In 2018 konden de bemonsteringen niet in de zomer worden uitgevoerd omwille van de uitzonderlijke klimatologische omstandigheden, i.e. langdurige hitte en droogte. Zo werden in 2018 twee hittegolven geregistreerd, namelijk van 13 tot 27 juli en van 29 juli tot 7 augustus (KMI, 2025). Langdurige droogte heeft een directe impact op de waterpeilen en debieten in de Vlaamse waterlopen die op hun beurt verhoogde watertemperaturen, lage(re) zuurstofconcentraties, hogere concentraties polluenten en verzilting tot gevolg kunnen hebben. Dit kan leiden tot een slechtere toestand van het ecosysteem als geheel. Ook de kans op acute ecologische problemen zoals vissterfte, cyanobacteriebloei en botulisme neemt sterkt toe bij dergelijke omstandigheden. Om sterfte bij palingen te voorkomen werden de bemonsteringen uitgesteld naar september 2018. In 2020 gingen de bemonsteringen in sector 1 en sector 2 van start op 18 augustus. Het opwoelen van slib (lokaal hypoxisch milieu) in combinatie met langdurige hitte (in 2020 was er een hittegolf van 5 tot en met 16 augustus (KMI, 2025)), resulteerde in een opvallende vissterfte in de fuiken. In sector 1 werden in totaal 123 palingen gevangen. Hiervan werden er 82 dood aangetroffen. In sector 2 werden in totaal 22 palingen dood in de fuiken aangetroffen. Om verdere vissterfte te voorkomen werden de bemonsteringen meteen stopgezet en verplaatst naar september 2020. Ook 2022 en 2023 waren jaren met hete zomers en hittegolven. Als gevolg van opwoelend slib en anoxische omstandigheden in de fuiken werden in 2022 16 (15 zonder PIT-tag) van de 438 palingen (4%) en in 2023 30 (25 zonder PIT-tag) van de 324 palingen (9%) dood in de fuiken aangetroffen. Op 4 juli 2023 werden in sector 4 slechts 2 palingen in de fuiken gevangen, omdat deze vol zaten met rode Amerikaanse rivierkreeften: in totaal 606 die dag. Op 21 juni 2024 werd één dubbele schietfuij gestolen in sector 2. Op 27 juni 2024 werden verschillende fuiken gesaboteerd in sector 4, waardoor er die dag slechts 7 palingen werden gevangen.

De palingdensiteit per sector werd bepaald via de ‘**vangst-merk-hervangst**’ methode (Van Wichelen et al., 2018). In elke sector werden palingen gevangen met behulp van acht dubbele schietfuiken (30m lengte, 8 mm maaswijdte) die per vier gelijkmatig verspreid langs elke oever werden geplaatst (Figuur 6) en dagelijks gedurende vier opeenvolgende dagen werden gecontroleerd (Van Wichelen et al., 2018). Omdat ook middelgrote palingen (150-300 mm) werden onderzocht, werden de ontsnappingsringen in de schietfuiken dichtgemaakt (). Deze ringen zijn normaliter bedoeld om juist die middelgrote palingen te bevrijden (Jellyman & Graynoth, 2005). De relatief ruime maaswijdte van 8mm laat toe dat de glasalen en elvers kleiner dan 150 mm gemakkelijk konden ontsnappen (Jellyman & Graynoth, 2005), aangezien deze individuen niet worden geanalyseerd of gemerkt binnen dit onderzoek. Ondanks het afsluiten van de ontsnappingsgaten, is het toch nog steeds mogelijk dat palingen tot een lengte van 300 mm gedeeltelijk door de mazen ontsnappen (zie ook 2.3.1).



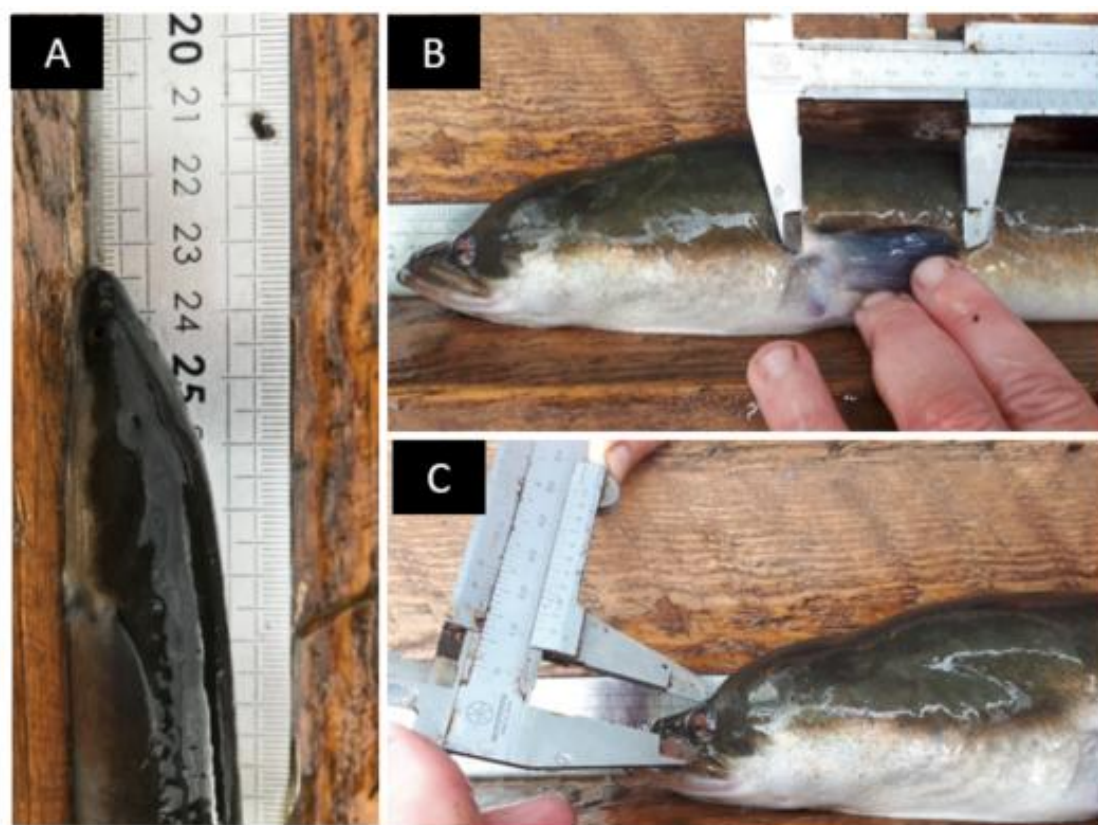
Figuur 6: Proefopstelling van de dubbele schietfuiken in elke sector in het Leopoldkanaal. De blauwe oppervlakte stelt het kanaal voor en de horizontale zijden stellen de beide oevers voor (Van Wichelen et al., 2018).



Figuur 7: (A) Dubbele schietfuik (30m lengte, 8 mm maaswijdte) (B) Afsluiten van de ontsnappingsgaten voor middelgrote paling (150-300 mm) in de schietfuiken.

2.2.2 Biometrische analyse

Alle gevangen palingen met een lengte ≥ 300 mm werden onderworpen aan een biometrische analyse ter bepaling van het zilverpalingstadium (I = seksueel ongedifferentieerde fase, FII = vrouwtjes in sedentaire opgroefase, FIII = vrouwtjes in pre-migratorische fase, FIV+FV = vrouwtjes in migratorische fase en MII = mannetjes in migratorische fase) op basis van de lichaamslengte, het gewicht, de lengte van de borstvin en de horizontale en verticale oogdiameter (Figuur 8) en met toepassing van het model van Durif et al., (2009). Vóór de metingen werden de vissen verdoofd in een kruidnagelolieoplossing (0,3 ml/L). Alle palingen die in stadium FIII, FIV, FV en MII vallen, worden als zilverpaling beschouwd. Dit model bleek evenwel het aandeel mannetjes in de populatie te overschatten aangezien ook een aantal palingen die groter waren dan 450 mm, wat algemeen aanvaard wordt als maximale grootte van de mannetjes (Dekker et al., 1998), gecatalogeerd werden als MII-palingen. Deze palingen werden naargelang hun totale lengte en gewicht gecatalogeerd als zijnde stadium FII of FIII. Het betrof respectievelijk 1, 18, 21, 2, 6, 8, 35, 2, 3 en 6 palingen in 2014, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023 en 2024.



Figuur 8: Opmeting van zilverpalingkenmerken bij individuen met een lengte groter dan 300 mm: (A) totale lengte, (B) lengte borstvin en (C) verticale oogdiameter.

2.2.3 Merken

In de periode 2014–2024 werden in totaal 3277 palingen met een lengte ≥ 150 mm gemerkt, waarvan 3095 met een PIT-tag (Passive Integrated Transponder) en 182 met een elastomeerkleurmerk (VIE-tag, Visible Implant Elastomer) (Bolland et al., 2009). Van de met PIT-tag gemerkte palingen werden 264 individuen in een later jaar hervangen (Tabel 14 bijlage).

Alle in 2014 gevangen palingen werden gemerkt met een VIE-tag in de onderlip (Van Wichelen et al., 2018). De kleurstof voor de VIE-tags werd met een injectienaald onderhuids ter hoogte van de onderlip ingebracht. Vanaf 2016 t.e.m. 2024 werden de gevangen palingen gemerkt met een PIT-tag, een kleine glazen cilinder voorzien van een microchip die is geprogrammeerd om een unieke code uit te zenden zodat elke gemerkte vis na activatie van de zender individueel herkend kan worden (Figuur 9). PIT-tags bezitten geen eigen energiebron voor het uitzenden van een signaal maar kunnen aangestuurd worden tot het verzenden van hun unieke code onder invloed van een elektromagnetisch veld van een welbepaalde frequentie. Aangezien PIT-tags geen energiebron bevatten hebben ze een onbegrensde levensduur (Bolland et al., 2009). Tijdens dit onderzoek werden uitsluitend 12 mm PIT-tags (2.1 mm x 12 mm, 0.027 g, Texas Instruments) gebruikt voor palingen < 300 mm, terwijl diezelfde 12 mm of alternatief 23 mm PIT-tags (23 mm x 3.8 mm, 0.6 g, Texas Instruments) werden gebruikt voor grotere palingen (Bolland et al., 2009; Jepsen et al., 2022; Volwater et al., 2025). De PIT-tags werden in 2016 en 2017 doorheen een chirurgische incisie van 4 mm horizontaal in de buikholte van de vis gebracht. De kleine wonde werd nadien niet gehecht omdat geacht wordt dat deze beter heelt zonder hechting (Baras & Jeandrain, 1998). Van 2018 tot en met 2024 werden de PIT-tags met behulp van een schietpistool ingebracht (Figuur 9). De gemerkte vissen konden gedurende enige tijd in een beluchte kuip recupereren. Nadat de palingen opnieuw zwemactiviteit vertoonden, werden ze uitgezet binnen de sector waarin ze werden gevangen. Bij het ledigen van de schietfuisen werden alle aangetroffen palingen geteld en onderzocht op de aanwezigheid van een VIE- of PIT-tag. Iedere PIT-tag werd uitgelezen met de HPR Lite PIT Tag Reader (Figuur 9).



Figuur 9: (A) Inbrengen van PIT-tag met schietpistool (B) PIT-tag (Passive Integrated Transponder) of 'zendertje' met geïntegreerd circuit en koperen winding (C) Schietpistool voor het inbrengen van de PIT-tag (Multi PIT Tag Injector (UID)) met vooraf geladen PIT-tagcartridge (D) HPR Lite PIT Tag Reader (Biomark) waarmee elke PIT-tag uitgelezen werd.

DATA-ANALYSE

Densiteits- en biomassaschattingen

In elke sector van het Leopoldkanaal werd gedurende vijf opeenvolgende dagen (maandag-vrijdag) paling gevangen met behulp van dubbele schietfuiken. Op maandag werden de fuiken geplaatst en op dinsdag werden de eerste gevangen palingen gemerkt. Schattingen van het aantal palingen per sector werden dus gebaseerd op vangsten van woensdag (eerste mogelijkheid voor terugvangst), donderdag en vrijdag.

In dit onderzoek werd de populatiegrootte van paling geschat met behulp van meervoudige markering en hervangst, zoals beschreven in hoofdstuk negen ‘Abundance from Capture-Recapture Data’ uit het boek ‘Introductory Fisheries Analyses with R’ (Ogle, 2016). De schattingen werden uitgevoerd met R (R Core Team 2024) in RStudio (versie 2024.09.01).

Voor individueel gemerkte vissen bevelen Pollock et al., (1990) aan om de vangst- en terugvangstgegevens te ordenen in de vorm van *capture histories*. Per jaar en per sector afzonderlijk worden de vangstgegevens per individu (tagnummer) omgezet in een binaire reeks die de aanwezigheid of afwezigheid van dat individu tijdens verschillende vangstdagen weergeeft. Een *capture history* met als code '1010' betekent dat een individu binnen eenzelfde week is gevangen en gemarkeerd op dinsdag en is hervangen op donderdag. De *capture histories* werden opgesteld in het *individual fish format* waarbij de nieuw gecreëerde dataset evenveel rijen heeft als uniek gevangen vissen. De functie *capHistConvert()* uit het R-pakket FSA kan worden gebruikt om te converteren naar dit gewenste formaat (Ogle, 2016). *Capture history* gegevens moeten vervolgens worden samengevat om populatieparameters te kunnen schatten. Hiervoor werd de functie *capHistSum* uit het R-pakket FSA gebruikt (Ogle, 2016).

Voor de specifieke populatieschattingsmethode en meer details verwijzen we naar subhoofdstuk 9.3: 'Closed Population, Multiple Recaptures' (Ogle, 2016). Een eerste assumptie bij deze methode is dat ze enkel geldt voor "afgesloten" populaties, dus zonder migratie of mortaliteit gedurende de vangst-merk-hervangst periode. Hoewel de vispopulatie van de bemonsterde sectoren in het Leopoldkanaal in principe open is, kan deze methode toch met de nodige nauwkeurigheid worden toegepast. Uit voorgaand telemetrie-onderzoek bleek immers dat paling tijdens de zomerperiode slechts over zeer korte afstanden migreert in dit kanaal (gemiddeld 104 ± 95 m, Mouton et al., 2009). Aangezien de vangst-merk-hervangst bemonsteringen slechts over een aantal dagen plaatsvonden en de tijd tussen de staalnames dus zeer beperkt was, kan worden verondersteld dat de invloed van migratie of mortaliteit voor de populatieschattingen verwaarloosbaar is. Een tweede assumptie van de methode is meervoudige markering en dit houdt in dat de ongemarkeerde palingen in een sector worden gemerkt (met een PIT-tag) en samen met de eerder gemerkte palingen terug worden uitgezet in de populatie.

Voor vangstdag i worden het aantal gevangen vissen (n_i), eerder gemarkeerde vissen (m_i) en gemarkeerde vissen die terug in de populatie worden uitgezet (R_i) vastgelegd. Het aantal gemerkte vissen in de populatie vlak vóór het nemen van monster i (M_i) moet ook bekend zijn. Aangezien wordt aangenomen dat de populatie gesloten is, wordt M_i berekend volgens Formule (1) als de som van het aantal nieuw gemerkte vissen bij alle monsters voorafgaand aan monster i (Ogle, 2016):

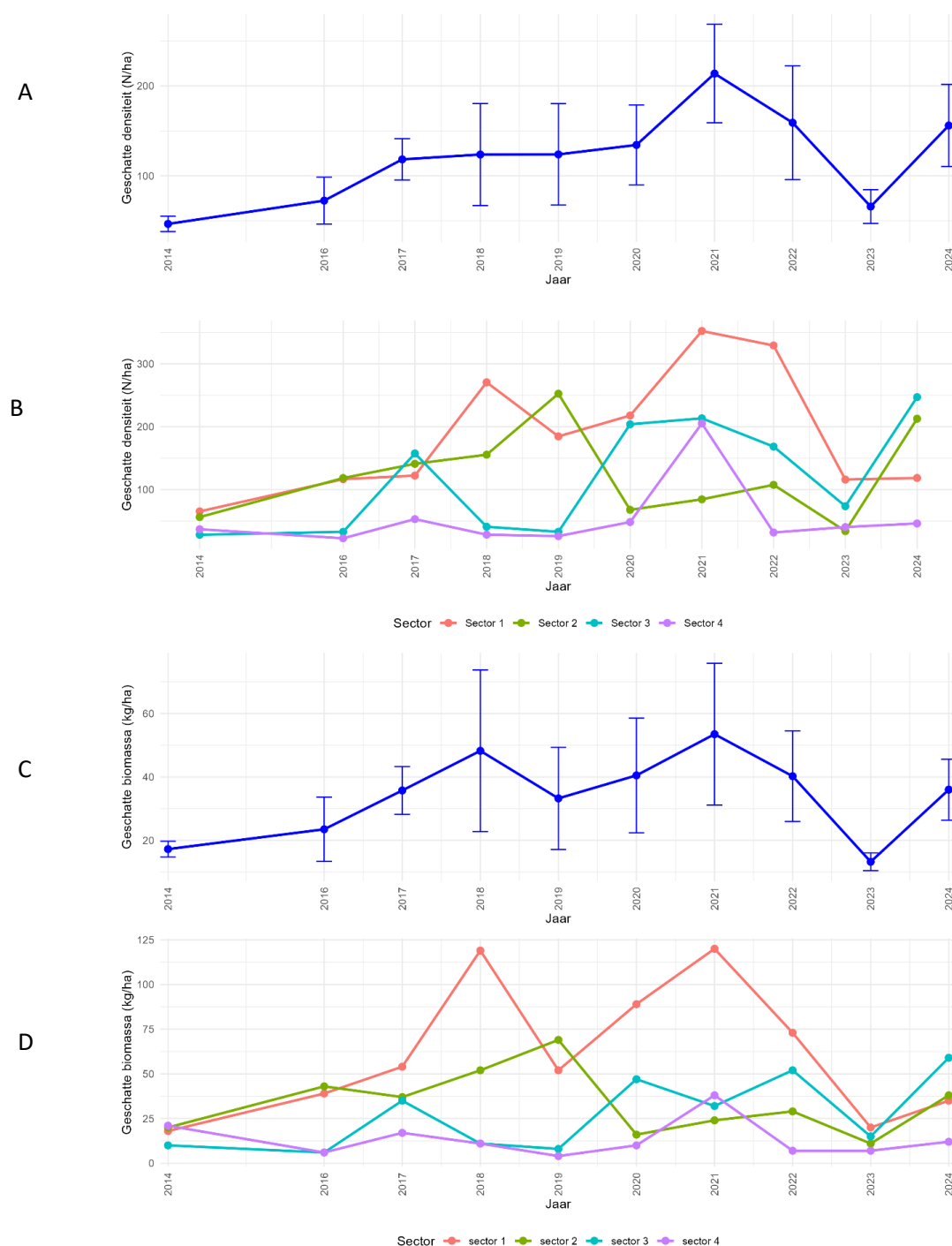
2.3.2 Groeisnelheid

In de periode 2014–2024 werden in totaal 3277 palingen gemerkt, waarvan 3095 met een PIT-tag en 182 met een VIE-tag. Van de met PIT-tag gemerkte palingen werden 264 individuen in een later jaar hervangen (exclusief hervangsten binnen hetzelfde jaar) (Tabel 14 bijlage). Daarnaast werden ook een aantal palingen hervangen die in 2014 werden gemerkt met een VIE-tag (zes in 2016, één in 2018, één in 2019 en één in 2020). Gezien ze niet individueel werden gemerkt was het niet mogelijk om de groeisnelheid van deze palingen te berekenen. De gemiddelde groeisnelheid van de 264 hervangen palingen werd geschat op basis van het verschil in lengte en gewicht tussen de eerste vangstdatum en de laatste datum van hervangst, waarbij dit verschil per individu werd gedeeld door het aantal jaren tussen de eerste vangst en laatste hervangst (Tabel 14 bijlage). Dode hervangen palingen met een PIT-tag werden meegenomen bij het bepalen van de groeisnelheden. De groeisnelheid in lengte werd uitgedrukt in mm per jaar en in gewicht in gram per jaar. De gegevens werden verder opgesplitst per sector en per jaar om variaties in de groeisnelheid te onderzoeken.

De data-analyse werd uitgevoerd met behulp van R (R Core Team 2024) in RStudio (versie 2024.09.01). De groeisnelheid per periode (bijvoorbeeld 2016-2017) werd zowel voor lengte als gewicht weergegeven met lijndiagrammen en boxplots, en telkens vergeleken met het aantal uren waarin aangepast spui-beheer werd toegepast (Figuur 18D, 20 en 21, zie Resultaten). Hierbij werden uitsluitend palingen geanalyseerd die in opeenvolgende jaren werden gevangen en hervangen. Om te bepalen of de groeisnelheden van palingen significant verschilden ($p < 0,05$) tussen periodes of sectoren, werd een Wilcoxon-test uitgevoerd. Daarbij werd de volgende nulhypothese getest: er is geen verschil in groeisnelheid (in lengte of gewicht) tussen de vergeleken periodes of sectoren.

3 RESULTATEN

3.1 OVERZICHT

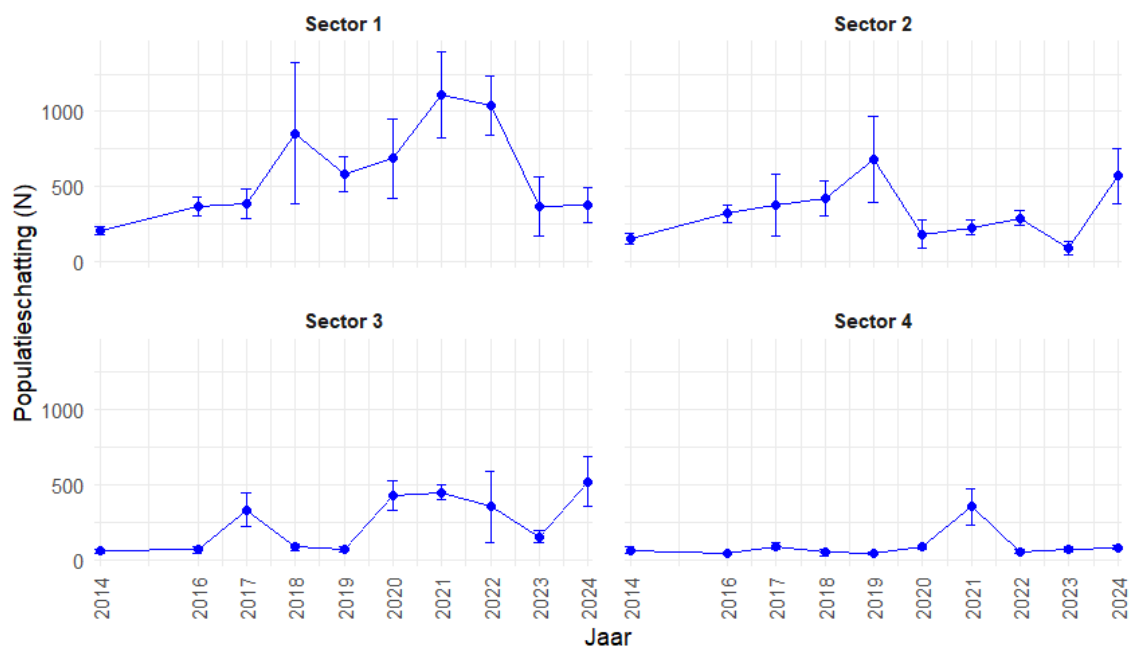


Figuur 10: Geschatte palingdensiteit (N/ha) in het Leopoldkanaal voor vier sectoren samen (A) en per sector (B), waarbij N gelijk is aan het aantal individuen. Geschatte palingbiomassa (kg/ha) voor vier sectoren samen (C) en per sector (D). In A en C worden de 95% betrouwbaarheidsintervallen weergegeven.

Gedurende de periode 2014-2021 werd er een continue stijging in de geschatte biomassa waargenomen wanneer de vier sectoren samen geanalyseerd werden, met uitzondering van 2019 en 2020 (Figuur 10C). De gemiddelde geschatte biomassa (kg/ha) steeg van 17 naar 54 gedurende de zeven opeenvolgende jaren. In 2019 daalde de geschatte biomassa naar 33 en deze steeg naar 40 in 2020. Net zoals de dichtheid daalt ook de biomassa drastisch in de periode 2021-2023, met 2023 als het dieptepunt (13). De biomassa in 2023 is zelfs lager dan bij de start van het onderzoek in 2014. In 2024 stijgt de biomassa opnieuw naar een niveau gelijkaardig aan 2022.

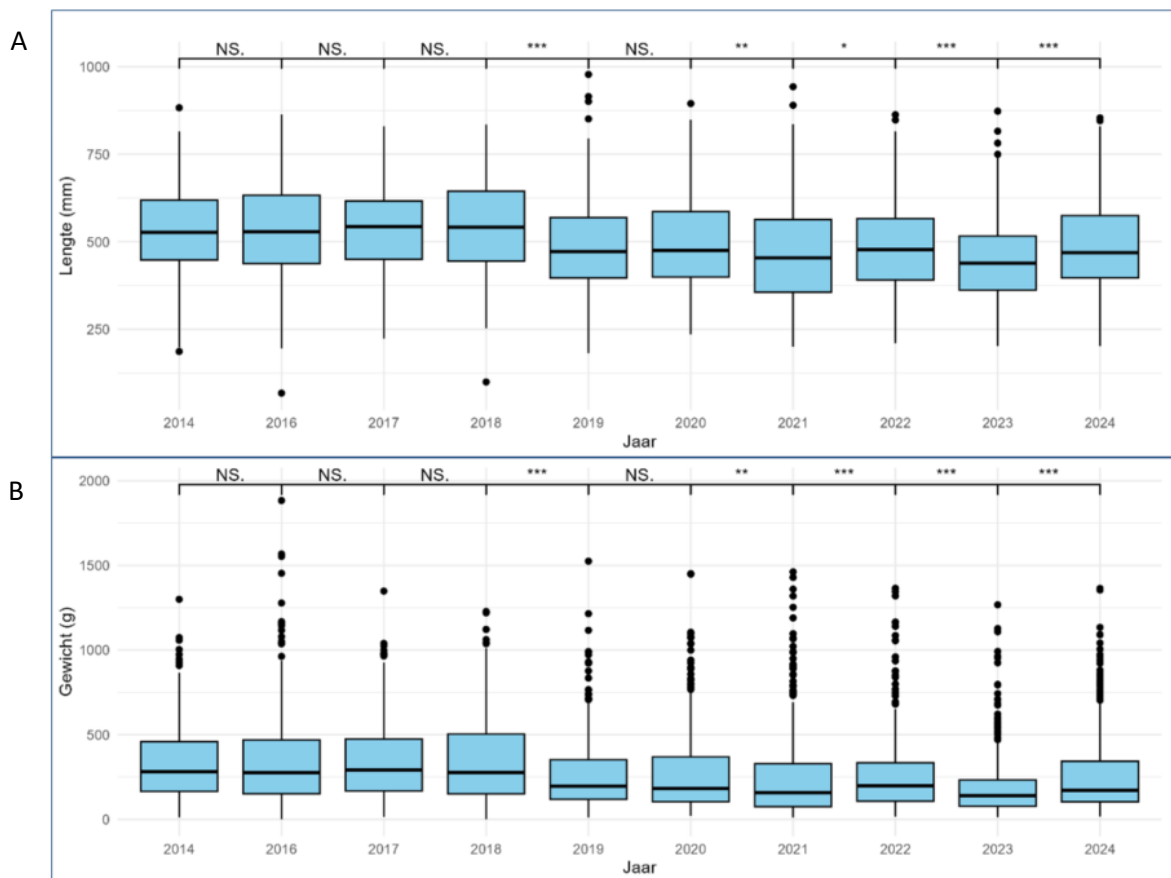
Sector 3 wordt gekenmerkt door drie dichtheitspieken: in 2017 (157), 2020-2021 (204-205) en 2024 (247) (Figuur 10B). De biomassa vertoont een vergelijkbaar patroon, maar met een extra piek in 2022 (52) (Figuur 10D). Deze schommelingen wijzen op een periodieke toename van de palingaanzigtheid in deze sector, wat mogelijk samenhangt met landinwaartse migratie als reactie op gunstige omgevingsomstandigheden.

Ondanks de grote foutenmarges was tot en met 2021 een stijging in de geschatte dichtheid waarneembaar (Figuur 10A), zij het slechts beperkt in sector 4. Dit suggereert een positief effect van het aangepast spuibeheer. Vanaf 2022 werd dit aangepast spuibeheer echter aanzienlijk minder toegepast vergeleken met 2021, hoewel nog steeds frequenter dan in de periode vóór 2021 (Figuur 5). Aangepast spuibeheer werd het minst frequent toegepast in 2019 (Figuur 5). In 2022 en 2023 namen de dichtheid en biomassa af, maar in 2024 lijken ze zich gedeeltelijk te herstellen (Figuur 10A & 10C). In 2024 lagen de dichtheid en biomassa in alle sectoren nog steeds hoger dan in 2014, met uitzondering van sector 4 (Figuur 10B & 10D). Figuur 11 geeft een overzicht van de populatieschattingen per sector in het Leopoldkanaal.



Figuur 11: Populatieschattingen (N) van paling per sector tijdens de periode 2014-2024 (m.u.v. 2015). De foutbalken geven de 95% betrouwbaarheidsintervallen weer voor de populatieschatting per jaar.

Figuur 12A en 12B geven respectievelijk de lengte- en gewichtsverdeling per jaar weer. De Kruskal-Wallis test toonde geen significant verschil in zowel lengte als gewicht in de periode van 2014 tot 2018, wat wijst op een vergelijkbare verdeling over deze jaren (Figuur 12). Voor alle andere jaren, behalve in de periode 2019-2020, werd een significant verschil in zowel lengte als gewicht geobserveerd tussen opeenvolgende jaren (Figuur 12). De resultaten tonen aan dat de populatie in de jaren 2018 tot 2024 een duidelijke verjonging vertoonde, met significant lagere gemiddelde lengtes en gewichten in vergelijking met met de eerste helft van de meetperiode (2014-2018). Sinds 2019 is de gemiddelde lengte lager dan 500 mm en het gemiddelde gewicht lager dan 250 g.



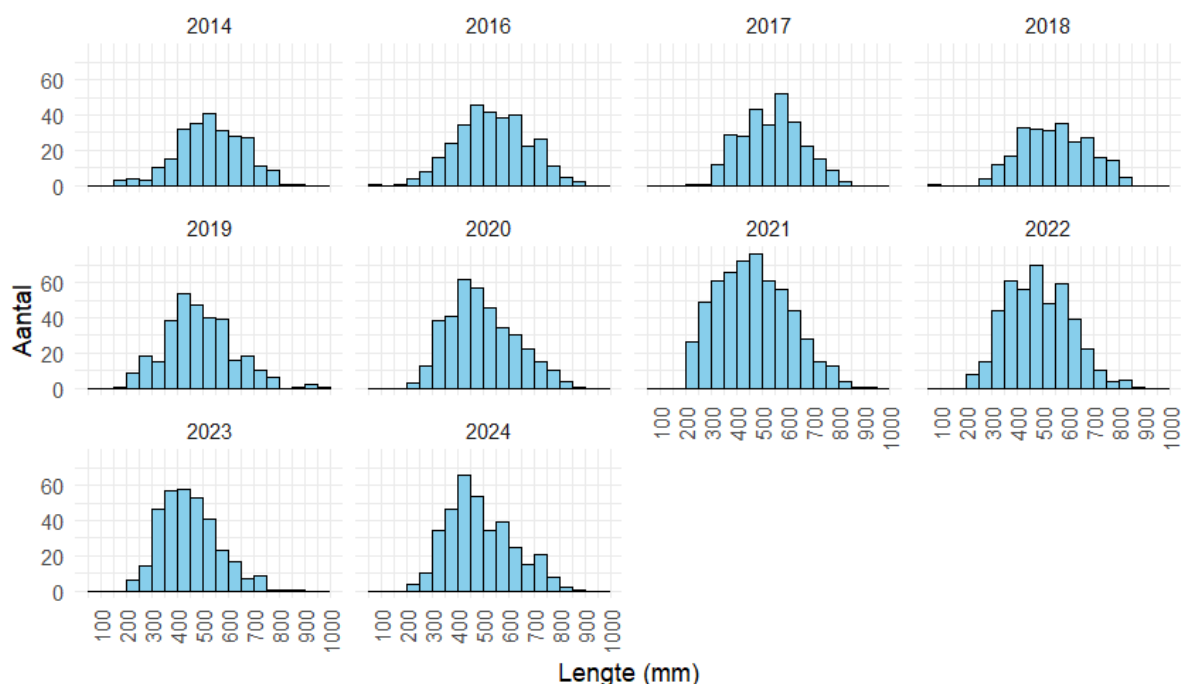
Figuur 12: Verdeling van lengte (mm) (A) en gewicht (g) (B) van gevangen palingen per jaar in het Leopoldkanaal in de periode 2014-2024, m.u.v. 2015 waarin er geen aangepast spuibeheer was. Significante verschillen in lengte en gewicht worden weergegeven met de sterretjes en alleen tussen opeenvolgende jaren (* = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$). NS = niet significant.

A



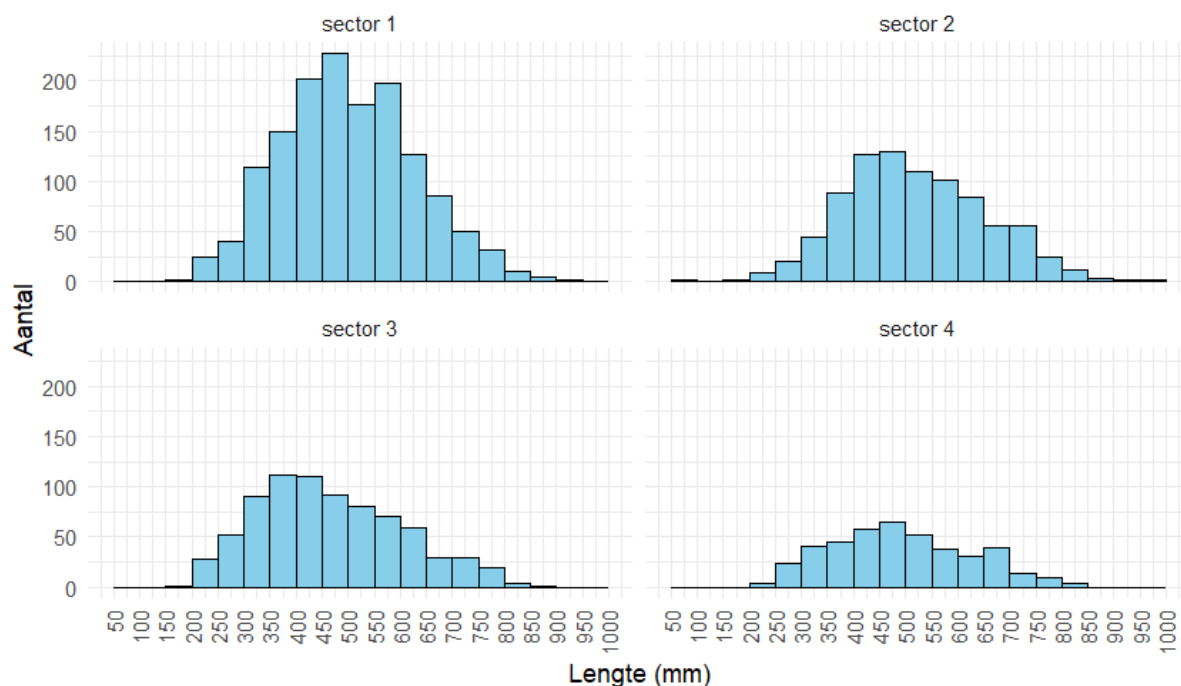
Figuur 14 toont het aantal palingen per lengteklasse (mm) en per jaar voor de vier sectoren samen in het Leopoldkanaal in de periode 2014-2024. De verschillen in lengteklasseverdeling van de gevangen palingen tijdens de campagnes van 2014, 2016 en 2017 waren gering (Figuur 14). In respectievelijk 2014, 2016 en 2017 werd een dominantie waargenomen van palingen binnen de lengteklassen van 550, 600 en 600 mm. In 2018 was de dominantie van palingen behorende tot de 600 mm lengteklasse minder uitgesproken en konden de meeste palingen onderverdeeld worden in vier opeenvolgende lengteklassen van 450, 500, 550 tot 600 mm. Deze verbreding richting kleinere lengteklassen zette zich nog duidelijker door in 2019 waarbij voor het eerst palingen van 450 mm het vaakst aangetroffen werden in de populatie. Bovendien werden er in 2019 voor het eerst beduidend meer jonge palingen geteld in vergelijking met de voorgaande jaren.

De verjonging van de populatie werd nog duidelijker zichtbaar in 2020 en 2021. In 2020 werd er opnieuw een dominantie van palingen behorende tot de lengteklasse 450 mm opgemeten. In 2021 konden de meeste palingen onderverdeeld worden in vier opeenvolgende lengteklassen van 350, 400, 450 en 500 mm. Bovendien werd er opvallend meer paling kleiner dan 350 mm aangetroffen in 2021. Deze resultaten wijzen op een verjonging van de populatie. Hoewel het aandeel palingen kleiner dan 350 mm lijkt af te nemen in de periode 2022-2024, blijft de relatief lage lengteklasse van 450-500 mm dominant in de jaren 2023 en 2024 (Figuur 14). Daarmee blijft de periode 2020-2024 gekenmerkt door een grotere mate van verjonging in vergelijking met de periode 2014-2019 (Figuur 14).



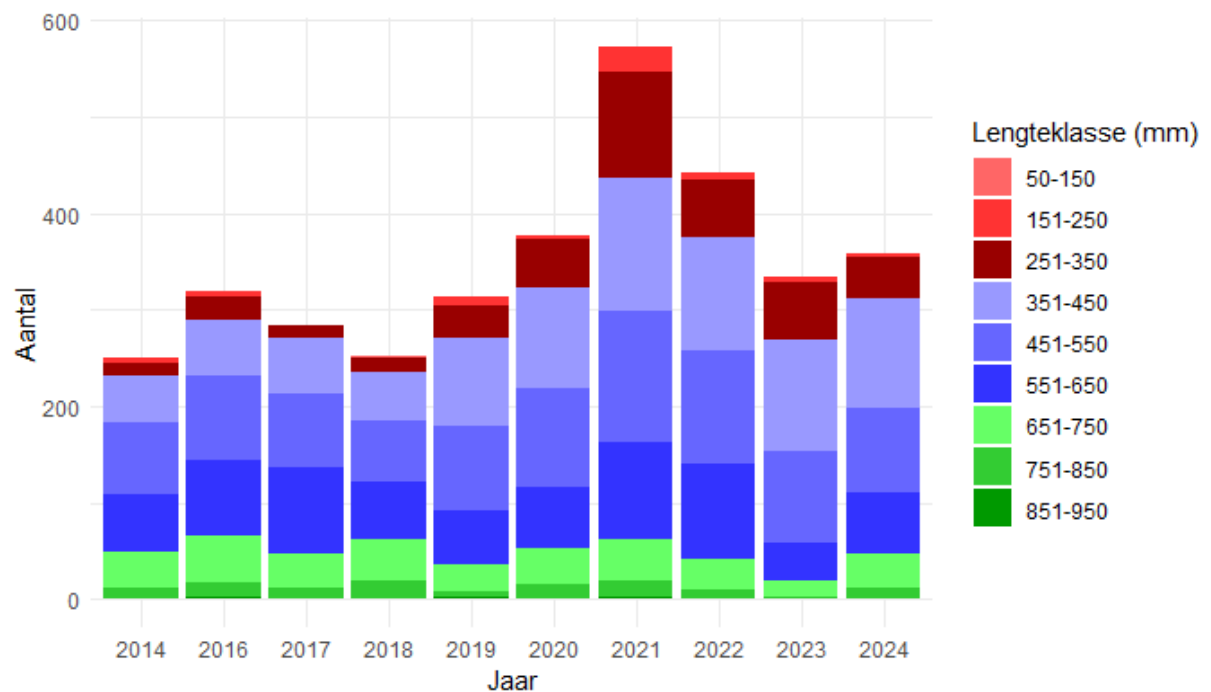
Figuur 14: Aantal palingen per lengteklasse (mm) en per jaar voor de vier sectoren samen in het Leopoldkanaal in de periode 2014-2024 (m.u.v. 2015 wanneer er geen aangepast spui-beheer werd toegepast).

Figuur 15 toont het aantal palingen per lengteklasse (mm) en per sector voor alle jaren samen in de periode 2014-2024. De dominante lengteklasse in sector 1 is 450-500 mm, gevolgd door 550-600 mm. Voor sector 2 bevinden de meeste gevangen palingen zich in de lengteklassen 450-500 mm en 400-450 mm. De dominante lengteklassen in sector 3 zijn 350-400 mm en 400-450. In sector 4 zijn de verschillen tussen de aantallen per lengteklasse kleiner, maar hadden de meeste gevangen palingen een lengte tussen 400 en 550 mm (Figuur 15).

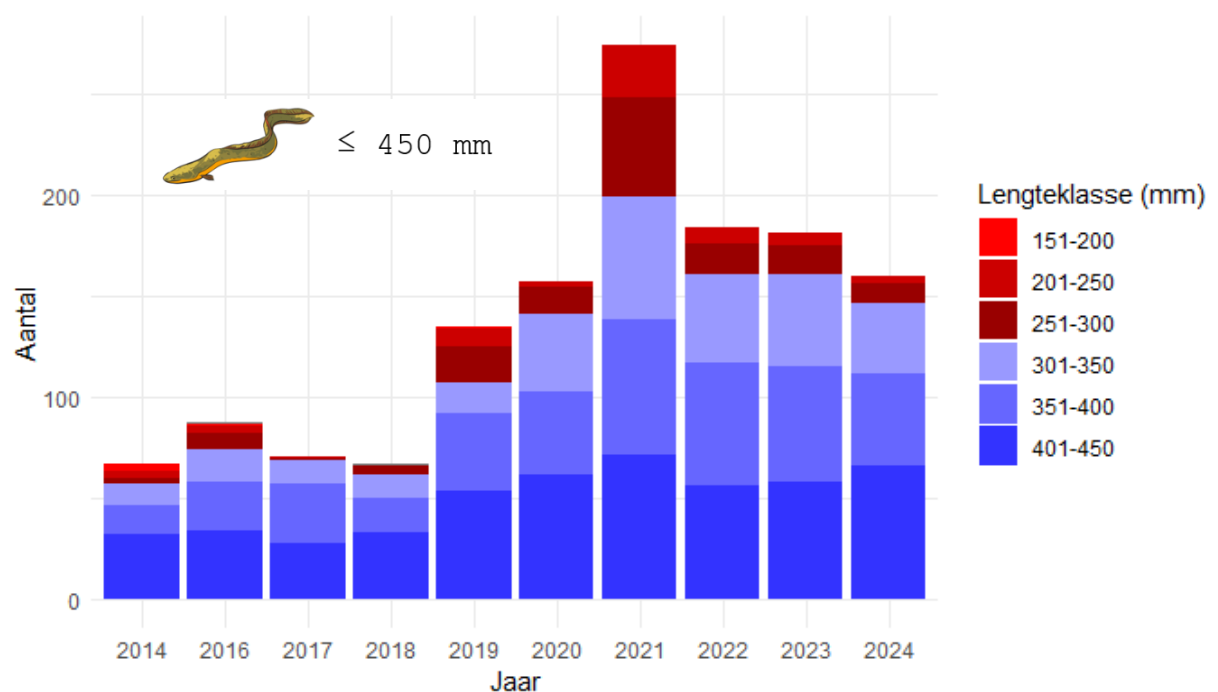


Figuur 15: Aantal palingen per lengteklasse (mm) en per sector voor alle jaren samen in het Leopoldkanaal in de periode 2014-2024 (m.u.v. 2015 wanneer er geen aangepast spuibeheer werd toegepast).

Figuur 16 toont het totale aantal gevangen palingen per lengteklasse in de periode 2014-2024, terwijl figuur 17 specifiek het aantal palingen per lengteklasse kleiner dan of gelijk aan 450 mm weergeeft. Sinds 2014 worden de spuischuiten jaarlijks geopend (m.u.v. 2015 wanneer er geen aangepast spuibeheer werd toegepast) om glasaal binnen te laten (Figuur 5 & 18A). Dit beheer leek een positief effect te hebben vanaf 2019, met een piek in aantal gevangen palingen, densiteit en biomassa in 2021 (Figuur 10 & 16). In zowel 2019 als 2021 werd een afname in de gemiddelde lengte en het gemiddelde individuele gewicht van de gevangen paling waargenomen, waarbij in 2021 een opvallende toename van paling kleiner dan 450 mm werd vastgesteld (Figuur 17). **Dit suggereert een positieve impact van het aangepast spuibeheer op zowel de populatiegrootte als de instroom van jongere palingen.**

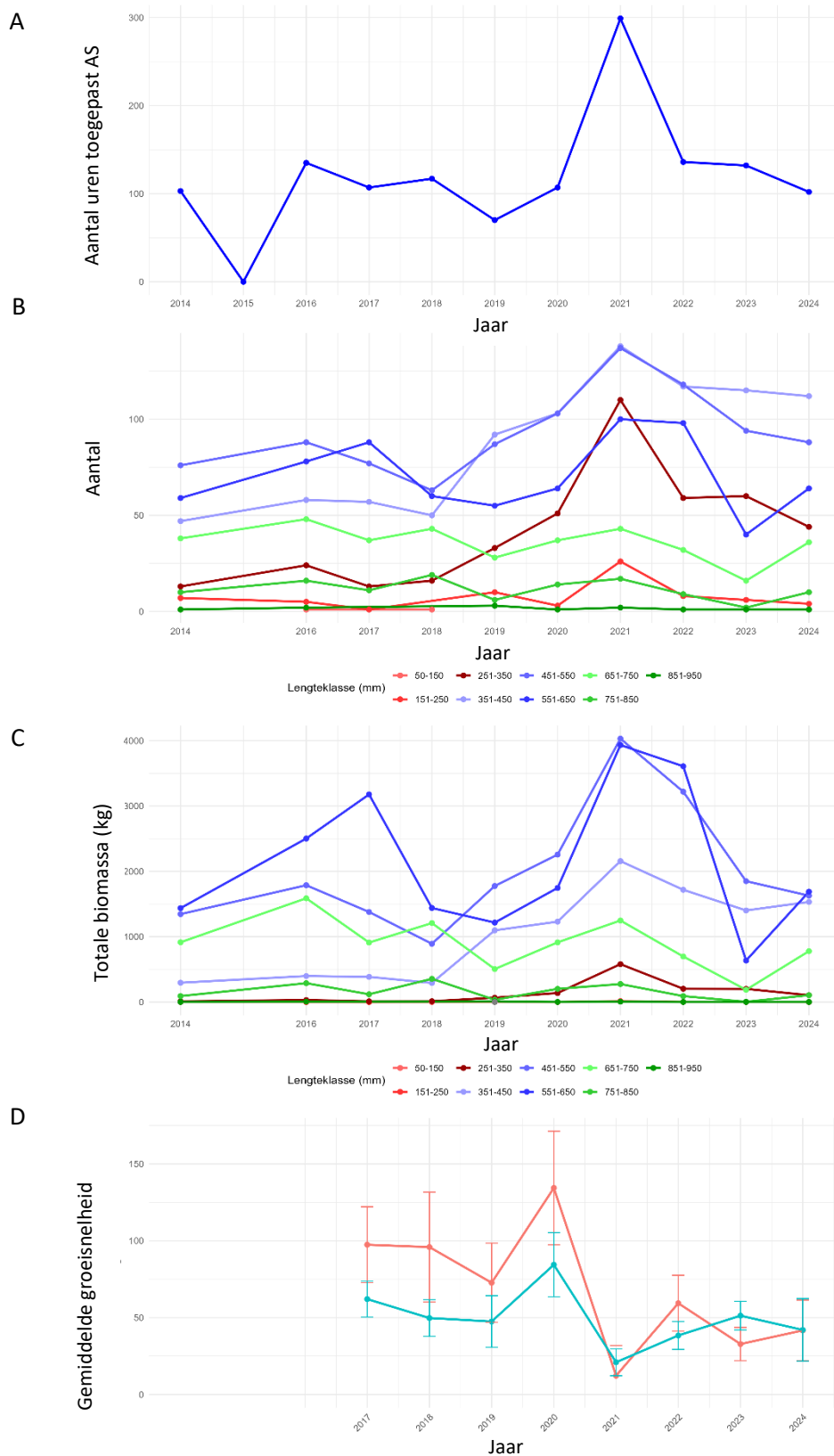


Figuur 16: Overzicht van het totaal aantal gevangen palingen per lengteklasse (mm) in het Leopoldkanaal vanaf 2014 tot en met 2024 (m.u.v. 2015 wanneer er geen aangepast spui-beheer werd toegepast).



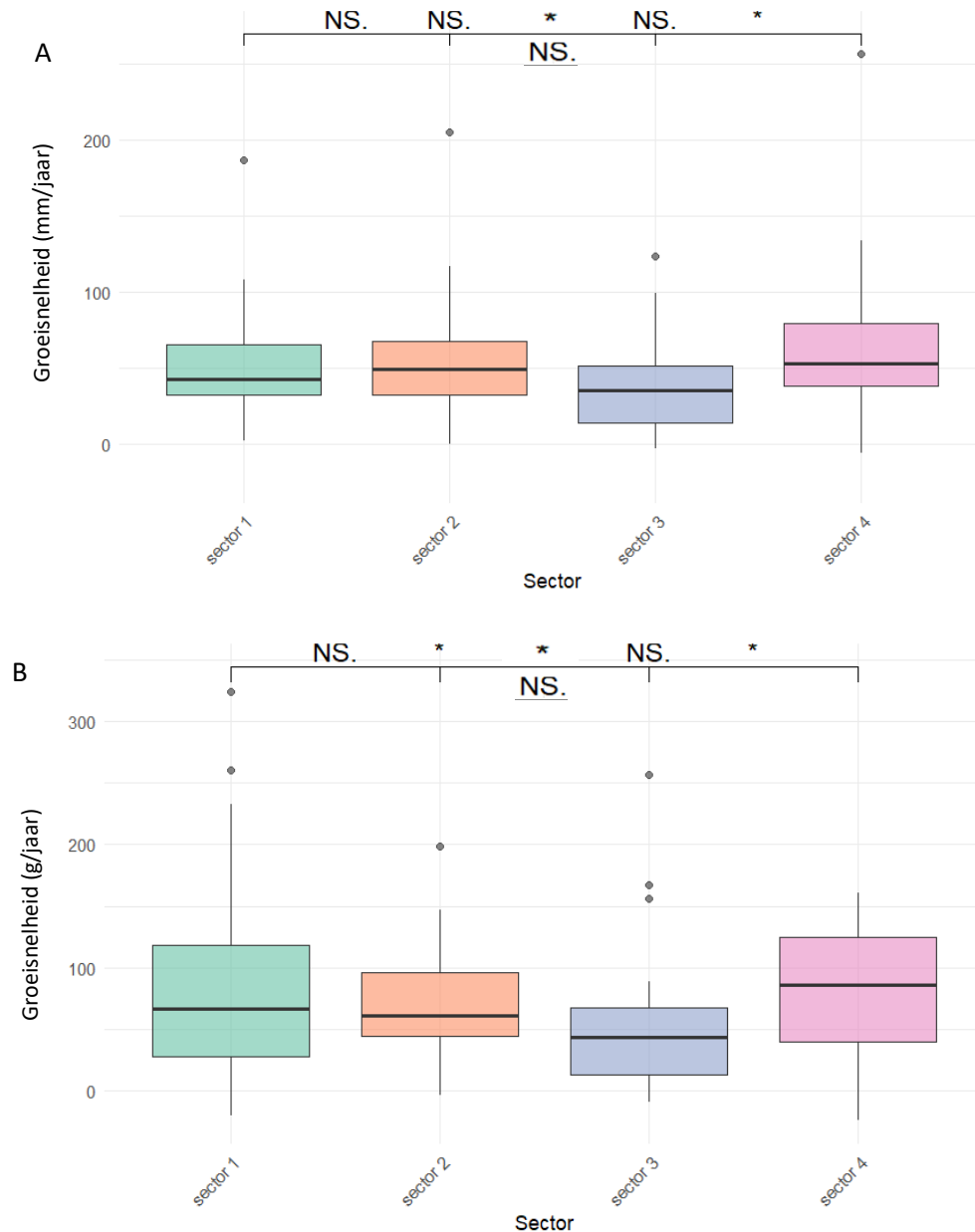
Figuur 17: Overzicht van het totaal aantal gevangen palingen per lengteklasse (mm) kleiner dan of gelijk aan 450 mm in het Leopoldkanaal vanaf 2014 tot en met 2024 (m.u.v. 2015 wanneer er geen aangepast spui-beheer werd toegepast).

De gemiddelde groeisnelheid in lengte en gewicht bereikte een piek in 2019-2020, hoewel het aantal uren AS in 2019 (slechts 70) laag was vergeleken met 2021 (299 uur) (Figuur 18D). In 2020-2021 is er bovendien ook een opvallende significante daling in lengte en gewicht zichtbaar tegenover 2019-2020 (Figuur 18D). De relatie tussen AS en groeisnelheid wordt verder besproken in sectie 3.2 (Figuren 20 & 21).



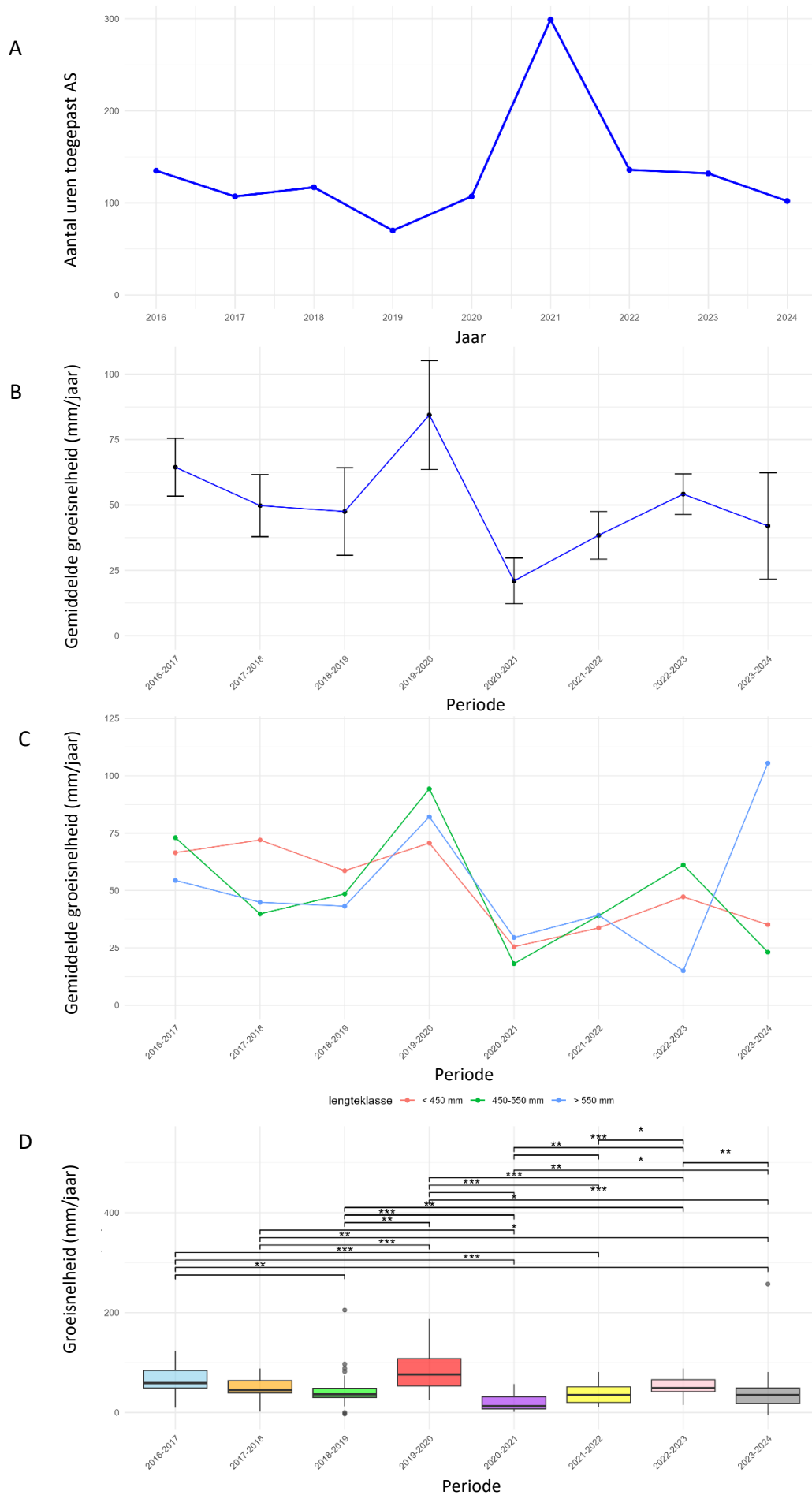
Figuur 18: (A) Aantal uren toegepast AS v. 2015 waarin geen AS werd toegepast). (B) aantal palingen en (C) totale biomassa (kg) per lengteklasse en per jaar (2014-2024). (D) Gemiddelde groeisnelheid per jaar (2017-2024) in lengte (mm/jaar; blauwe lijn) en gewicht (g/jaar; rode lijn) met 95% betrouwbaarheidsintervallen.

3.2 GROEISNELHEID

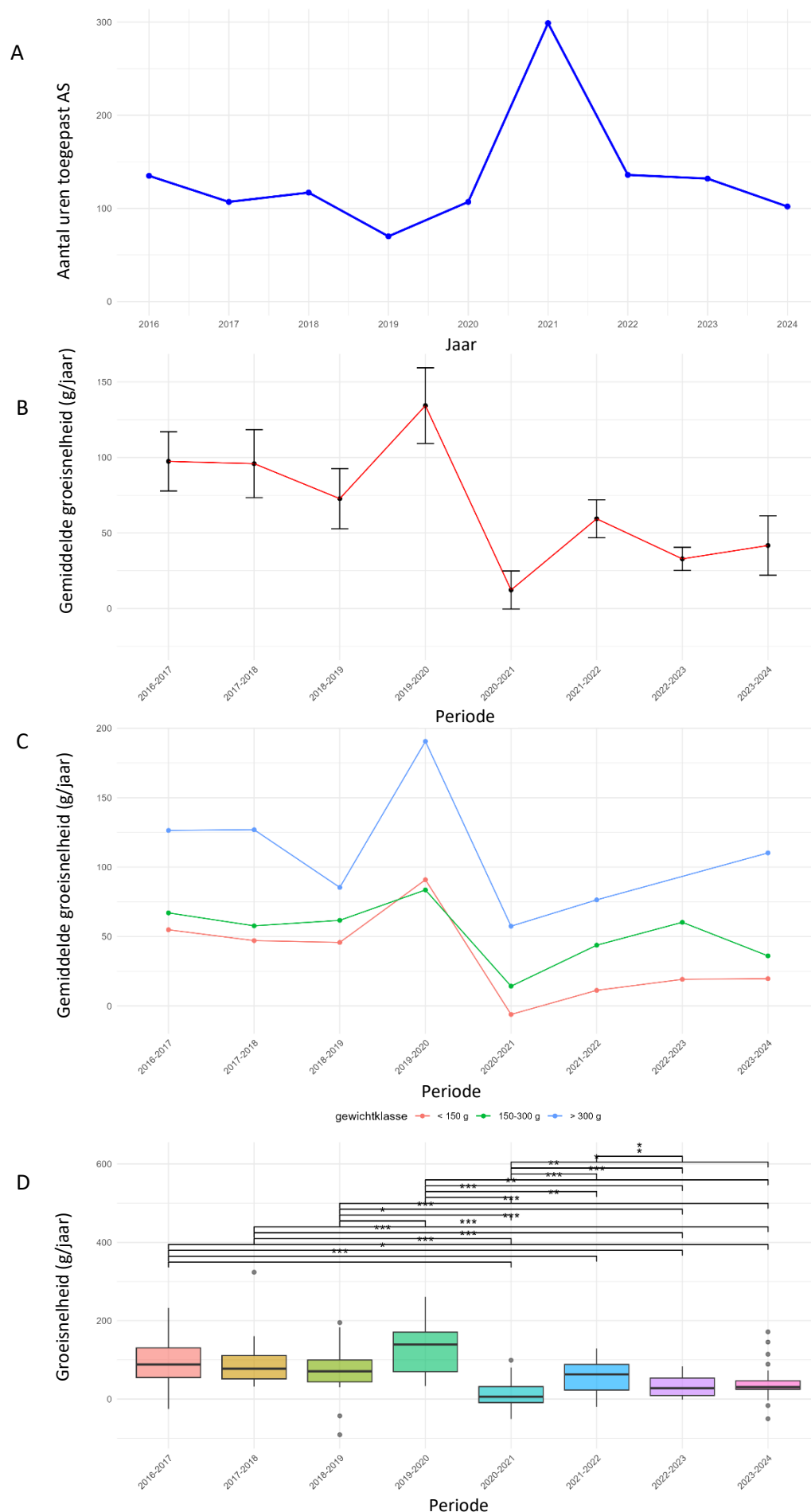


Figuur 19: Groeisnelheid van paling per jaar in (A) lengte (mm/jaar) en (B) gewicht (g/jaar) per sector in het Leopoldkanaal (2017-2024). De boxplots tonen de spreiding van de groeisnelheden per sector en bevatten aanduidingen van significante verschillen. Deze worden weergegeven met horizontale lijnen en sterretjes (Kruskal-Wallis test; * = $p < 0,05$) bij significante verschillen, of met 'NS' (niet significant) indien geen statistisch verschil werd vastgesteld. Het resultaat van de vergelijking tussen sector 1 en 4 (NS) wordt onder de horizontale lijn weergegeven.

////////////////////////////////////



Figuur 20: (A) Aantal uren toegepast aangepast spui-beheer (AS) in 2016-2024. (B) Gemiddelde groeisnelheid van paling in lengte (mm/jaar) per jaar (2016-2024) met 95% betrouwbaarheidsintervallen. (C) Gemiddelde groeisnelheid van paling in lengte (mm/jaar) per jaar (2016-2024) en per lengteklasse (< 450 mm, 450-550 mm, > 550 mm). (D) Boxplots van de groeisnelheid in lengte (mm/jaar) per jaar (**2016–2024**), met aanduiding van **significante verschillen tussen jaren** (* = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$; Kruskal-Wallis-test).



Figuur 21: (A) Aantal uren toegepast aangepast spui-beheer (AS) in 2016-2024. (B) Gemiddelde groeisnelheid van paling in gewicht (g/jaar) per jaar (2016-2024) met 95% betrouwbaarheidsintervallen. (C) Gemiddelde groeisnelheid van paling in gewicht (g/jaar) per jaar (2016-2024) en per gewichtsklasse (< 150 g, 150-300 g, > 300 g). (D) Boxplots van de groeisnelheid in gewicht (g/jaar) per jaar (2016-2024), met aanduiding van **significante verschillen tussen jaren** (* = p < 0,05; ** = p < 0,01; *** = p < 0,001; Kruskal-Wallis-test).

4 BESPREKING

In deze studie werd de vangst-merk-hervangstmethode toegepast om de palingstand in vier sectoren van het Leopoldkanaal te monitoren gedurende de periode 2014–2024, als evaluatie van het aangepast spuibeheer in functie van een verbeterde glasaalmigratie.

Hoe evolueerde de palingbiomassa (kg/ha) in het Leopoldkanaal vóór en na de invoering van aangepast spuibeheer?

Om de effectiviteit van het aangepast spuibeheer te evalueren, is het belangrijk om niet alleen de veranderingen in de palingpopulaties tussen 2014 en 2024 te analyseren, maar ook de palingbiomassa vóór de invoering van het aangepast spuibeheer in kaart te brengen

Historische visbestand-gegevens van het Leopoldkanaal zijn echter niet beschikbaar. In een aantal polderwaterlopen in het bekken van de IJzer werd op basis van visserijgegevens de gemiddelde palingbiomassa rond 1925 geschat op 222 kg/ha (Vrielynck et al., 2003); niet verwonderlijk dat dit zo hoog is gezien de nabijheid van de zee en de doorgaans hoge voedselrijkdom van vele poldergebieden. Voor brakke polderwaterlopen werd, in het kader van het Palingbeheerplan, een schatting gemaakt van de biomassa van gele paling op basis van elektrovisserij-gegevens uit 2011-2014. De gemiddelde biomassa in deze gebieden varieerde van 5,22 kg/ha (IJzer) tot 18,71 kg/ha (Brugse Polders) (Belpaire et al., 2015). In vergelijkbare studies in Nederland werd de biomassa in ondiepe kanalen zonder scheepvaart geschat op 11,8 kg/ha (Van de Wolfshaar et al., 2014). Voor een aantal meer stroomopwaarts gelegen locaties in het Leopoldkanaal werden in 2012 met dezelfde methodiek waarden van 6,7 tot 41,3 kg/ha bekomen (Mouton et al., 2013).

In het Leopoldkanaal werd de gemiddelde biomassa in 2014 geschat op 17 kg/ha, wat vergelijkbaar was met de gemiddelde biomassa in de Brugse Polders van datzelfde jaar (Belpaire et al., 2015). Sinds 2016 werd een opvallende stijging waargenomen in het Leopoldkanaal, met de biomassa die toenam van 24 kg/ha in 2016 tot 54 kg/ha in 2021, de hoogste waarde die daar ooit werd gemeten. In 2021 werd aangepast spuibeheer het meest aantal dagen (29) toegepast. Bovendien was in 2021 de gemiddelde duur van een event (13 uur en 36 minuten) opmerkelijk hoger dan de gemiddelde duur van de overige jaren (5 uur en 34 minuten). Daardoor werd het aangepast spuibeheer 299 uur toegepast in 2021, tegenover een gemiddelde van 113 uur voor de overige jaren. Naast de geschatte biomassapijk in 2021 was er een kleinere piek in 2018 van 48 kg/ha, ondanks het feit dat dit het jaar was met de laagste aantallen gevangen palingen en, na 2017, het jaar met de minste palingen kleiner dan 30 cm. Dit werd deels verklaard door een zeer laag hervangstpercentage van 3% in sector 1, wat leidde tot een mogelijke overschatting van de biomassa in die sector (119 kg/ha). Wanneer sector 1 buiten beschouwing werd gelaten, halveerde de geschatte biomassa voor 2018 naar 25 kg/ha. In 2022 en 2024 steeg de biomassa opnieuw naar 40 kg/ha, wat beduidend hoger is dan de nulmetingen uit de literatuur (Van de Wolfshaar et al., 2014; Belpaire et al., 2015). **De palingbiomassa (kg/ha) in de periode 2014-2024 is beduidend hoger dan de historische biomassa uit soortgelijke kanalen zonder aangepast spuibeheer, wat aantoont dat aangepast spuibeheer een positief effect heeft op de palingpopulatie in het Leopoldkanaal.**

Wat verklaart de piek in 2021 en de daaropvolgende daling in palingdensiteit (N/ha) en palingbiomassa (kg/ha)?

Tijdens de studieperiode werd er voor het eerst een opmerkelijke stijging in palingabundantie waargenomen in 2020-2021. In 2021 bereikten, gemiddeld voor de vier sectoren samen, zowel de geschatte densiteit (212 palingen per hectare) als de geschatte biomassa (54 kg/ha) recordhoogten. In 2021 werden 569 palingen gemerkt terwijl dat er in 2014 slechts 182 waren. **Deze extreme stijging van het aantal palingen, hun densiteit en biomassa suggereert een positief effect van aangepast spuibeheer.**

Na 2021 werd een afname in zowel biomassa als densiteit zichtbaar, die culmineerde in een dieptepunt in 2023. De biomassa in dat jaar werd geschat op slechts 13 kg/ha, lager dan de eerste metingen in 2014. De densiteit bereikte in 2023 ook een minimum van 66 palingen per hectare, een waarde die enkel in 2014 lager was. De lage biomassa en densiteit in 2023 is opmerkelijk, al nam het aantal uren aangepast spui-beheer af naar respectievelijk 136 en 132 uur in 2022 en 2023 ten opzichte van 299 uur in 2021. Tevens halveerde de gemiddelde duur van een event in deze jaren tot slechts 6 uur. Ondanks deze afname in spui-beheer was 2022 nog steeds het tweede jaar met de meeste toegepaste uren, en 2023 het vierde. Het totaal aantal gemerkte palingen daalde van 569 in 2021 naar 299 in 2023, met de grootste procentuele afnames in sector 3 (2021-2022: -80%) en sector 2 (2022-2023: -77%).

Belangrijk om op te merken is dat glasalen 50-100 mm in lengte zijn, en dus niet gevangen konden worden met de fuiken. Dit betekent dat de effecten van het aangepast spui-beheer met een tijdsvertraging zichtbaar worden. Van de 3277 gemerkte palingen was er namelijk slechts één onder de 100 mm, en de op één en twee na kleinste palingen in onze fuiken hadden een lengte van 100 en 182 mm. **Aangezien slechts 7 individuen kleiner waren dan 200 mm en de gemiddelde groeisnelheid in lengte 47,2 mm/jaar (min 43,6; max 50,8 mm/jaar) bedraagt, kunnen de binnengezwommen glasalen ten vroegste pas na twee à drie jaar door onze fuiken gevangen worden. De extreme toename in de palingpopulatie in 2021 moet dus het effect zijn van het aangepast spui-beheer in alle voorgaande jaren (2014-2019).** Volgens de literatuur duurt het zelfs minstens drie tot vier jaar alvorens glasalen zijn uitgegroeid tot palingen van 250-300 mm en efficiënt met fuiken kunnen gevangen worden (Vøllestad & Jonsson, 1986; Simon, 2007). Bovendien toonde Simon (2007) ook aan dat palingen met een leeftijd van vijf tot zes jaar een lengte tussen 300 en 400 mm hadden. Zo is 91% van de gevangen palingen nog steeds groter dan 300mm, dus kunnen we ervan uitgaan dat de piek in 2021 zelfs grotendeels veroorzaakt werd door palingen die 4 à 7 jaar daarvoor (2014-2017) al binnenzwommen. Dit verklaart een aantal belangrijke observaties: het laat zien dat een groot aantal uren aangepast spui-beheer in een jaar als 2023 nog niet direct zichtbaar is in de vangsten, omdat de palingen nog niet groot genoeg zijn om gevangen te worden.

De **lagere biomassa- en densiteitsschattingen in 2022–2023** kunnen worden verklaard door het beperkte en dus ondergemiddelde aantal uren aangepast spui-beheer in 2019–2020, in combinatie met verhoogde palingsterfte in de fuiken in 2022 (4%) en 2023 (9%). De jaren 2020, 2022 en 2023 waren de drie warmste jaren ooit gemeten in België (KMI, 2025), en tevens de jaren met de hoogste palingsterfte. Deze sterfte wordt toegeschreven aan langdurige droogte en hittegolven (Kettle et al., 2011), in combinatie met anoxische omstandigheden veroorzaakt door opwoelend slib (Cruz-Neto & Steffensen, 1997). Dode palingen werden wel meegeteld in het totaal aantal gevangen individuen per lengteklasse. De daling in gevangen palingen in 2023 kan bovendien deels worden toegeschreven aan de hoge abundantie van rode Amerikaanse rivierkreeften in de fuiken.

Palingen in de kleinste lengteklasse (≥ 150 en < 450 mm) groeien in het Leopoldkanaal aan een gelijkaardige snelheid als de individuen van de middelste (450 – 550 mm) en grootste lengteklasse (> 550 mm). **Tussen de drie verschillende lengteklassen is het verschil telkens niet significant.** Een recente studie in vier Nederlandse waterlichamen toonde aan dat de gemiddelde jaarlijkse groei daalt naarmate de lengte van de paling toeneemt (Volwater et al., 2025). Dit wordt in het Leopoldkanaal bevestigd in de periode 2016-2019 en in de periode 2022-2023, waarin de kleinste lengteklassen steeds sneller groeien dan de grootste lengteklassen. De Nederlandse studie benadrukte bovendien een grote variabiliteit in individuele groeisnelheden binnen een klein geografisch gebied, wat de plasticiteit van de soort illustreert. Grote variatie in jaarlijkse groeisnelheden is vastgesteld binnen het Europese verspreidingsgebied (Volwater et al., 2025). In de perioden 2019–2022 en 2023–2024 werd in het Leopoldkanaal geen duidelijk verschil tussen de lengteklassen waargenomen. Behalve voor de kleinste lengteklasse bleken ook in Delfland de gemiddelde jaarlijkse groeipercentsages relatief constant te zijn over de verschillende lengteklassen (Volwater et al., 2025).

De piek in het aantal uren aangepast spui-beheer in 2021 resulteert in de periode 2020–2021, zowel voor lengte als voor gewicht, in de laagste groeiselheden binnen de onderzoeksperiode 2014–2024. Aangezien de resultaten aantonen dat de lichtste gewichtsklasse (< 150 g) de laagste absolute groeiselheid vertoont, ligt het voor de hand dat de lage gemiddelde groeiselheid in 2020–2021 verband houdt met een toename van jonge palingen die inmiddels groot genoeg waren om door de fuiken te worden gevangen, omdat zij niet langer door de mazen konden ontsnappen. De in 2021 waargenomen daling in gemiddelde groeiselheid ten opzichte van 2020 kan derhalve worden geïnterpreteerd als een aanwijzing voor populatieverjonging, waarbij de **glasalen die in 2014–2018** (met uitzondering van 2015) **zijn binnengekomen**, inmiddels een gewicht hadden bereikt waarmee ze efficiënt met de fuiken konden bevestigd worden (Vøllestad & Jonsson, 1986; Chisnall & West, 1996; Simon, 2007).

Daarnaast speelt **geslachtsdimorfisme** van de soort waarschijnlijk een belangrijke rol in de waargenomen groeisnelheden en lengteklasseverdeling. Individuen groter dan 500 mm worden doorgaans als vrouwelijk beschouwd, terwijl het geslacht van kleinere individuen onbepaald blijft (Klein Breteler et al., 2007; Volwater et al., 2025). Dekker et al. (1998) hanteert hiervoor zelfs een grens van 450 mm. Vrouwtjes bereiken niet alleen een grotere uiteindelijke lengte, maar vertonen ook een hogere groeisnelheid dan mannetjes (Volwater et al., 2025). Omdat de zwaarste gewichtsklassen in het Leopoldkanaal grotendeels uit vrouwtjes zullen bestaan, kan dit een verklaring zijn voor de hogere waargenomen groeisnelheden in deze gewichtsklassen.

De waargenomen gemiddelde lengtegroeisnelheid van paling in het Leopoldkanaal (47,2 mm/jaar; min. 43,6 mm/jaar, max. 50,8 mm/jaar) ligt iets lager dan die van de rivier Imsa in Noorwegen, waar palingen gedurende de eerste acht jaar na hun transformatie tot elver jaarlijks gemiddeld 62 mm groeiden (Vøllestad & Jonsson, 1986). Berg (1990) concludeerde op basis van een analyse van vijftig publicaties dat de groeisnelheid van palingen in natuurlijke omstandigheden varieert tussen 30 en 60 mm per jaar, met een maximum van 100 mm per jaar. De gemiddelden van het Leopoldkanaal vallen daarmee keurig binnen deze range. In Ierse meren werd daarentegen een maximale groeisnelheid van 41 mm per jaar vastgesteld (Moriarty, 2003). Simon (2007) rapporteerde op basis van otolietenonderzoek groeisnelheden van 40 tot 53 mm per jaar in een aantal Duitse meren. Voor Nederlandse palingpopulaties wordt een gemiddelde groeisnelheid van 30–40 mm per jaar als normaal beschouwd (Klein Breteler, 2008). In vier Nederlandse waterlichamen – Delfland, het Markiezaatsmeer, de Süderpolder en de Vinkeveense Plassen – werden groeisnelheden van 22 tot 88 mm per jaar vastgesteld voor ongedifferentieerde palingen (geslacht nog niet bepaald) met een lengte tussen 30 en 50 cm

(Volwater et al., 2025). Voor vrouwelijke palingen tussen 50 en 80 cm varieerden de groeisnelheden van 13 tot 57 mm per jaar (Volwater et al., 2025). In het stroomgebied van de Lesse werden, op basis van hervangsten van 18 individueel gemerkte palingen (met PIT-tags), gemiddelde groeisnelheden van slechts 25 mm per jaar vastgesteld (ICES, 2016). Eveneens in de Frémur (Bretagne, Frankrijk) bedroeg de groeisnelheid van gemerkte palingen gemiddeld 25 mm per jaar (Mazel et al., 2013). **De relatief hoge groeisnelheden gemeten in het Leopoldkanaal, in vergelijking met andere studies, suggereren dat deze waterloop een uitstekend opgroeigebied vormt voor paling.**

Welke rol speelt aangepast spuibeheer in de verjonging en toekomstige ontwikkeling van de palingpopulatie?

Hoewel het aangepast spuibeheer in Zeebrugge (LK en AKL) aanzienlijk minder frequent wordt toegepast dan in andere waterlopen – waardoor het potentieel om de palingdensiteit in het Leopoldkanaal aanzienlijk te verhogen onderbenut blijft en de effecten minder duidelijk zichtbaar zijn in metingen en densiteitsschattingen – werd vanaf 2019 toch een duidelijk positief effect waargenomen. In 2021 werd het aangepast spuibeheer bovendien frequenter toegepast dan in voorgaande jaren, met een lagere, maar nog steeds relatief hoge voortzetting in 2022 en 2023. Deze intensivering verklaart de toename van palingen kleiner dan 450 mm in de periode 2021-2024, wat naar verwachting zal bijdragen aan een verdere groei en verjonging van de palingpopulatie. Een geplande bemonsteringscampagne in 2025 zal uitsluitsel geven over de vraag of de palingpopulatie zich daadwerkelijk herstelt in aantallen en of de stijging in ondermaatse paling en populatiedichtheid in het Leopoldkanaal zich structureel zal voortzetten.

5 CONCLUSIES IN FUNCTIE VAN HET BEHEER

In deze studie werd de vangst-merk-hervangstmethode toegepast om de palingdensiteit in vier sectoren van het Leopoldkanaal te schatten over de periode 2014-2024, ter opvolging van het toegepaste aangepast spuibeheer. Door het ontbreken van historische data kunnen de precieze densiteiten vóór het aangepast spuibeheer niet worden vastgesteld, maar vergelijking met soortgelijke waterlopen wijst erop dat de densiteiten vóór 2014 al relatief hoog waren. Vanaf 2016 werd een duidelijke stijging in densiteit en biomassa waargenomen, met een piek in 2021. Deze resultaten wijzen op een positief effect van het aangepast spuibeheer op de palingpopulatie, dat zich vooral uit in hogere aantallen, een bredere lengteklasseverdeling en een verjonging van de populatie. De recordpieken in densiteit en biomassa in 2021 zijn het resultaat van het cumulatieve effect van aangepast spuibeheer in voorgaande jaren (2014–2019). De lagere biomassa- en densiteitsschattingen in 2022–2023 zijn het gevolg van minder intensief spuibeheer in 2019–2020 en het tijdsvertragingseffect doordat jonge glasalen pas na twee à drie jaar met fuiken kunnen worden gevangen, evenals verhoogde palingsterfte door extreme hitte en opwoelend slib. Daarnaast droeg de hoge aanwezigheid van rode Amerikaanse rivierkreeften in 2023 bij aan de lage vangsten. Individuen tot 150 mm kunnen volledig door de mazen ontsnappen, terwijl ook een deel van de palingen tot 300 mm de mazen kan passeren. Het herstel in 2024 suggereert dat de populatie reageert op de spuibeheerpiek in 2021, hoewel dit langzaam gebeurt. Algemeen neemt de densiteit van paling af met toenemende afstand tot de zee, maar deze trend werd sinds 2020-2021 minder uitgesproken. In 2024 lagen de densiteiten in sectoren 2 en 3 hoger dan in sector 1 (dichtst bij de zee), wat suggereert dat glasaalintrek en succesvolle opgroei het gebruik van stroomopwaartse niches bevorderen. Dit wijst erop dat de populatie zich binnen het kanaal breder verspreidt dankzij het aangepast spuibeheer. De gemiddelde jaarlijkse lengtegroei van palingen in het Leopoldkanaal in periode 2016-2024 bedroeg 47,2 mm/jaar (min 43,6; max 50,8 mm/jaar) en de individuele gewichtstoename bedroeg gemiddeld 69,2 g/jaar (min 61,4; max 77 g/jaar). Dit valt binnen de bekende groeiranges van Europese waterlopen en is hoger dan in sommige Nederlandse en Franse wateren. Deze groeisnelheden wijzen op gunstige opgroeiomstandigheden van het Leopoldkanaal. Significante verschillen in absolute groeisnelheid werden vastgesteld tussen gewichtsklassen, waarbij de zwaarste categorie, voornamelijk bestaande uit vrouwtjes, het snelst groeide, terwijl er tussen de lengteklassen geen significante verschillen werden gevonden.

Hoewel het aangepast spuibeheer in Zeebrugge (LK en AKL) minder frequent wordt toegepast dan in andere waterlopen, waardoor het volledige potentieel voor het verhogen van de palingdensiteit nog niet benut wordt (zie ook 'Aanbevelingen voor beheer en/of beleid'), werd vanaf 2019 toch een duidelijk positief effect zichtbaar. In 2021 werd het spuibeheer intensiever uitgevoerd dan in voorgaande jaren, gevolgd door een nog relatief hoge toepassing in 2022 en 2023. Deze intensivering leidde tot een toename van jonge palingen in de periode 2021–2024, wat wijst op een structurele verjonging van de populatie. De resultaten van deze studie onderstrepen ten slotte het belang van aangepast spuibeheer als maatregel om palingmigratie te faciliteren – een verplichting die voortvloeit uit de **Europese Palingverordening (EC No. 1100/2007)**. Dit onderzoek vormt dan ook een waardevolle maatstaf voor het evalueren van de effectiviteit van aangepast spuibeheer. Verdere monitoring in 2025 zal cruciaal zijn om te bepalen of deze positieve trends zich blijvend manifesteren en of de populatiedichtheid daadwerkelijk herstelt.

6 REFERENCES

- Audenaert, V., Huyse, T., Goemans, G., Belpaire, C., & Volckaert, F. A. M. (2003). Spatio-temporal dynamics of the parasitic nematode *Anguillicola crassus* in Flanders, Belgium. *Diseases of Aquatic Organisms*, 56(3), 223–233.
- Baras, E., & Jeandrain, D. (1998). Evaluation of surgery procedures for tagging eel (*Anguilla anguilla*, L.) with biotelemetry transmitters. *Hydrobiologia*, 371/372(1), 107–111.
- Beaulaton, L., & Castelnaud, G. (2005). The efficiency of selective tidal stream transport in glass eel entering the Gironde (France). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 378–379, 5–21.
- Belletti, B., Garcia de Leaniz, C., Jones, J. et al. (2020). More than one million barriers fragment Europe's rivers. *Nature*, 588, 436–441.
- Belpaire, C., Verschelde, P., Maes, Y., Stevens, M., Van Thuyne, G., Breine, J., & Coeck, J. (2015). Berekening van het ontsnappingspercentage van zilverpaling ten behoeve van de 2015-rapportage voor de Palingverordening. *INBO.R.2015.9679951*. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Berg, R. (1990). The growth of eels: A critical assessment of data from open waters. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 75(6), 755–762.
- Bevacqua, D., Andrello, M., Melià, P., Vincenzi, S., De Leo, G. A., & Crivelli, A. J. (2011). Density-dependent and inter-specific interactions affecting European eel settlement in freshwater habitats. *Hydrobiologia*, 671(1), 259–265.
- Bolland, J. D., Cowx, I. G., & Lucas, M. C. (2009). Evaluation of VIE and PIT tagging methods for juvenile cyprinid fishes. *Journal Of Applied Ichthyology*, 25(4), 381–386.
- Bonhommeau, S., Chassot, E., & Rivot, E. (2008a). Fluctuations in European eel (*Anguilla anguilla*) recruitment resulting from environmental changes in the Sargasso Sea. *Fisheries Oceanography*, 17(1), 32–44.
- Bonhommeau, S., Chassot, E., Planque, B., Rivot, E., Knap, A. H., & Le Pape, O. (2008b). Impact of climate on eel populations of the Northern Hemisphere. *Marine Ecology Progress Series*, 373, 71–80.
- Briand, C., Fatin, D., Fontenelle, G., & Feunteun, E. (2005). Effect of re-opening of a migratory pathway for eel (*Anguilla anguilla*, L.) at a watershed scale. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 378–379, 67–86.
- Bruneel, S., et. al. (2024). Opvolging van de zoutintrusie in de IJzer, het kanaal Gent-Oostende, het Leopoldkanaal, het afleidingskanaal van de Leie en de Noordede. Aangepast spuibeheer in 2024 in functie van glasaalmigratie [Ongepubliceerd rapport]. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Bult, T. P., & Dekker, W. (2007). Experimental field study on the migratory behaviour of glass eels (*Anguilla anguilla*) at the interface of fresh and salt water. *ICES Journal of Marine Science*, 64(7), 1396–1401.

- Buyse, D., Mouton, A. M., Stevens, M., Van Den Neucker, T., & Coeck, J. (2014). Mortality of European eel after downstream migration through two types of pumping stations. *Fisheries Management And Ecology*, 21(1), 13–21.
- Buyse D., Verreycken H., De Maerteleire N., Gelaude E., Robberechts K., Baeyens R., Pieters S., Mouton A., Galle L., De Regge N., Coeck J. (2015). Glasaalmigratie ter hoogte van het uitwateringscomplex in de haven van Zeebrugge. Afleidingskanaal van de Leie en Leopoldkanaal. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2015 (INBO.R.2015.11355303). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Chapman, D. G. (1951). Some properties of the hypergeometric distribution with applications to zoological censuses. *University of California Publications on Statistics*, 1, 131–160.
- Chisnall, B. L., & West, D. W. (1996). Design and trials of a large fine-meshed fyke net for eel capture, and factors affecting size distribution of catches. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 30(3), 355–364.
- Creutzberg, F. (1958). Use of tidal streams by migrating elvers (*Anguilla vulgaris* Turt.). *Nature*, 22(857–858).
- Cruz-Neto, A. P., & Steffensen, J. F. (1997). The effects of acute hypoxia and hypercapnia on oxygen consumption of the freshwater European eel. *Journal Of Fish Biology*, 50(4), 759–769.
- Degerman, E., Tamario, C., Watz, J., Nilsson, P. A., & Calles, O. (2019). Occurrence and habitat use of European eel (*Anguilla anguilla*) in running waters: lessons for improved monitoring, habitat restoration and stocking. *Aquatic Ecology*, 53(4), 639–650.
- Dekker, W., Van Os, B., & Van Willigen, J. (1998). Minimal and maximal size of eel. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 349, 195–197.
- Delrez, N., Zhang, H., Lieffrig, F., Mélard, C., Farnir, F., Boutier, M., Donohoe, O., & Vanderplasschen, A. (2021). European eel restocking programs based on wild-caught glass eels: Feasibility of quarantine stage compatible with implementation of prophylactic measures prior to scheduled reintroduction to the wild. *Journal For Nature Conservation*, 59, 125933.
- Domingos, I., Costa, J. L., & Costa, M. J. (2006). Factors determining length distribution and abundance of the European eel, *Anguilla anguilla*, in the River Mondego (Portugal). *Freshwater Biology*, 51(12), 2265–2281.
- Drouineau, H., Carter, C., Rambonilaza, M., Beaufaron, G., Bouleau, G., Gassiat, A., Lambert, P., Floch, S. L., Tétard, S., & De Oliveira, E. (2018). River Continuity Restoration and Diadromous Fishes: Much More than an Ecological Issue. *Environmental Management*, 61(4), 671–686.
- Durif, C.M.F., van Ginneken, V., Dufour, S., Müller, T., Elie, P. (2009). Seasonal Evolution and Individual Differences in Silvering Eels from Different Locations. In: van den Thillart, G., Dufour, S., Rankin, J.C. (eds) Spawning Migration of the European Eel. *Fish & Fisheries Series*, vol 30. Springer, Dordrecht.
- Edeline, E., Dufour, S., & Elie, P. (2005). Role of glass eel salinity preference in the control of habitat selection and growth plasticity in *Anguilla anguilla*. *Marine Ecology Progress Series*, 304, 191–199.

- Edeline, E., Lambert, P., Rigaud, C., & Elie, P. (2006). Effects of body condition and water temperature on *Anguilla anguilla* glass eel migratory behavior. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 331, 217–225.
- Feunteun, E., Acou, A., Guillouet, J., Laffaille, P., & Legault, A. (1998). Spatial distribution of an eel population (*Anguilla anguilla*, L.) in a small coastal catchment of northern Brittany (France): Consequences of hydraulic works. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 349, 129–139.
- Feunteun, E., Laffaille, P., Robinet, T., Briand, C., Baisez, A., Olivier, J., & Acou, A. (2003). A review of upstream migration and movements in inland waters by anguillid eels: Toward a general theory. In: Aida, K., Tsukamoto, K., Yamauchi, K. (eds) *Eel Biology*, 191–213. *Springer*, Tokyo.
- Friedland, K. D., Miller, M. J., & Knights, B. (2007). Oceanic changes in the Sargasso Sea and declines in recruitment of the European eel. *ICES Journal of Marine Science*, 64, 519–530.
- Grill, G., Lehner, B., Thieme, M. et al. (2019) Mapping the world's free-flowing rivers. *Nature*, 569, 215–221.
- Harrison, A. J., Walker, A. M., Pinder, A. C., Briand, C., & Aprahamian, M. W. (2014). A review of glass eel migratory behaviour, sampling techniques and abundance estimates in estuaries: implications for assessing recruitment, local production and exploitation. *Reviews in Fish Biology And Fisheries*, 24(4), 967–983.
- Hayer, S., Brandis, D., Hartl, G. B., & Ewers-Saucedo, C. (2019). First indication of Japanese mitten crabs in Europe and cryptic genetic diversity of invasive Chinese mitten crabs. *NeoBiota*, 50, 1–29.
- Homberger, L., Xu, J., Brandis, D., Chan, T., Keirsebelik, H., Normant-Saremba, M., Schoelynck, J., Chu, K. H., & Ewers-Saucedo, C. (2022). Genetic and morphological evidence indicates the persistence of Japanese mitten crab mitochondrial DNA in Europe for over 20 years and its introgression into Chinese mitten crabs. *NeoBiota*, 73, 137–152.
- ICES. (2016). Report of the Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eel (WGEEL), 24 November–2 December 2015, Antalya, Turkey. *ICES CM 2015/ACOM:18*. 130 pp.
- Jacoby, D., & Gollock, M. (2014). *Anguilla anguilla*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T60344A45833138.
- Jellyman, D. J. (1991). Factors affecting the activity of two species of eel (*Anguilla* spp.) in a small New Zealand lake. *Journal Of Fish Biology*, 39(7), 7–14.
- Jellyman, D. J., & Graynoth, E. (2005). The use of fyke nets as a quantitative capture technique for freshwater eels (*Anguilla* spp.) in rivers. *Fisheries Management And Ecology*, 12(4), 237–247.
- Jepsen, N., Richter, L., Pedersen, M. I., & Deng, Z. (2022). Survival, growth and tag retention of juvenile European eel (*Anguilla anguilla* L.) with implanted 12 mm passive integrated transponder tags and acoustic tags. *Journal Of Fish Biology*, 101(5), 1375–1380.
- Kettle, A. J., Bakker, D. C. E., & Haines, K. (2008). Impact of the North Atlantic Oscillation on the trans-Atlantic migrations of the European eel (*Anguilla anguilla*). *Journal of Geophysical Research-Biogeosciences*, 113, G03004.

Vlaamse Milieumaatschappij (VMM). (2023). *Ecologische toestand: Toestand, grafieken en evolutie doorheen de jaren*. Geraadpleegd 30 september 2025, van <https://www.vmm.be>

Vøllestad, L. A. (1992). Geographic variation in age and length at metamorphosis of maturing European eel: Environmental effects and phenotypic plasticity. *Journal Of Animal Ecology*, 61(1), 41.

Vøllestad, L. A., & Jonsson, B. (1986). Life-history characteristics of the European eel (*Anguilla anguilla*) in the Imse river, Norway. *Transactions of the American Fisheries Society*, 115, 864–871.

Volwater, J. J. J., Griffioen, A. B., De Leeuw, J. J., Winter, H. V., Van Keeken, O. A., & Van Der Hammen, T. (2025). Individual Growth of European Eel (*Anguilla Anguilla*) Assessed by Mark-Recapture With Passive Integrated Transponders (PIT Tags) in Four Isolated Water Systems in the Netherlands. *Journal Of Applied Ichthyology*, 2025 (1), 1-8.

Vrielynck, S., Belpaire, C., Stabel, A., Breine, J., & Quataert, P. (2003). De visbestanden in Vlaanderen anno 1840–1950. *Rapport IBW.Wb.V.R.2002.89*. Groenendaal-Hoeilaart.

White, E. M., & Knights, B. (1997). Environmental factors affecting migration of the European eel in the Rivers Severn and Avon, England. *Journal of Fish Biology*, 50, 1104–1116.

Wilson, J. M., Antunes, J. C., Bouça, P. D., & Coimbra, J. (2004). Osmoregulatory plasticity of the glass eel of *Anguilla anguilla*: Freshwater entry and changes in branchial ion-transport protein expression. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61, 432–442.

Wilson, J. M., Leitão, A., Gonçalves, A. F., Ferreira, C., Reis-Santos, P., Fonseca, A. V., da Silva, J. M., Antunes, J. C., Pereira-Wilson, C., & Coimbra, J. (2007). Modulation of branchial ion transport protein expression by salinity in glass eels (*Anguilla anguilla* L.). *Marine Biology*, 151, 1633–1645.

Winter, H. V., Jansen, H. M., & Bruijs, M. C. M. (2006). Assessing the impact of hydropower and fisheries on downstream migrating silver eel, *Anguilla anguilla*, by telemetry in the River Meuse. *Ecology Of Freshwater Fish*, 15(2), 221–228.

Yokouchi, K., & Daverat, F. (2013). Modeling individual growth trajectories of the female European eel in relation to temperature and habitat-use history in the Gironde River, France. *Aquatic Biology*, 19(2), 185–193.

7 BIJLAGEN

7.1 POPULATIEGROOTTE EN LENGTEKLASSEVERDELING IN 2014

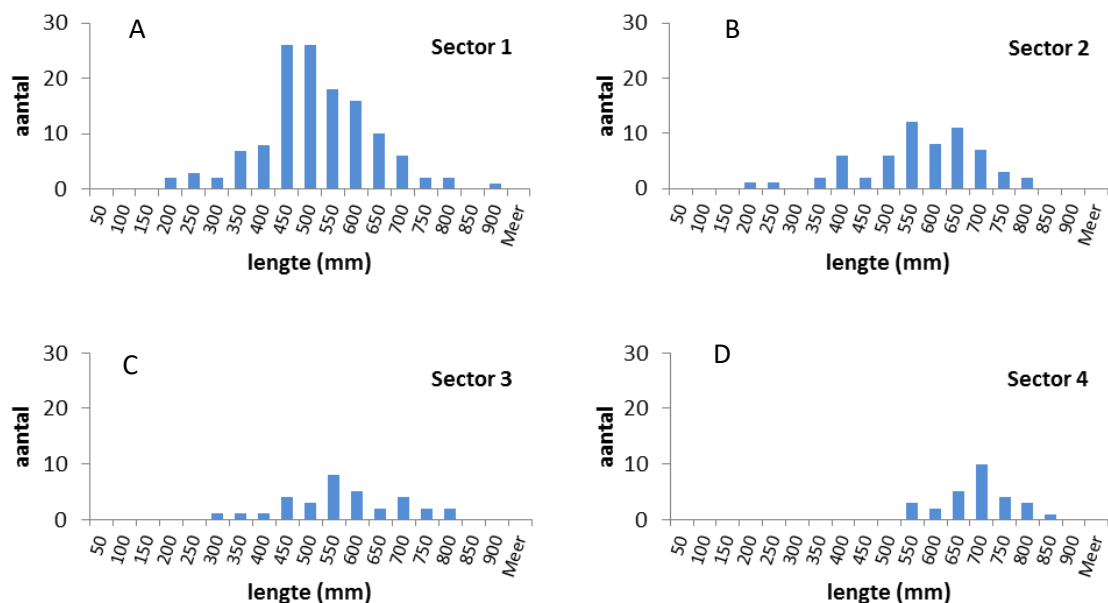
In totaal werden in de vier bemonsterde sectoren 222 palingen gevangen (exclusief hervangsten). Hiervan bevonden er zich 71 (32%) in een welbepaald zilverpalingstadium (respectievelijk 57 FIII, 3 FIV, 10 FV en 1 MII exemplaren) bepaald volgens de gemeten morfologische kenmerken. Van de 182 gemerkte palingen werden er tijdens de drie opeenvolgende dagelijkse bemonsteringen 53 (29%) terug gevangen (Tabel 2). Naast paling werden ook baars (16/16 bemonsteringen), blankvoorn (15/16), kolblei (14/16), pos (14/16), brasem (11/16), snoekbaars (7/16), snoek (6/16), bot (5/16), rietvoorn (4/16), zeelt (4/16), karper (3/16) en Europese meerval, gibel, riviergrondel, winde en een hybride karper/blankvoorn (telkens 1/16) gevangen. Er werden tevens rode Amerikaanse rivierkreeften (7/16), steurgarnalen (1/16), een roodwangschildpad (één ex.) en wolhandkrabben (8/16) in de fuiken aangetroffen. De wolhandkrabben zijn vermoedelijk Chinese wolhandkrabben (*Eriocheir sinensis*), al wijzen genetische analyses erop dat in België naast de Chinese ook Japanse wolhandkrabben (*Eriocheir japonica*) en hybriden tussen beide soorten voorkomen (Hayer et al., 2019; Homberger et al., 2022). Lopend onderzoek tracht meer inzicht te krijgen in het aandeel van de verschillende soorten en hybriden binnen de populatie. Voor de doeleinden van dit rapport wordt daarom de overkoepelende term 'wolhandkrab' gehanteerd.

De geschatte palingdensiteit varieerde van 28-65 palingen/ha en er was een duidelijke afname landinwaarts merkbaar (Tabel 9). Dit patroon gold niet voor de biomassa. Er werd een duidelijke toename in gemiddelde lengte en gewicht van de individuele paling vastgesteld naargelang de afstand tot de zee toeneemt. Dit uitte zich ook in een toename in totale palingbiomassa met uitzondering van sector 3 waar de palingdensiteit en de overeenkomstige biomassa het laagst was van alle sectoren. Het opvallend hogere individuele gewicht van de palingen (ong. 2x zo hoog als in sector 1) was verantwoordelijk voor de hoogste palingbiomassa in sector 4 ondanks de duidelijk lagere palingdensiteit.

Tabel 2: Kenmerken van in 2014 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.

Sector	N palingen	N gemerkt	N hervangsten	% terugvangst	lengte (mm)	gewicht (g)	geschat N $\pm$ S.E.	densiteit (N/ha)	biomassa (kg/ha)
1	100	81	26	32	491 (199-883)	270 (15-1300)	206 $\pm$ 30	65	18
2	64	52	12	23	548 (187-774)	347 (12-974)	151 $\pm$ 35	56	20
3	33	24	10	42	549 (294-764)	368 (36-1074)	59 $\pm$ 13	28	10
4	28	25	5	20	663 (502-815)	569 (194-1058)	64 $\pm$ 22	37	21
gem.				29	537	344		47	17

Uit de grafieken met de lengteklasseverdeling (Figuur 22) valt op dat de lengte van de palingen behorend tot de dominante lengte-klasse stelselmatig toeneemt met de afstand tot de zee. In sector 1 wordt de populatie gedomineerd door palingen van 450-550 mm groot terwijl dit in sector 4 palingen zijn met een lengte tussen 650-700 mm. Enkel in de eerste drie sectoren werd ondermaatse paling (< 300 mm) gevangen, evenwel in zeer beperkte mate. In sector 4 werd zelfs geen enkele paling < 550 mm waargenomen.



Figuur 22: Lengteklasseverdeling van de gevangen palingen in de vier onderzochte sectoren van het Leopoldkanaal in de zomer van 2014. (A) Data sector 1. (B) Data sector 2. (C) Data sector 3. (D) Data sector 4.

7.2 POPULATIEGROOTTE EN LENGTEKLASSEVERDELING IN 2016

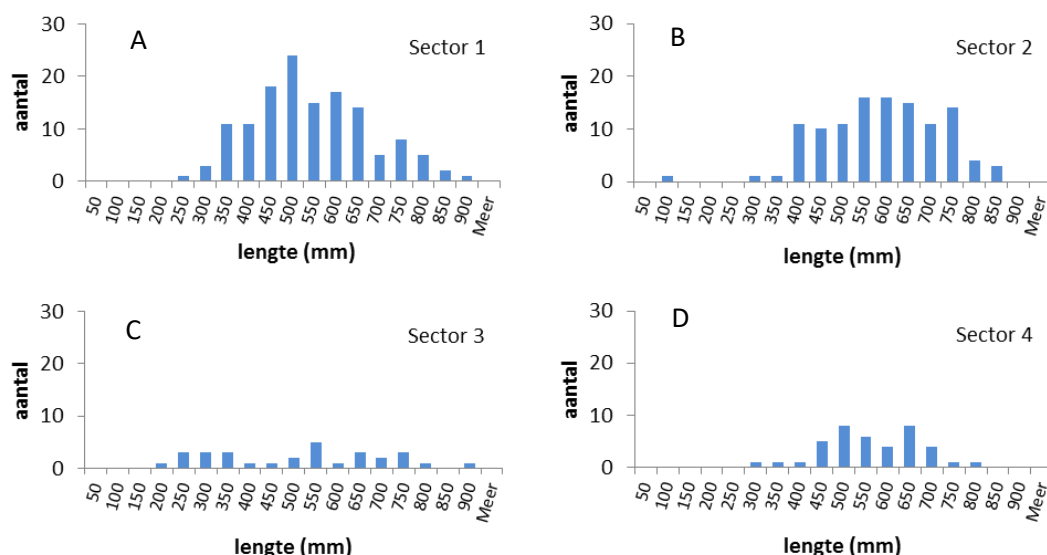
In totaal werden in de vier bemonsterde sectoren 321 palingen gevangen (exclusief hervangsten). Hiervan bevonden er zich 154 (48%) in een welbepaald zilverpalingstadium (respectievelijk 90 FIII, 1 FIV, 59 FV en 4 MII exemplaren) bepaald volgens de gemeten morfologische kenmerken. Van de 308 gemerkte palingen werden er tijdens de drie opeenvolgende dagelijkse bemonsteringen 68 (22%) terug gevangen (Tabel 3). Naast paling werd ook baars (12/16 bemonsteringen), blankvoorn (12/16), brasem (12/16), snoekbaars (12/16), bot (10/16), kolblei (9/16), dunlipharder (7/16, grote ex.), pos (7/16), snoek (6/16, grote ex.), driedoornige stekelbaars (4/16), rietvoorn (3/16), zeelt (2/16) en riviergrondel, bittervoorn en karper (telkens 1/16) gevangen. Er werd tevens wolhandkrab (7/16), rode Amerikaanse rivierkreeft (5/16), Turkse rivierkreeft (2/16) en roodwangschildpad (één ex.) in de fuiken aangetroffen.

De geschatte palingdensiteit varieerde van 23-118 palingen/ha en er was een duidelijke afname landinwaarts (sectoren 3 en 4) merkbaar (Tabel 3). In tegenstelling tot 2014 werd dit patroon ook voor de biomassa vastgesteld. In vergelijking met 2014 was de populatiegrootte in sector 1 en 2 opmerkelijk hoger, terwijl ze in sector 4 daarentegen lager was. De grote foutenmarge op de populatieschattingen laten evenwel niet toe om reeds over een trend te kunnen spreken.

Tabel 3: Kenmerken van in 2016 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.

Sector	N palingen	N gemerkt	N hervassten	% terugvangst	lengte (mm)	gewicht (g)	geschat N $\pm$ S.E.	densiteit (N/ha)	biomassa (kg/ha)
1	136	133	23	17	519 (230 - 864)	330 (18 - 1567)	368 $\pm$ 64	116	39
2	114	113	19	17	564 (68 - 850)	426 (10 - 1883)	318 $\pm$ 61	118	43
3	30	29	6	21	487 (196 - 860)	329 (13 - 1454)	69 $\pm$ 22	33	6
4	41	33	20	61	540 (286 - 761)	299 (34 - 819)	39 $\pm$ 4	23	6
gem.				29	535	360		72	24

Sectoren 1 en 2 worden gedomineerd door palingen tussen respectievelijk 450-500 en 500-650 mm lang (Figuur 23). In sector 3 is geen duidelijke dominante lengte-klasse waarneembaar, terwijl er twee pieken opvallen in de lengteklasseverdeling in sector 4 (rond 500 en rond 650 mm). In vergelijking met 2014 werd geen toename meer vastgesteld in gemiddelde lengte met de afstand tot de zee. In sectoren 3 en 4 was de gemiddelde lengte duidelijk lager dan in 2014 wat op een verjonging van de populatie lijkt te wijzen. Dit blijkt ook uit het iets frequenter voorkomen van ondermaatse palingen. Voor het eerst werd een paling < 100 mm gevangen (in sector 2) en in sector 4 werden in 2016 verschillende palingen met een lengte < 400 mm gevangen (Figuur 23).



Figuur 23: Lengteklasseverdeling van de gevangen palingen in de vier onderzochte sectoren van het Leopoldkanaal in de zomer van 2016. (A) Data sector 1. (B) Data sector 2. (C) Data sector 3. (D) Data sector 4.

7.3 POPULATIEGROOTTE EN LENGTEKLASSEVERDELING IN 2017

In totaal werden in de vier bemonsterde sectoren 281 palingen gevangen (exclusief hervassten). Hiervan bevonden er zich 131 (46%) in een welbepaald zilverpalingstadium (respectievelijk 86 FIII, 1 FIV, 41 FV en 3 MII exemplaren) bepaald volgens de gemeten morfologische kenmerken. Van de 275 gemerkte palingen werden er tijdens de drie

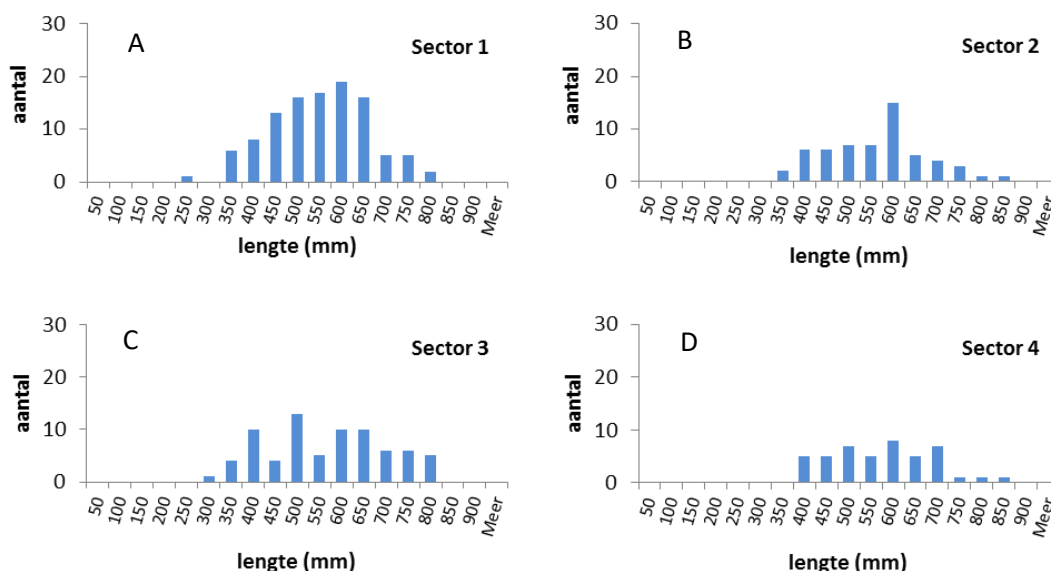
opeenvolgende dagelijkse bemonsteringen slechts 37 (13%) terug gevangen (Tabel 4). Naast paling werd ook blankvoorn (393 ex.), brasem (277), kolblei (252), baars (106), pos (88), snoekbaars (15), rietvoorn (13), snoek (12), bot (9), karper (6), zeelt (4), winde (2), dunlipharder (1) en riviergrondel (1) gevangen. Er werd tevens wolhandkrab (84), rode Amerikaanse rivierkreeft (60) en een roodwangschildpad in de fuiken aangetroffen.

De geschatte palingdensiteit varieerde van 53-157 palingen/ha en er was een duidelijke afname in sector 4 merkbaar (Tabel 4). In tegenstelling tot 2014 werd dit patroon ook voor de biomassa vastgesteld. De populatiegrootte leek in alle sectoren te zijn toegenomen in vergelijking met 2014 en 2016 en dit was vooral opvallend voor de sectoren 3 en 4. Het is opnieuw te vroeg om over een trend te kunnen spreken vanwege de grote foutenmarges op de populatieschattingen in 2017. Enkel in sector 3 lijkt de palingpopulatie significant te zijn toegenomen.

Tabel 4: Kenmerken van in 2017 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.

Sector	N palingen	N gemerkt	N hervangsten	% terugvangst	lengte (mm)	gewicht (g)	geschat N $\pm$ S.E.	densiteit (N/ha)	biomassa (kg/ha)
1	105	103	11	11	525 (224 - 799)	332 (15 - 1040)	386 $\pm$ 98	122	54
2	57	54	3	6	539 (342 - 830)	336 (58 - 1348)	379 $\pm$ 205	141	37
3	74	74	12	16	541 (289 - 789)	363 (39 - 999)	332 $\pm$ 113	157	35
4	45	44	11	25	550 (380 - 813)	337 (94 - 1025)	92 $\pm$ 21	53	17
gem.				14	536	342		118	36

De dominante lengteklasse in sectoren 1 en 2 betreft palingen tussen 550 en 600 mm lang (Figuur 24). In sectoren 3 en 4 is geen duidelijke dominantie te onderscheiden. De gemiddelde lengte van de palingen is voor de vier sectoren ongeveer gelijk. Het grotendeels ontbreken van ondermaatse paling in de vangsten is het opvallendste verschil met de resultaten van 2016.



Figuur 24: Lengteklasseverdeling van de gevangen palingen in de vier onderzochte sectoren van het Leopoldkanaal in de zomer van 2017. (A) Data sector 1. (B) Data sector 2. (C) Data sector 3. (D) Data sector 4.

7.4 POPULATIEGROOTTE EN LENGTEKLASSEVERDELING IN 2018

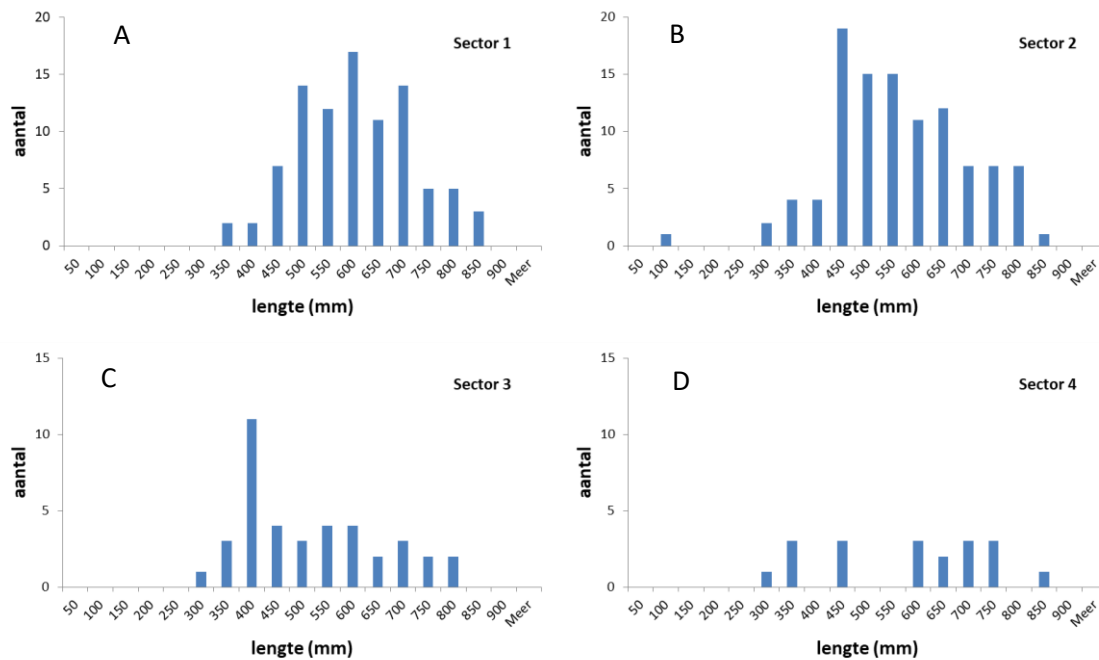
In totaal werden in de vier bemonsterde sectoren 254 palingen gevangen (exclusief hervangsten). Hiervan bevonden er zich 105 (42%) in een welbepaald zilverpalingstadium (respectievelijk 65 FIII, 1 FIV en 39 FV exemplaren) bepaald volgens de gemeten morfologische kenmerken. Van de 249 gemerkte palingen werden er tijdens de drie opeenvolgende dagelijkse bemonsteringen slechts 22 (9%) terug gevangen (Tabel 5). Naast paling werd ook brasem (94), snoekbaars (19), kolblei (195), blankvoorn (392), pos (84), baars (227), winde (3), bot (51), zeelt (5), rietvoorn (7), snoek (6), zonnebaars (2), zeebaars (16), gibel (1), blauwbandgrondel (6), brakwatergrondel (4), karper (3), riviergrondel (1) en vetje (1) gevangen. Er werd tevens ook rode Amerikaanse rivierkreeft (25) en wolhandkrab (70) in de fuiken aangetroffen.

De geschatte palingdensiteit varieerde van 28-271 palingen/ha en er was, net zoals vorige jaren, een duidelijke afname landinwaarts merkbaar (Tabel 5). In tegenstelling tot 2014 werd dit patroon ook vastgesteld voor de biomassa. De populatiegrootte blijkt gedurende de opeenvolgende jaren steeds toe te nemen in sector 1 en sector 2, hoewel deze trend niet significant is door de grote foutenmarges op de geschatte populatiegrootte. In sector 3 en 4 was er een daling in populatiegrootte merkbaar in vergelijking met 2017.

Tabel 5: Kenmerken van in 2018 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.

Sector	N palingen	N gemerkt	N hervangsten	% terugvangst	lengte (mm)	gewicht (g)	geschat N $\pm$ S.E.	densiteit (N/ha)	biomassa (kg/ha)
1	91	91	3	3	580 (308-828)	439 (44-1228)	855 $\pm$ 469	271	119
2	105	103	9	9	537 (100-835)	337 (9-1112)	418 $\pm$ 117	155	52
3	39	37	7	19	487 (253-791)	264 (23-971)	86 $\pm$ 24	41	11
4	19	18	3	17	549 (280-811)	378 (43-1112)	49 $\pm$ 23	28	11
gem.				12	538	355		124	48

Sectoren 1 en 2 werden gedomineerd door palingen tussen respectievelijk 550-600 mm en 400-450 mm, terwijl in sector 3 een matige dominantie vastgesteld werd van palingen van 350-400 mm lang (Figuur 25). In vergelijking met 2014 werd er in 2018 geen toename meer vastgesteld in gemiddelde lengte met de afstand tot de zee. In tegendeel, het omgekeerde patroon werd waargenomen. In sector 4 was geen duidelijke dominante lengte-klasse waarneembaar. Er waren zowel grote als kleinere palingen aanwezig. In sector 3 was de gemiddelde lengte duidelijk lager dan in 2014 en 2017 wat op een verjonging van de populatie lijkt te wijzen. In sector 1 was deze verjonging van de populatie niet merkbaar. In vergelijking met 2017 was de gemiddelde lengte hier zelfs toegenomen.



Figuur 25: Lengteklasseverdeling van de gevangen palingen in de vier onderzochte sectoren van het Leopoldkanaal in de zomer van 2018. (A) Data sector 1. (B) Data sector 2. (C) Data sector 3. (D) Data sector 4.

7.5 POPULATIEGROOTTE EN LENGTEKLASSEVERDELING IN 2019

In totaal werden in de vier bemonsterde sectoren 320 palingen gevangen (exclusief hervangsten). Hiervan bevonden er zich 90 (28%) in een welbepaald zilverpalingstadium (respectievelijk 63 FIII, 23 FV en 4 MII exemplaren) bepaald volgens de gemeten morfologische kenmerken. Van de 316 gemerkte palingen werden er tijdens de drie opeenvolgende dagelijkse bemonsteringen 37 (12%) terug gevangen (Tabel 6). Naast paling werd ook blankvoorn (103), brasem (37), kolblei (94), baars (105), bittervoorn (1), pos (8), snoekbaars (25), rietvoorn (3), snoek (3), bot (18), dunlipharder (2), zeelt (2) en steurgarnaal (8) gevangen. Er werd tevens wolhandkrab (4), rode Amerikaanse rivierkreeft (108) en één roodwangschildpad in de fuiken aangetroffen.

De geschatte palingdensiteit varieerde van 26-252 palingen/ha en er was, net zoals vorige jaren, een duidelijke afname landinwaarts merkbaar (Tabel 6). In tegenstelling tot 2014 werd dit patroon ook vastgesteld voor de biomassa. In vergelijking met voorgaande jaren werd er voor het eerste een daling in populatiegrootte in sector 1 waargenomen. Dit kan echter te maken hebben met de uitzonderlijk grote foutenmarge van de geschatte populatiegrootte in 2018 (Tabel 6). Ook in sectoren 3 en 4 is er een daling in populatiegrootte merkbaar. De grote foutenmarges op de populatieschattingen laten evenwel niet toe om reeds over een trend te kunnen spreken.

Sector	N palingen	N gemerkt	N hervangsten	% terugvangst	lengte (mm)	gewicht (g)	geschat N ± S.E.	densiteit (N/ha)	biomassa (kg/ha)
1	165	163	17	9	491 (222-901)	282 (22-1525)	583 ± 114	184	52
2	92	92	5	5	487 (182-978)	273 (12-1215)	679 ± 286	252	69
3	38	36	7	19	494 (312-730)	257 (51-765)	69 ± 16	33	8
4	25	25	8	32	432 (260-660)	168 (25-610)	45 ± 11	26	4
gem.				17	476	245		124	33

Figure 1 consists of four histograms labeled A, B, C, and D, each representing a different sector of the fish species. The x-axis for all plots is 'length (mm)' ranging from 50 to 1000, with a 'Meer' (sea) category. The y-axis is 'aantal' (count).

- A: Sector 1** shows a distribution with a peak around 500-550 mm, with counts reaching up to 25.
- B: Sector 2** shows a distribution with a peak around 450-500 mm, with counts reaching up to 21.
- C: Sector 3** shows a distribution with a peak around 400-450 mm, with counts reaching up to 8.
- D: Sector 4** shows a distribution with a peak around 400-450 mm, with counts reaching up to 5.

////////////////////////////////////

www.vlaanderen.be/inbo doi.org/10.21436/inbor.133207378 Pagina 63 van 84

7.6 POPULATIEGROOTTE EN LENGTEKLASSEVERDELING IN 2020

In totaal werden in de vier bemonsterde sectoren 339 palingen gevangen (exclusief hervangsten). Hiervan bevonden er zich 101 (30%) in een welbepaald zilverpalingstadium (respectievelijk 65 FIII, 1 FIV, 31 FV en 4 MII exemplaren) bepaald volgens de gemeten morfologische kenmerken. Van de 310 gemerkte palingen werden er tijdens de drie opeenvolgende dagelijkse bemonsteringen 41 (13%) terug gevangen (Tabel 7). Naast palingen, werden op dinsdag in de eerste twee dubbele schietfuisen volgende soorten gevangen: kolblei (237), brasem (43), blankvoorn (54), baars (191), bittervoorn (1), snoekbaars (87), pos (38), snoek (2), bot (2), steurgarnaal (3), rietvoorn (3), zeelt (2), wolhandkrab (75) en rode Amerikaanse rivierkreeft (198). De volgende dagen werd er tevens een gibel, driedoornige stekelbaars, blauwbandgrondel, alver en karper in de fuisen aangetroffen.

De geschatte palingdensiteit varieerde tussen 49-218 palingen/ha (Tabel 7). Tegenover 2019 is de populatie toegenomen in sectoren 1, 3 en 4 – zowel in densiteit als in biomassa. Voornamelijk in sector 3 is de toename in densiteit en biomassa opmerkelijk, met een stijging van maar liefst 171 palingen/ha en 39 kg/ha. Ondanks de vissterfte in augustus 2020, was de densiteit en de biomassa in sector 1 tegenover vorig jaar toch toegenomen. In sector 2 was dit echter niet het geval. Daar werd een sterke daling van 184 palingen/ha waargenomen. Ook de geschatte biomassa daalde met 53 kg/ha. De grote foutenmarge op de populatieschattingen laten evenwel niet toe om reeds over significante trends te kunnen spreken.

Tabel 7: Kenmerken van in 2020 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.

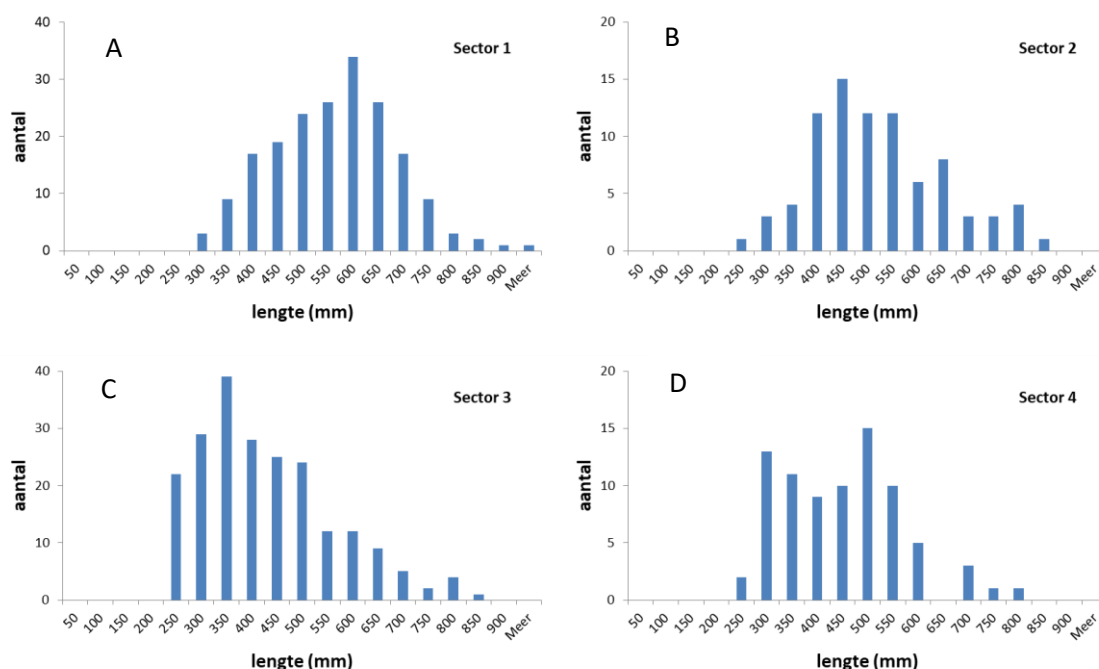
Sector	N palingen	N gemerkt	N hervangsten	% terugvangst	lengte (mm)	gewicht (g)	geschat N $\pm$ S.E.	densiteit (N/ha)	biomassa (kg/ha)
1	102	101	6	6	563 (238-895)	408 (20-1451)	688 $\pm$ 263	218	89
2	64	38	3	8	472 (235-800)	231 (24-941)	182 $\pm$ 94	68	16
3	123	121	15	12	461 (251-849)	231 (24-1448)	430 $\pm$ 97	204	47
4	50	50	17	34	462 (265-772)	200 (28-821)	84 $\pm$ 14	49	10
gem.				15	490	268		134	40

De dominante lengteklasse in sector 1 en 4 betreft palingen tussen respectievelijk 500-600 mm en 450-500 mm lang (Figuur 27). In sector 3 was er een duidelijke dominantie in de lengteklasse 450-500 mm te onderscheiden. Er was geen duidelijke dominantie te onderscheiden in sector 2. De gemiddelde lengte van de palingen was voor alle sectoren (met uitzondering van sector 1) ongeveer gelijk en veranderde niet sterk in vergelijking met 2019.

Tabel 8: Kenmerken van in 2021 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.

Sector	N palingen	N gemerkt	N hervangsten	% terugvangst	lengte (mm)	gewicht (g)	geschat N $\pm$ S.E.	densiteit (N/ha)	biomassa (kg/ha)
1	191	191	13	7	537 (286-943)	340 (37-1429)	1113 $\pm$ 285	352	120
2	84	84	14	17	497 (247-824)	288 (24-1360)	227 $\pm$ 50	84	24
3	214	214	55	26	404 (201-832)	158 (12-1071)	450 $\pm$ 47	205	32
4	80	80	7	9	424 (235-753)	186 (20-1462)	357 $\pm$ 121	206	38
gem.				14	441	243		212	54

De dominante lengteklasse in sector 1, 2 en 4 betrof palingen met een lengte van respectievelijk 600-650 mm, 450-500 mm en 500-550 mm (Figuur 28). In sector 3 was er een duidelijke dominantie te onderscheiden in de lengteklasse van 350-400 mm, wat wijst op een verjonging van de populatie. De verjonging van de populatie werd bovendien bevestigd in de gemiddelde lengte van alle palingen in sectoren 1, 3 en 4. Deze daling was het sterkst in sectoren 3 en 4.



Figuur 28: Lengteklasseverdeling van de gevangen palingen in de vier onderzochte sectoren van het Leopoldkanaal in de zomer van 2021. (A) Data sector 1. (B) Data sector 2. (C) Data sector 3. (D) Data sector 4.

7.8 POPULATIEGROOTTE EN LENGTEKLASSEVERDELING IN 2022

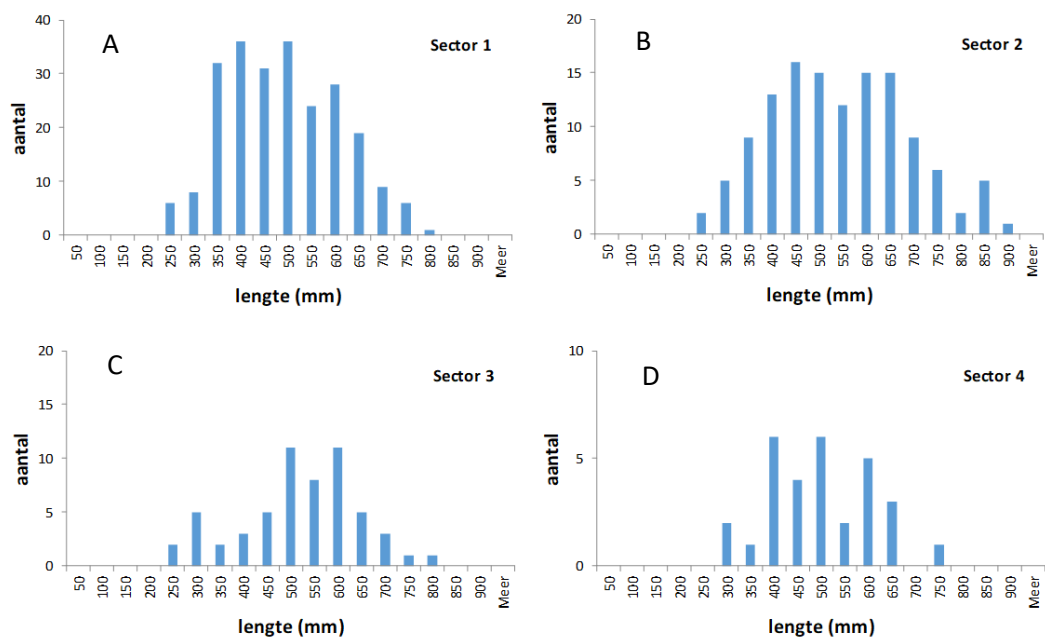
In totaal werden in de vier bemonsterde sectoren 438 palingen gevangen (exclusief hervangsten). Hiervan bevonden er zich 138 (31%) in een welbepaald zilverpalingstadium (respectievelijk 94 FIII, 13 FIV, 22 FV en 9 MII exemplaren) bepaald volgens de gemeten morfologische kenmerken. Van de 422 gemerkte palingen werden er tijdens de drie opeenvolgende dagelijkse bemonsteringen 52 (12%) terug gevangen (Tabel 9). Naast palingen, werden op dinsdag in de eerste twee dubbele schietfuisen volgende soorten gevangen : blankvoorn (356), een hybride kolblei/brasem (262), rode Amerikaanse rivierkreeft (219), kolblei (45), baars (11), pos (8), bot (3), snoek (3), brasem (1), zeelt (1) en wolhandkrab (1). De volgende dagen werd er tevens zwartbekgrondel, snoekbaars, rietvoorn, karper en Europese meerval in de fuisen aangetroffen.

De geschatte palingdensiteit varieerde van 32-329 palingen/ha (Tabel 9). In 2022 werd een daling in de palingpopulatie waargenomen in sectoren 1, 3 en 4 ten opzichte van 2021. Vooral in sector 4 waren de afnames in densiteit (-174 palingen/ha) en biomassa (-28 kg/ha) opvallend, wat de densiteit en biomassa terugbracht naar niveaus vergelijkbaar met 2019. De enige sector met een toename was sector 2, waar de densiteit licht steeg met 23 palingen/ha en de biomassa met 5 kg/ha. Door de grote foutenmarges op de schattingen is het echter moeilijk om van een significante trend te spreken.

Tabel 9: Kenmerken van in 2022 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.

Sector	N palingen	N gemerkt	N hervangsten	% terugvangst	lengte (mm)	gewicht (g)	geschat N $\pm$ S.E.	densiteit (N/ha)	biomassa (kg/ha)
1	232	231	22	10	458 (211 - 760)	222 (17-1086)	1040 $\pm$ 200	329	73
2	125	118	19	16	517 (228 - 863)	335 (19 - 1365)	289 $\pm$ 51	107	29
3	51	43	2	5	527 (313 - 765)	308 (52-876)	355 $\pm$ 238	168	52
4	30	30	9	30	473 (280 - 718)	205 (32-633)	55 $\pm$ 13	32	7
gem.				15	484	264		159	40

De dominante lengteklassen in sector 1 en sector 4 betreffen palingen van 400-450 en 500-550 mm (Figuur 29). In sector 2 is de dominante lengteklasse 450-500 mm, gevolgd door palingen van 600-700 mm. Palingen van 500-550 en 600-650 mm komen het vaakst voor in sector 3. In sector 1 is er een duidelijke toename te onderscheiden in de lengteklasse van 350-400 mm ten opzichte van 2021 – wat wijst op een toename van jonge palingen. Bovendien was de dominante lengteklasse in 2021 nog 600-650 mm. De gemiddelde lengte van alle palingen in sectoren 2, 3 en 4 is echter hoger vergeleken met 2021, wat wijst op een landinwaartse migratie van grotere exemplaren. Deze stijging is het sterkst in sector 3.



Figuur 29: Lengteklasseverdeling van de gevangen palingen in de vier onderzochte sectoren van het Leopoldkanaal in de zomer van 2022. (A) Data sector 1. (B) Data sector 2. (C) Data sector 3. (D) Data sector 4.

7.9 POPULATIEGROOTTE EN LENGTEKLASSEVERDELING IN 2023

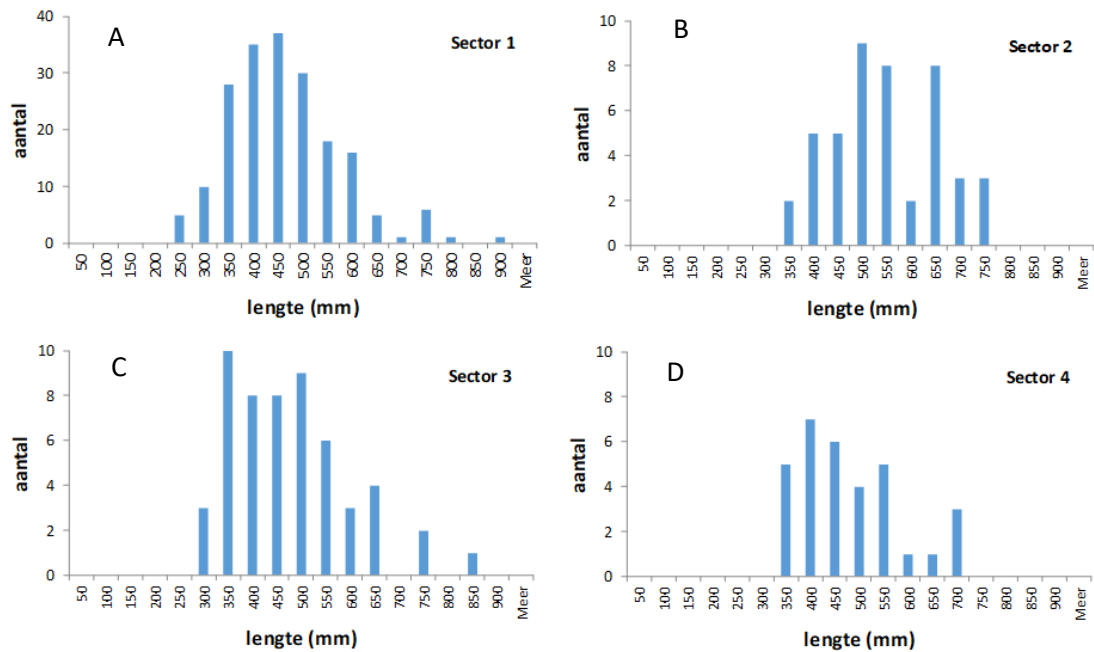
In totaal werden in de vier bemonsterde sectoren 324 palingen gevangen (exclusief hervangsten). Hiervan bevonden er zich 80 (25%) in een welbepaald zilverpalingstadium (respectievelijk 47 FIII, 5 FIV, 14 FV en 14 MII exemplaren) bepaald volgens de gemeten morfologische kenmerken. Van de 299 gemerkte palingen werden er tijdens de drie opeenvolgende dagelijkse bemonsteringen 35 (12%) terug gevangen (Tabel 10). Naast palingen, werden op dinsdag in de eerste twee dubbele schietfuiken volgende soorten gevangen : rode Amerikaanse rivierkreeft (880), blankvoorn (324), kolblei (204), baars (140), brasem (50), snoekbaars (36), bot (31), rietvoorn (30), pos (4), zeelt (3), karper (1) en zwartbekgrondel (1). De volgende dagen werd er tevens snoek en wolhandkrab in de fuiken aangetroffen.

De geschatte palingdensiteit varieerde van 34-116 palingen/ha (Tabel 10). In vergelijking met 2022 daalde de densiteit sterk in sectoren 1, 2 en 3. Sector 1 kende de grootste afname, met een daling van 210 palingen/ha en 53 kg/ha in biomassa. In sector 3 was de afname de op één na grootste, met 95 palingen/ha en 37 kg/ha minder. Hoewel de dichtheid in sector 4 licht toenam met 8 palingen/ha, bleef de biomassa vrijwel onveranderd op een laag niveau van 7 kg/ha. De palingpopulatie in 2023 is hierdoor meer dan gehalveerd ten opzichte van 2022.

Tabel 10: Kenmerken van in 2023 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.

Sector	N palingen	N gemerkt	N hervangsten	% terugvangst	lengte (mm)	gewicht (g)	geschat N ± S.E.	densiteit (N/ha)	biomassa (kg/ha)
1	186	185	18	10	434 (202 - 873)	169 (13 - 1268)	366 ± 196	116	20
2	51	27	3	11	524 (318 - 750)	314 (52 - 992)	91 ± 45	34	11
3	57	57	10	18	443 (250 - 816)	202 (26-1127)	155 ± 40	73	15
4	30	30	4	13	452 (322 - 698)	184 (36 - 675)	70 ± 22	40	7
gem.				13	463	217		66	13

De dominante lengteklasse in sector 1, 2, 3 en 4 betreft palingen met een lengte van respectievelijk 450-500 mm, 500-550 mm, 350-400 mm en 400-450 mm (Figuur 30). In sector 3 is er een duidelijke toename van palingen in de lengteklasse van 350-400 mm, wat wijst op een verjonging van de populatie. De verjonging van de populatie wordt bovendien bevestigd in de gemiddelde lengte van alle palingen in sectoren 1, 3 en 4. Deze daling, ten opzichte van 2022, is het sterkst in sector 3.



Figuur 30: Lengteklasseverdeling van de gevangen palingen in de vier onderzochte sectoren van het Leopoldkanaal in de zomer van 2023. (A) Data sector 1. (B) Data sector 2. (C) Data sector 3. (D) Data sector 4.

7.10 POPULATIEGROOTTE EN LENGTEKLASSEVERDELING IN 2024

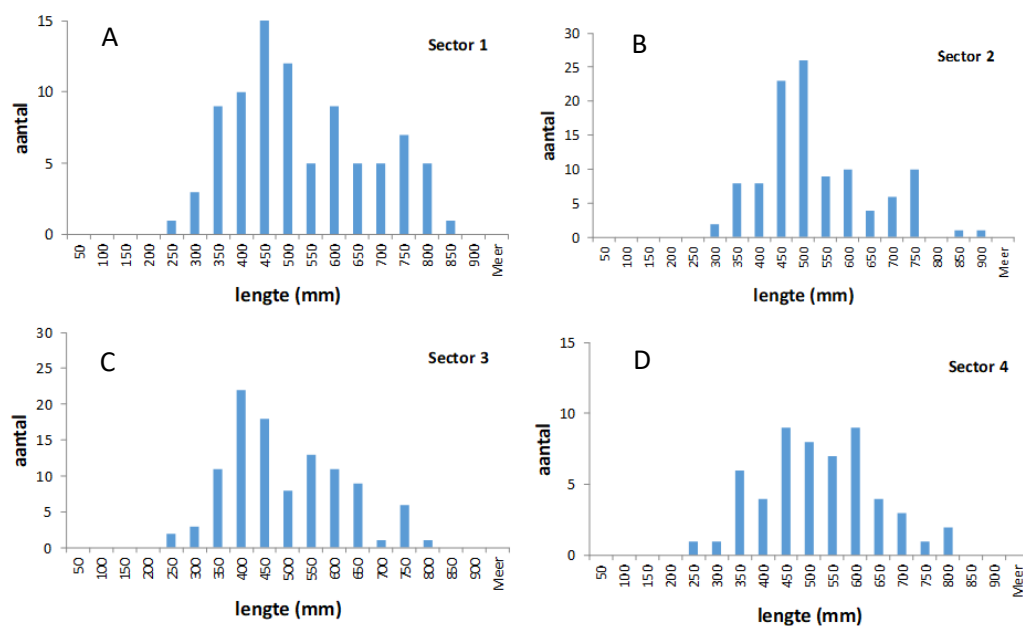
In totaal werden in de vier bemonsterde sectoren 347 palingen gevangen (exclusief hervangsten). Hiervan bevonden er zich 141 (40%) in een welbepaald zilverpalingstadium (respectievelijk 78 FIII, 8 FIV, 28 FV en 27 MII exemplaren) bepaald volgens de gemeten morfologische kenmerken. Van de 347 gemerkte palingen werden er tijdens de drie opeenvolgende dagelijkse bemonsteringen 29 (8%) terug gevangen (Tabel 11). Naast palingen, werden op dinsdag in de eerste twee dubbele schietfuike voor de vier sectoren samen volgende soorten gevangen : rode Amerikaanse rivierkreeft (430), brasem (214), kolblei (135), blankvoorn (63), rietvoorn (31), baars (16), pos (14), snoekbaars (9), wolhandkrab (3), zeelt (2), zwartbekgrondel (1) en bittervoorn (1). De volgende dagen werd er tevens snoek, karper, bot, dunlipharder, zonnebaars, blauwband en geelwangschildpad in de fuien aangetroffen.

De geschatte palingdensiteit varieerde van 46-247 palingen/ha (Tabel 11). In vergelijking met 2023 bleven densiteit en biomassa van sectoren 1 en 4 min of meer constant, terwijl densiteit en biomassa sterk toenamen in sectoren 2 (179 palingen/ha en 11 kg/ha) en 3 (174 palingen/ha en 5 kg/ha). In sector 1 zijn zowel densiteit als biomassa terug op het niveau van 2016 - het eerste jaar dat geoptimaliseerd spui-beheer werd toegepast. Tussen 2021 en 2023 zien we een afname in densiteit en biomassa in sector 1, met slechts een lichte stijging in 2024. De sterke densiteitstoename in sector 2 in 2024 (213) is de tweede hoogste schatting sinds 2019 (252). Voor sector 3 nam de densiteit af tussen 2021 en 2023, maar de schatting van 2024 (247) is de hoogste tot nu toe. In sector 4 steeg de densiteit tussen 2022 en 2024 tot 46 palingen ha⁻¹, hoewel dit nog steeds aanzienlijk lager is dan de 206 palingen/ha in 2021. Hoewel de foutenmarges van de populatieschattingen groot zijn, waardoor het moeilijk is om duidelijke trends vast te stellen, wijzen de hoge densiteit en biomassa in sectoren 2 en 3 mogelijk op een landinwaartse migratie van de palingen.

Tabel 11: Kenmerken van in 2024 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.

Sector	N palingen	N gemerkt	N hervangsten	% terugvangst	lengte (mm)	gewicht (g)	geschat N ± S.E.	densiteit (N/ha)	biomassa (kg/ha)
1	86	86	7	8	505 (231 - 830)	294 (19 - 1092)	374 ± 118	118	35
2	108	108	8	7	502 (282 - 854)	271 (29 - 1364)	572 ± 185	213	58
3	104	104	6	6	464 (202 - 775)	239 (17 - 922)	521 ± 167	247	59
4	49	49	8	16	497 (247 - 788)	260 (22 - 1134)	80 ± 14	46	12
gem.				9	492	266		156	41

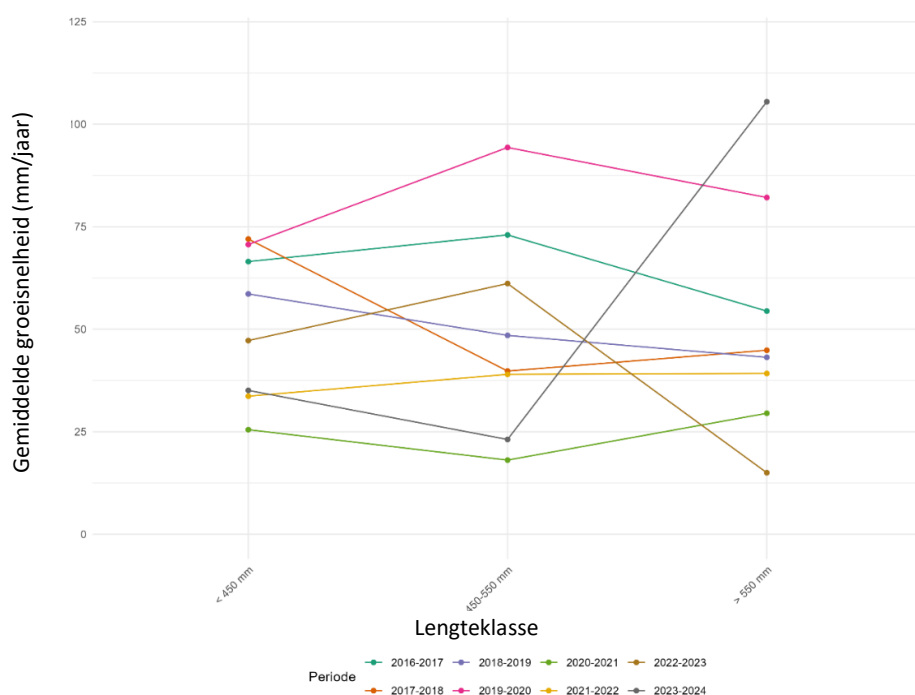
De dominante lengteklasse in sector 1, 2 en 3 betreft palingen met een lengte van respectievelijk 450-500 mm, 500-550 mm en 400-450 mm (Figuur 31). Er is geen duidelijke dominantie te onderscheiden in sector 4. De gemiddelde lengte van de palingen ligt voor alle sectoren (met uitzondering van sector 2) hoger in vergelijking met 2022 en 2023.



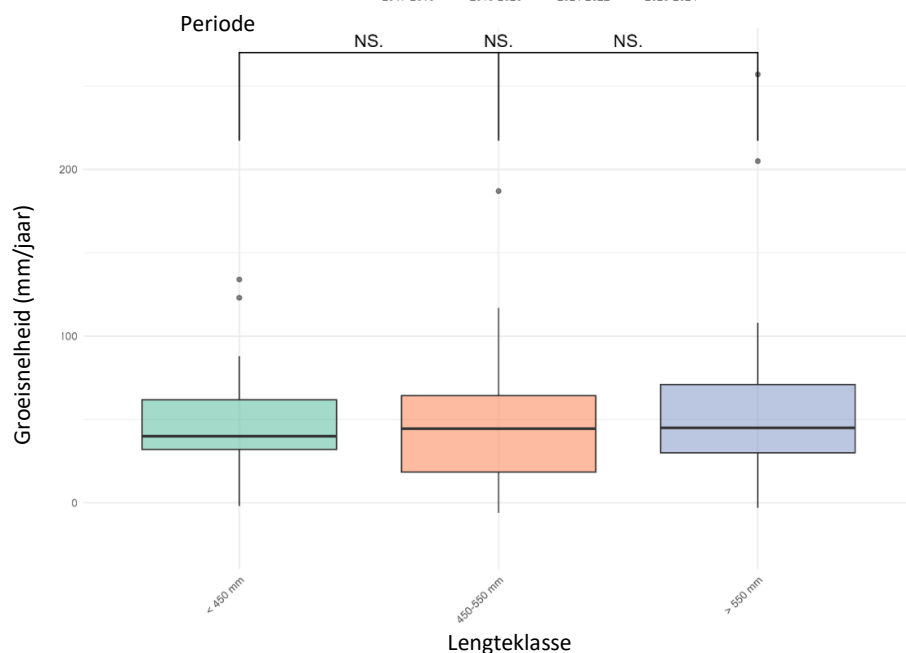
Figuur 31: Lengteklasseverdeling van de gevangen palingen in de vier onderzochte sectoren van het Leopoldkanaal in de zomer van 2024. (A) Data sector 1. (B) Data sector 2. (C) Data sector 3. (D) Data sector 4.

7.11 GROEISNELHEID

A

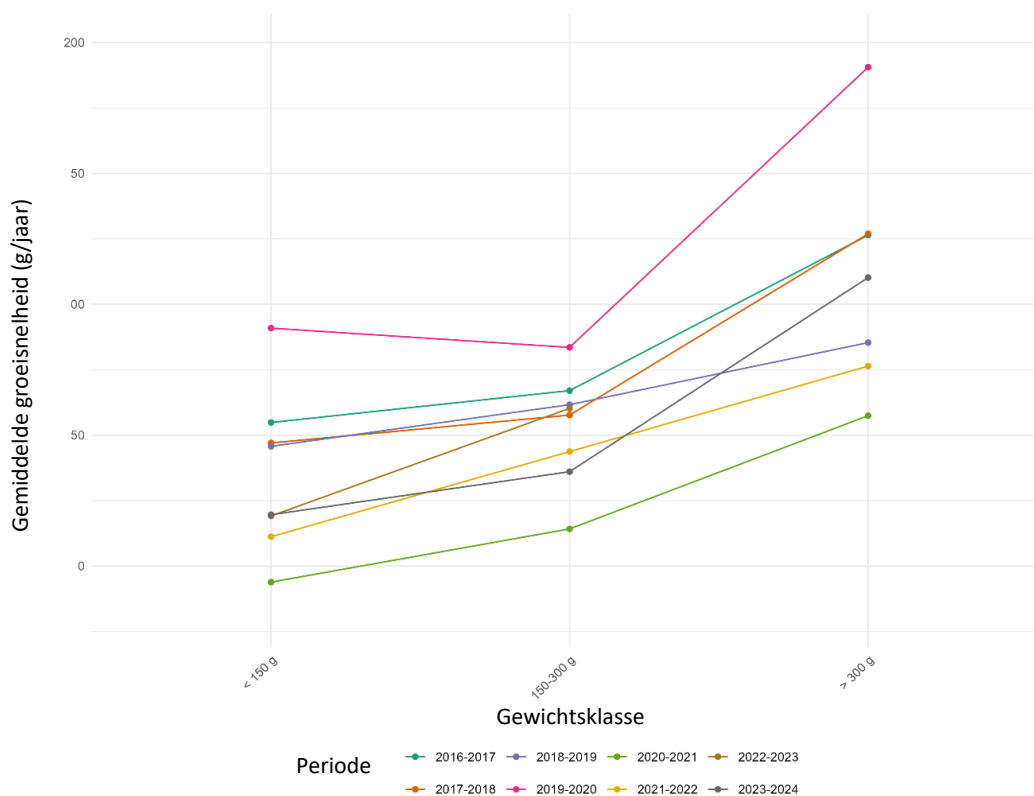


B

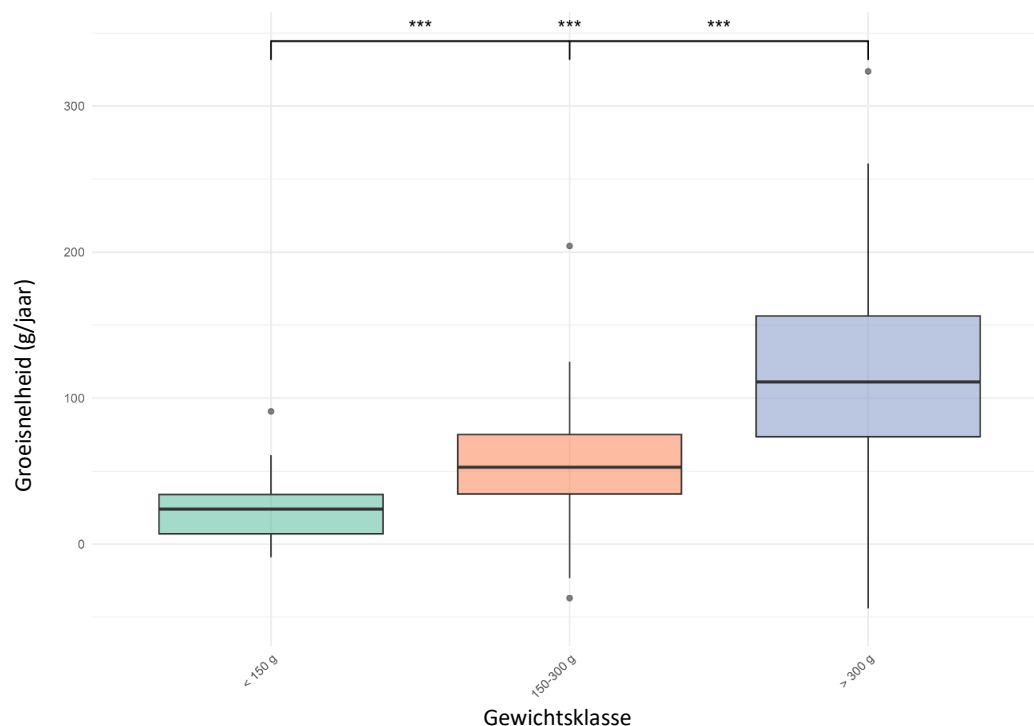


Figuur 32: (A) Gemiddelde groeiselheid in lengte (mm/jaar) per lengteklasse (< 450 mm, 450-550 mm, > 550 mm) en per jaar (2016-2024) in het Leopoldkanaal. (B) De boxplots tonen de spreiding van de groeiselheid (mm/jaar) per lengteklasse voor de periode 2016-2024 en geven de significante verschillen weer. Deze verschillen worden aangeduid met horizontale lijnen en sterretjes (Kruskal-Wallis-test; * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$) bij significante resultaten, of met 'NS' (niet significant) wanneer geen statistisch verschil werd vastgesteld.

A



B



Figuur 33: (A) Gemiddelde groeiselheid in gewicht (g/jaar) per gewichtsklasse (< 150 g, 150-300 g, > 300 g) en per jaar (2016-2024) in het Leopoldkanaal. (B) De boxplots tonen de spreiding van de groeiselheid (g/jaar) per gewichtsklasse voor de periode 2016-2024 en geven de significante verschillen weer. Deze verschillen worden aangeduid met horizontale lijnen en sterretjes (Kruskal-Wallis-test; * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$) bij significante resultaten, of met 'NS' (niet significant) wanneer geen statistisch verschil werd vastgesteld.

Tabel 14: Groeisnelheden van 263 individueel gemerkte palingen die werden hervangen tijdens de verschillende onderzoekscampagnes in het Leopoldkanaal; exclusief hervangsten binnen een zelfde jaar (Tagnummer = unieke cijfercode van de PIT-tag, HV = hervangst, GS = Gemiddelde groeisnelheid).

Sector	Tagnummer	Datum gemerkt	Datum HV	Sector HV	GS (mm/jaar)	GS (g/jaar)	Andere HV data
1	900226000074983	2016-08-03	2019-07-30	1	49	43	
1	900226000075001	2016-08-05	2021-07-06	1	54	176	
1	900226000240841	2017-08-10	2019-08-02	1	55	49	
1	900226000240891	2017-08-10	2019-07-31	1	61	73	
1	900228000006126	2016-08-04	2017-08-09	1	59	162	
1	900228000006129	2016-08-04	2017-08-09	1	10	7	
1	900228000006152	2016-08-03	2017-08-11	1	49	129	
1	900228000006154	2016-08-03	2017-08-11	1	80	233	
1	900228000006157	2016-08-03	2018-09-26	1	45	60	
1	900228000006165	2016-08-03	2023-06-28	1	37	39	
1	900228000006239	2016-08-02	2018-09-26	1	46	107	2017-08-08, 2017-08-10
1	900228000006241	2016-08-02	2018-09-28	1	35	133	
1	900228000006244	2016-08-02	2017-08-10	1	40	122	2017-08-09
1	900228000006262	2016-08-02	2019-08-02	1	42	87	
1	900228000006263	2016-08-02	2018-09-26	1	17	68	2017-08-10
1	900228000006270	2016-08-02	2020-09-10	1	55	110	2018-09-25
1	900228000006273	2016-08-02	2017-08-09	1	32	41	2016-08-02, 2017-08-08
1	900228000043607	2017-08-10	2019-08-01	1	56	133	
1	900228000043711	2016-08-05	2020-09-08	1	94	192	2017-08-11
1	900228000043755	2017-08-08	2018-09-26	1	176	570	2017-08-09
1	900228000043760	2017-08-08	2018-09-28	1	40	98	
1	900228000043784	2017-08-09	2019-08-01	1	50	156	
1	900228000043799	2017-08-10	2020-09-09	1	82	159	
1	900231000017662	2023-06-28	2024-06-18	1	81	172	
1	900231000017674	2023-06-27	2024-06-18	1	17	-17	
1	900231000017692	2023-06-27	2024-06-21	2	39	33	
1	900231000017727	2023-06-27	2024-06-20	1	38	26	2024-06-18
1	900231000017740	2023-06-27	2024-06-21	2	59	115	
1	900231000017752	2023-06-28	2024-06-18	1	22	31	
1	900231000017798	2023-06-27	2024-06-21	2	18	28	
1	982091070468036	2023-06-30	2024-06-21	2	49	29	
1	982091070468090	2023-06-27	2024-06-20	1	34	21	
1	982091070470084	2023-06-28	2024-06-18	1	39	27	
1	982091070479060	2023-06-29	2024-06-19	1	35	31	
1	982091070485415	2023-06-30	2024-06-21	2	40	25	
1	982126053991012	2020-09-08	2022-06-29	1	41	70	
1	982126053991040	2020-09-08	2021-07-09	1	42	67	
1	982126053991079	2020-09-08	2021-07-06	1	7	-20	
1	982126053991081	2020-09-08	2024-06-21	2	45	79	2021-07-06
1	982126053991102	2019-07-31	2022-06-28	1	42	76	2021-07-09
1	982126053991123	2019-07-31	2020-09-10	1	108	216	

Lijst van figuren

Figuur 1: De levenscyclus en de belangrijkste ontwikkelingsstadia van de Europese paling (Righton et al., 2025).	10
Figuur 2: Situering van het Afleidingskanaal van de Leie (AKL), het Leopoldkanaal (LK) en het Kanaal Gent-Oostende (KGO) met aanduiding van een aantal belangrijke vismigratieknelpunten (rode kruisjes). De vier onderzoekslocaties (sectoren) in het Leopoldkanaal worden weergegeven met oranje ruiten. Het studiegebied wordt stroomafwaarts begrensd door de spuischuiven in Zeebrugge in sector 1 en stroomopwaarts door de stuw van Sint-Laureins in sector 4.	15
Figuur 3: Vijzelpompen in het Leopoldkanaal die bij hoge piekdebieten het overtollige water kunnen verpompen naar het Afleidingskanaal van de Leie.	16
Figuur 4: Zicht op de spuikokers in de voorhaven van Zeebrugge waar het Afleidingskanaal van de Leie (links) en het Leopoldkanaal (rechts) samenkomen.	17
Figuur 5: Overzicht van het aantal uren (blauw) en dagen (oranje) aangepast spui-beheer (AS) in het Leopoldkanaal in de periode 2014–2024. De rode stippellijn geeft het gemiddelde aantal uren AS weer van de periode 2014-2024 (exclusief 2015, toen geen AS werd uitgevoerd).	19
Figuur 6: Proefopstelling van de dubbele schietfui-ken in elke sector in het Leopoldkanaal. De blauwe oppervlakte stelt het kanaal voor en de horizontale zijden stellen de beide oevers voor (Van Wichelen et al., 2018).	22
Figuur 7: (A) Dubbele schietfui- (30m lengte, 8 mm maaswijdte) (B) Afsluiten van de ontsnappingsgaten voor middelgrote paling (150-300 mm) in de schietfui-ken.	22
Figuur 8: Opmeting van zil-verpalingkenmerken bij individuen met een lengte groter dan 300 mm: (A) totale lengte, (B) lengte borstvin en (C) verticale oogdiameter.	23
Figuur 9: (A) Inbrengen van PIT-tag met schietpistool (B) PIT-tag (Passive Integrated Transponder) of 'zendertje' met geïntegreerd circuit en koperen winding (C) Schietpistool voor het inbrengen van de PIT-tag (Multi PIT Tag Injector (UID)) met vooraf geladen PIT-tagcartridge (D) HPR Lite PIT Tag Reader (Biomark) waarmee elke PIT-tag uitgelezen werd.	24
Figuur 10: Geschatte palingdensiteit (N/ha) in het Leopoldkanaal voor vier sectoren samen (A) en per sector (B), waarbij N gelijk is aan het aantal individuen. Geschatte palingbiomassa (kg/ha) voor vier sectoren samen (C) en per sector (D). In A en C worden de 95% betrouwbaarheidsintervallen weergegeven.	29
Figuur 11: Populatieschattingen (N) van paling per sector tijdens de periode 2014-2024 (m.u.v. 2015). De foutbalken geven de 95% betrouwbaarheidsintervallen weer voor de populatieschatting per jaar.	31
Figuur 12: Verdeling van lengte (mm) (A) en gewicht (g) (B) van gevangen palingen per jaar in het Leopoldkanaal in de periode 2014-2024, m.u.v. 2015 waarin er geen aangepast spui-beheer was. Significante verschillen in lengte en gewicht worden weergegeven met de sterretjes en alleen tussen opeenvolgende jaren (* = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$). NS = niet significant.	32
Figuur 13: Verdeling van lengte (mm) (A) en gewicht (g) (B) van gevangen palingen per sector in het Leopoldkanaal in de periode 2014-2024, m.u.v. 2015 waarin er geen aangepast spui-beheer was. Significante verschillen in lengte en gewicht tussen de verschillende sectoren worden weergegeven met de sterretjes (* =	

	p < 0,05; ** = p < 0,01; *** = p < 0,001).). De significantie tussen sector 1 en sector 4 wordt onder de horizontale lijn weergegeven (NS = niet significant).	33
Figuur 14:	Aantal palingen per lengteklasse (mm) en per jaar voor de vier sectoren samen in het Leopoldkanaal in de periode 2014-2024 (m.u.v. 2015 wanneer er geen aangepast spuibeheer werd toegepast).	34
Figuur 15:	Aantal palingen per lengteklasse (mm) en per sector voor alle jaren samen in het Leopoldkanaal in de periode 2014-2024 (m.u.v. 2015 wanneer er geen aangepast spuibeheer werd toegepast).	35
Figuur 16:	Overzicht van het totaal aantal gevangen palingen per lengteklasse (mm) in het Leopoldkanaal vanaf 2014 tot en met 2024 (m.u.v. 2015 wanneer er geen aangepast spuibeheer werd toegepast).	36
Figuur 17:	Overzicht van het totaal aantal gevangen palingen per lengteklasse (mm) kleiner dan of gelijk aan 450 mm in het Leopoldkanaal vanaf 2014 tot en met 2024 (m.u.v. 2015 wanneer er geen aangepast spuibeheer werd toegepast).	36
Figuur 18:	(A) Aantal uren toegepast aangepast spuibeheer (AS) in 2014-2024 (m.u.v. 2015 waarin geen AS werd toegepast). (B) aantal palingen en (C) totale biomassa (kg) per lengteklasse en per jaar (2014-2024). (D) Gemiddelde groeisnelheid per jaar (2017-2024) in lengte (mm/jaar; blauwe lijn) en gewicht (g/jaar; rode lijn) met 95% betrouwbaarheidsintervallen.	38
Figuur 19:	Groeisnelheid van paling per jaar in (A) lengte (mm/jaar) en (B) gewicht (g/jaar) per sector in het Leopoldkanaal (2017-2024). De boxplots tonen de spreiding van de groeisnelheden per sector en bevatten aanduidingen van significante verschillen. Deze worden weergegeven met horizontale lijnen en sterretjes (Kruskal-Wallis test; * = p < 0,05) bij significante verschillen, of met 'NS' (niet significant) indien geen statistisch verschil werd vastgesteld. Het resultaat van de vergelijking tussen sector 1 en 4 (NS) wordt onder de horizontale lijn weergegeven.	39
Figuur 20:	(A) Aantal uren toegepast aangepast spuibeheer (AS) in 2016-2024. (B) Gemiddelde groeisnelheid van paling in lengte (mm/jaar) per jaar (2016-2024) met 95% betrouwbaarheidsintervallen. (C) Gemiddelde groeisnelheid van paling in lengte (mm/jaar) per jaar (2016-2024) en per lengteklasse (< 450 mm, 450-550 mm, > 550 mm). (D) Boxplots van de groeisnelheid in lengte (mm/jaar) per jaar (2016–2024), met aanduiding van significante verschillen tussen jaren (* = p < 0,05; ** = p < 0,01; *** = p < 0,001; Kruskal-Wallis-test).	41
Figuur 21:	(A) Aantal uren toegepast aangepast spuibeheer (AS) in 2016-2024. (B) Gemiddelde groeisnelheid van paling in gewicht (g/jaar) per jaar (2016-2024) met 95% betrouwbaarheidsintervallen. (C) Gemiddelde groeisnelheid van paling in gewicht (g/jaar) per jaar (2016-2024) en per gewichtsklasse (< 150 g, 150-300 g, > 300 g). (D) Boxplots van de groeisnelheid in gewicht (g/jaar) per jaar (2016–2024), met aanduiding van significante verschillen tussen jaren (* = p < 0,05; ** = p < 0,01; *** = p < 0,001; Kruskal-Wallis-test).	42
Figuur 22:	Lengteklasseverdeling van de gevangen palingen in de vier onderzochte sectoren van het Leopoldkanaal in de zomer van 2014. (A) Data sector 1. (B) Data sector 2. (C) Data sector 3. (D) Data sector 4.	58
Figuur 23:	Lengteklasseverdeling van de gevangen palingen in de vier onderzochte sectoren van het Leopoldkanaal in de zomer van 2016. (A) Data sector 1. (B) Data sector 2. (C) Data sector 3. (D) Data sector 4.	59

////////////////////////////////////

Lijst van tabellen

Tabel 1: Overzicht van het aangepast spuibeheer dat werd toegepast vanaf 2016 t.e.m. 2024 t.h.v. de belangrijkste getijdenbarrières in Vlaanderen (KGO: Kanaal Gent-Oostende, AKL: Afleidingskanaal van de Leie, LK: Leopoldkanaal, AVA: Afvoerkanaal Veurne-Ambacht).	20
Tabel 2: Kenmerken van in 2014 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.	57
Tabel 3: Kenmerken van in 2016 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.	59
Tabel 4: Kenmerken van in 2017 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.	60
Tabel 5: Kenmerken van in 2018 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.	61
Tabel 6: Kenmerken van in 2019 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.	63
Tabel 7: Kenmerken van in 2020 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.	64
Tabel 8: Kenmerken van in 2021 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.	66
Tabel 9: Kenmerken van in 2022 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.	67
Tabel 10: Kenmerken van in 2023 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.	69
Tabel 11: Kenmerken van in 2024 gevangen palingen op vier locaties in het Leopoldkanaal en bijhorende schatting van de populatiegrootte.	70
Tabel 12: Gemiddelde groeisnelheid (GS) verrekend per sector tijdens de acht beschouwde onderzoeksjaren (i.e. hervangsten gerealiseerd in 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023 en/of 2024) in het Leopoldkanaal.	74
Tabel 13: Gemiddelde groeisnelheid (GS) omgerekend per jaar (i.e. hervangsten gerealiseerd in 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023 en/of 2024) voor de vier sectoren samen in het Leopoldkanaal.	74
Tabel 14: Groeisnelheden van 263 individueel gemerkte palingen die werden hervangen tijdens de verschillende onderzoekscampagnes in het Leopoldkanaal; exclusief hervangsten binnen een zelfde jaar (Tagnummer = unieke cijfercode van de PIT-tag, HV = hervangst, GS = Gemiddelde groeisnelheid).	75