Vlaanderen
is wetenschap

Vegetatieonderzoek en verkennend golfslagonderzoek in plasbermen langs de Leie

Andy Van Kerckvoorde, Luc De Geest, Koen Vervaet, Mathieu Pieters, Koen Willems

INSTITUUT
NATUUR- EN BOSONDERZOEK

Auteurs:

Andy Van Kerckvoorde, Luc De Geest, Koen Vervaet, Mathieu Pieters, Koen Willems
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) is het Vlaams onderzoeks- en kenniscentrum voor natuur en het duurzame beheer en gebruik ervan. Het INBO verricht onderzoek en levert kennis aan al wie het beleid voorbereidt, uitvoert of erin geïnteresseerd is.

Vestiging:

INBO Brussel
Kliniekstraat 25, 1070 Brussel
www.inbo.be

e-mail:

andy.vankerckvoorde@inbo.be

Wijze van citeren:

Van Kerckvoorde A., De Geest L., Vervaet K., Pieters M., Willems K. (2017). Vegetatieonderzoek en verkennend golfslag-onderzoek in plasbermen langs de Leie. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (38). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
DOI: doi.org/10.21436/inbor.13502989

D/2017/3241/322**Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (38)**

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Maurice Hoffmann

Foto cover:

Oeververdediging opgebouwd uit één rij houten palen langs de Leie te Zulte

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:

Waterwegen en Zeekanaal NV, afdeling Bovenschelde,
Guldensporenpark 105, 9820 Merelbeke

Waterwegen en Zeekanaal NV
weg van water

Vegetatieonderzoek en verkennend golfslagonderzoek in plasbermen langs de Leie

**Andy Van Kerckvoorde, Luc De Geest, Koen Vervaet, Mathieu Pieters, Koen
Willems**

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (38)
D/2017/3241/322

In opdracht van Waterwegen en Zeekanaal NV,
afdeling Bovenschelde

Samenvatting

In het kader van het project Seine-Schelde zullen veel natuurvriendelijke oevers worden ingericht langs de Leie, namelijk onder de vorm van plas- of drasbermen. Langs de Leie werden reeds plasbermen gerealiseerd met vooroevers opgebouwd uit één rij houten palen, uit houten palen met azobé beschoeiing of uit breukstenen. De doelen van deze studie zijn om de ontwikkeling van de oevervegetatie na te gaan in plasbermen met één houten palenrij als vooroever en om te verkennen indien één houten palenrij de golven van varende schepen demt.

In 2010 en 2016 werden vegetatieopnames verricht ter hoogte van de oeverlijn in plasbermen tussen Deinze en Zulte. In twee plasbermen werd het riet gedetailleerd opgevolgd door de grenslijn van de rietkraag op te meten met een RTK GPS. Om inzicht te krijgen indien één houten palenrij de golven en krachten gegenereerd door de scheepvaart demt werden druk metingen verricht in de waterkolom met druk dataloggers, simultaan aan de riviervrijde en aan de plasbermzijde.

Uit de vegetatiedata van 2016 blijkt dat wanneer een (kruidige) oevervegetatie is ontwikkeld in de plasbermen dit quasi steeds uit alleen maar riet bestaat. De helft van de vegetatieopnames waar tijdens de aanleg rietkluiten werden aangebracht in de plasbermen kennen in 2016 bedekkingen van riet tussen 30 en 97%. Uit GPS-metingen van de grenslijn van de rietkraag (in twee plasbermen waar rietkluiten werden aangebracht) blijkt een uitbreiding van de rietkraag in de periode 2010-2016. In plasbermen waar jong riet werd aangeplant hebben de helft van de opnames bedekkingen van riet tussen 4 en 32% in 2016. In plasbermen waar geen riet werd aangeplant of aangebracht is er zo goed als geen bedekking van riet (of andere oeverplanten). Uit de vegetatiedata blijkt tevens een sterke toename van de bedekking van struiken (voornamelijk door soorten van wilg en iep) in 2016 ten opzichte van 2010. In 2016 heeft de helft van de opnames struikbedekkingen van hoger dan 40%.

Op basis van het verkennend golfonderzoek blijkt dat de golven weinig of helemaal niet worden gedemt door de vooroever. Het ziet er naar uit dat één enkele houten palenrij niet volstaat als bescherming tegen golven gegenereerd door scheepvaart.

Ondanks een sterke (golf)dynamiek in de plasbermen kunnen aangebrachte rietkluiten zorgen voor een snelle vestiging van riet in plasbermen. Bij het aanplanten van jong riet is er hiervoor een minder grote kans. Mogelijk is de dynamiek nog te hoog opdat jong riet goed kan overleven. De hoge dynamiek in de plasbermen kan tevens een oorzaak zijn dat de kieming van oeversoorten niet kan gebeuren en/of dat zaailingen zich niet kunnen ontwikkelen.

De aanbeveling is om een vooroeverconstructie te voorzien die de golfslag voldoende demt. Wanneer bovendien een niet-verstevigde rivieroever met flauw talud kan worden ingericht zijn er grote ecologische kansen voor de ontwikkeling van oevervegetaties in plasbermen.

English abstract

As part of the Seine-Scheldt Project, ecologically sound banks will be constructed along the river Lys. Marginal shallow water zones were already constructed along the river Lys with off-bank revetments consisting of one row of timber piling, azobe planks or riprap. The aims of this study are to investigate the development of bank vegetation in a shallow water zone with an off-bank construction of timber piling and to explore if waves are dampened by one row of timber piles.

In 2010 and 2016 vegetation data were gathered in shallow water zones along the shoreline between Deinze and Zulte. In two shallow water zones reed was monitored by measuring the border line of reed occurrence using a RTK GPS. Pressure measurements in the water column were carried out with pressure data loggers, simultaneous in the river and in the shallow water zone, to investigate if one row of timber piling dampened the waves generated from navigation.

The vegetation data of 2016 show that if herbaceous vegetation is developed this consists almost entirely only of reed. Reed covers in 2016 between 30 and 97% in half of the vegetation recordings from shallow water zones where reed clods were brought in during construction. Further, an enlargement of the reed fringe is observed by RTK-GPS measurements in two shallow water zones where reed clods were brought in. Reed covers between 4 and 32% in half of the vegetation recordings from shallow water zones where young reed were planted during construction. As good as no reed cover was noted in shallow water zones where no reed was planted or brought in during construction. Vegetation recordings show an increase of the shrub cover (mainly with species of willow and elm) in 2016 compared with the data of 2010. In 2016, half of the vegetation recordings has a shrub cover higher than 40%.

The wave research illustrated that waves are little or not damped by the off-bank revetment. One row of timber piling is not enough as protection for waves generated by navigation.

Despite the high (wave) dynamics in the shallow water zones, reed clods ensure a rapid establishment of reed. There is a smaller change for this when young reed is planted. Possibly, the dynamics are still too high for young reed to survive well. The high dynamics in the shallow water zones can also be a cause that the germination of bank species can not happen and / or that seedlings can not survive.

It is recommended to design an off-bank revetment that damps the waves. Moreover, higher ecological opportunities for bank vegetation exist when a gentle unprotected river bank can be created.

Inhoudstafel

Samenvatting	4
English abstract.....	5
Lijst van figuren	7
Lijst van foto's	7
Lijst van tabellen.....	7
1 Inleiding	8
2 Materiaal en methoden	10
2.1 Vegetatieonderzoek	10
2.1.1 Vegetatieopnames	10
2.1.2 Oeversoorten	12
2.1.3 Evolutie van de rietkraag.....	12
2.2 Verkennend golfslagonderzoek.....	13
3 Resultaten.....	15
3.1 Vegetatieopnames	15
3.2 Evolutie van de rietkraag.....	18
3.3 Golfslagonderzoek	20
4 Discussie	21
4.1 Ecologische effecten scheepvaart.....	21
4.2 Mitigatie van effecten door scheepvaart.....	21
4.3 Verkennend golfslagonderzoek.....	21
4.4 Vegetatieontwikkeling	22
4.5 Belang en beheer van rietvegetaties.....	24
4.6 Belang en beheer van struwelen.....	25
4.7 Geplande inrichtingswerken binnen het project Seine-Schelde	26
Referenties	27
Bijlage 1. Ligging van de transecten van vaste proefvlakken tussen Deinze en Zulte.	29
Bijlage 2. Dwarsprofielen van de onderzochte plasbermen met aanduiding indien riet al dan niet werd aangebracht of aangeplant.....	30
Bijlage 3. Grafische voorstelling van de druk metingen op 20, 21 en 22 oktober 2015 door de druk dataloggers (2Hz) in zes plasbermen langs de Leie met simultane metingen aan de rivier- en plasbermzijde.....	31

Lijst van figuren

Figuur 1.	Transect bestaande uit 3 permanente proefvlakken loodrecht op de vooroever. Het merkteken werd ingemeten met een RTK GPS (nauwkeurigheid van enkele cm).....	10
Figuur 2.	Locatie van de 46 transecten met vaste proefvlakken voor vegetatieopnames tussen Deinze en Zulte...	11
Figuur 3.	Ligging van de twee plasbermen waar de rietontwikkeling nauwkeurig werd opgevolgd.....	12
Figuur 4.	Locaties van het verkennend golfslagonderzoek op topografische kaart en op orthofoto.....	13
Figuur 5.	Boxplots van de bedekking (%) van oeversoorten in vegetatieopnames van 2010 en 2016 opgesplitst in locaties waar geen riet is aangebracht, waar jong riet is aangeplant of waar rietkluiten zijn aangebracht.	16
Figuur 6.	Boxplots van het aantal oeversoorten in vegetatieopnames van 2010 en 2016 opgesplitst in locaties waar geen riet is aangebracht, waar jong riet is aangeplant of waar rietkluiten zijn aangebracht.....	17
Figuur 7.	Boxplots van de bedekking (%) van riet in vegetatieopnames van 2010 en 2016 opgesplitst in locaties waar geen riet is aangebracht, waar jong riet is aangeplant of waar rietkluiten zijn aangebracht.....	17
Figuur 8.	Boxplots van de struikbedekking (%) in vegetatieopnames van 2010 en 2016 opgesplitst in locaties waar geen riet is aangebracht, waar jong riet is aangeplant of waar rietkluiten zijn aangebracht.....	18
Figuur 9.	De grenslijn van de rietkraag in 2010, 2011 en 2016 in twee natuurvriendelijke oevers: lovo3 (A) en rovo6 (B).....	19
Figuur 10.	De relatieve drukveranderingen in verschillende plasbermen als gevolg van waterspiegeldalingen door voorbijvarende schepen ten opzichte van de drukverandering in de waterweg.....	20

Lijst van foto's

Foto 1.	Plasberm met een vooroever van houten palenrij (boven), palenrijen met azobé-beschoeiing (midden) en breukstenen (onder).....	9
Foto 2.	De meetopstelling op de houten palenrij voor het verkennend golfslagonderzoek met een druk datalogger gemonteerd aan een drievingerklem.....	14
Foto 3.	Afkalving van de eigenlijke oever achter een vooroever van houten palenrij op de plasbermlocatie 'lovo12'.....	22
Foto 4.	Oeverversteving van stortstenen op de plasbermlocatie 'rovo5'.	22
Foto 5.	Rietvegetatie in de plasberm 'lovo4', waar rietkluiten werden aangebracht in 2008.	23
Foto 6.	Plasberm met een dominantie van wilgen aan de eigenlijke rivieroever.....	24
Foto 7.	Afgesloten bermtraject ter hoogte van een plasberm. Door afwezigheid van beheer treedt natuurlijke successie op van de vegetatie en domineren er struiken.	24

Lijst van tabellen

Tabel 1.	Het aantal transecten en het oevertype (zie bijlage 2) bij de verschillende onderzochte plasbermen tussen Deinze en Zulte.	11
Tabel 2.	Overzicht van de oeversoorten en het aantal opnames waar de oeversoorten werden aangetroffen in de data van 2010 en 2016.	15

1 Inleiding

Het project Seine-Schelde heeft als doel om de binnenvaartverbinding voor container- en duwvaartschepen (gabariet Vb, eenrichtingsverkeer) te ontwikkelen tussen twee van Europa's belangrijkste industriële regio's, namelijk het Seine- en het Scheldebekken. Zowel Vlaanderen, Wallonië en Frankrijk werken aan het project. Het traject Seine-Schelde komt via de Leie België binnen bij Deûlemont en loopt over Waals grondgebied tot in Wervik. Het gaat dan verder via de Leie en het Afleidingskanaal van de Leie tot in het kanaal Gent-Brugge. Van daaruit loopt het traject via het Noordervak van de Ringvaart rond Gent naar de Gentse haven en via het kanaal Gent-Terneuzen tot in de Schelde.

Naast het luik binnenvaart binnen het project Seine-Schelde bestaat er ook een luik rivierherstel Leie tussen Wervik en Deinze. In dit deel van het project staat het herstel van het multi-functionele karakter van de rivier centraal. Het versterken van de ruimtelijke samenhang, het verbeteren van de kwaliteit van het ecologisch systeem en het realiseren of herstellen van de relatie tussen de gekanaliseerde waterweg en de natuurlijke rivier of haar meanders zullen hierbij aan bod komen.

Een concrete maatregel binnen het luik rivierherstel Leie is het voorzien van natuurvriendelijke oevers langs de Leie. Het project-MER geeft aan om natuurvriendelijke oevers te bouwen met een vooroever. Deze vooroever bestaat bij voorkeur uit houten palenrijen of uit houten palen met beschoeiing (Ecorem, 2010). Voor natuurvriendelijke oevers met een vooroever stellen Raman & Vanderhaeghe (2011) voor om 65% drasbermen te voorzien en 35% plasbermen. Bovendien worden lokaal oevers die als broedhabitat voor oeverzwaluw fungeren behouden of ontwikkeld.

Natuurvriendelijke oevers met een vooroever opgebouwd uit houten palenrijen, houten palen met azobé beschoeiing en breukstenen zijn langs de Leie reeds gerealiseerd op verschillende plaatsen (foto 1). Door W&Z werd gevraagd om de eerste reeks vooroevers geconstrueerd in de periode 2008-2010, opgebouwd uit palenrijen en azobé-beschoeiing ecologisch op te volgen en te evalueren. Een aantal resultaten zijn reeds gepubliceerd in Vanderhaeghe et al. (2010) en Raman (2012).

Het doel van dit rapport is om:

- de ontwikkeling van de oevervegetatie aan de rivieroever in plasbermen met een houten palenrij als vooroever na te gaan tussen Deinze en Zulte en
- te verkennen indien een houten palenrij als vooroever de golven van varende schepen demt.

Foto 1. Plasberm met een vooroever van houten palenrij (boven), palenrijen met azobé-beschoeiing (midden) en breukstenen (onder).

2 Materiaal en methoden

2.1 Vegetatieonderzoek

2.1.1 Vegetatieopnames

Om vegetatieveranderingen na te gaan zijn transecten van 3 vaste proefvlakken (permanente kwadraten of PQ's; figuur 1) afgebakend in plasbermen (Raman, 2010; Raman, 2012). Eén proefvlak ligt in het wateroppervlak, één proefvlak langs de oeverlijn en één proefvlak op het talud. De vaste proefvlakken hebben een grootte van 3x1m. Binnen de proefvlakken werd de vegetatie beschreven door vegetatieopnames: een oplijsting van alle plantensoorten binnen het proefvlak samen met een inschatting van de bedekking en aantallen (Schaminée et al., 1995). De bedekking van een soort wordt gevormd door inschatting van het percentage van het opnameoppervlak, dat door de verticale projectie wordt gevuld. Bij de uitvoering van de vegetatieopnames in 2016 is de decimale schaal van Londo (Londo, 1975) aangewend. Bij de opname wordt onderscheid gemaakt in een kruidlaag en een struiklaag (houtige planten van 80 cm tot 6 m).

Figuur 1. Transect bestaande uit 3 permanente proefvlakken loodrecht op de vooroever. Het merktelen werd ingemeten met een RTK GPS (nauwkeurigheid van enkele cm).

Tussen Deinze en Zulte zijn 46 transecten in plasbermen ad random bepaald (figuur 2). De natuurvriendelijke oevers van al deze locaties zijn opgebouwd met een vooroever van één houten palenrij en werden al dan niet met riet aangeplant (tabel 1 en bijlage 2; Raman, 2010; Raman, 2012). De rechthoek (staande met de rug naar de waterloop) van het proefvlak op het talud werd ingemeten met een RTK GPS (nauwkeurigheid van enkele cm).

In 2010 werden vegetatieopnames in de transecten van 3 vaste proefvlakken voor een eerste keer uitgevoerd (Raman, 2012). In augustus 2016 werd de ligging van de proefvlakken tussen Deinze en Zulte terug bepaald via een RTK GPS en zijn opnames verricht enkel ter hoogte van de oeverlijn.

Figuur 2. Locatie van de 46 transecten met vaste proefvlakken voor vegetatieopnames tussen Deinze en Zulte.

Tabel 1. Het aantal transecten en het oevertype (zie bijlage 2) bij de verschillende onderzochte plasbermen tussen Deinze en Zulte.

Plasberm	Aantal transecten	Oevertype
lovo1	1	16d
lovo2	1	13
lovo3	3	16c
lovo4	2	16c
lovo5	3	18
lovo8	2	21
lovo9	1	13
lovo10	2	21
lovo11	2	21
lovo12	4	13
rovo1	3	16d
rovo2	3	13
rovo3	3	16c
rovo4	3	16a
rovo5	3	13
rovo6	4	16b
rovo7	2	16c
rovo8	2	16c
rovo9	2	16c

2.1.2 Oeversorten

De vegetatie langs de oeverlijn in de plasbermen kan worden geëvalueerd door de aanwezigheid en bedekking van soorten die karakteristiek zijn voor een dergelijk milieu. De gewenste soorten worden afgeleid op basis van de soortengroepen van Runhaar et al. (2004) en behoren tot de volgende soortengroepen:

- W17 soorten van watervegetaties in matig voedselrijk water
- W18 soorten van watervegetaties in zeer voedselrijk water
- V17 soorten van verlandingsvegetaties in matig voedselrijk water
- V18 soorten van verlandingsvegetaties in zeer voedselrijk water
- R27 soorten van ruigten op natte matig voedselrijke bodem
- R28 soorten van ruigten op natte zeer voedselrijke bodem
- P27 soorten van pioniervegetaties op natte matig voedselrijke bodem
- P28 soorten van pioniervegetaties op natte zeer voedselrijke bodem

In deze studie worden kruidige soorten van bovenstaande soortengroepen beschouwd als oeversorten. Eénzelfde methodiek voor de beschrijving en beoordeling van oevers werd aangewend in Duijn (1994) en Cuperus & Canters (1992).

2.1.3 Evolutie van de rietkraag

In twee plasbermen werd het aangeplant riet gedetailleerd opgevolgd om inzicht te krijgen indien er een uitbreiding of regressie van de rietkraag optreedt (Raman, 2010). Dit door de grenslijn van de rietkraag op te meten met een RTK GPS (nauwkeurigheid van enkele cm). Op de locatie 'lovo3' werden rietkluizen aangebracht in maart 2008, op de locatie 'rovo6' in april 2008 (Raman & Vanderhaeghe, 2011).

Figuur 3. Ligging van de twee plasbermen waar de rietontwikkeling nauwkeurig werd opgevolgd.

2.2 Verkennend golflagonderzoek

Om inzicht te krijgen indien de aangelegde vooroevers, een houten palenrij, de golven en krachten gegenereerd door de scheepvaart reduceren zijn metingen verricht met druk dataloggers. De aangewende druk dataloggers (in samenwerking met het Waterbouwkundig Laboratorium) waren Cera divers DI701 die 2 metingen verrichten per seconde. Er werden 6 meetlocaties geselecteerd langs de Leie tussen Zultebrug en Olsenebrug (figuur 4). De meetopstelling werd gemonteerd op de houten palenrij zodat, per locatie, de golflagmetingen tegelijkertijd gebeurden in de waterweg en in de plasberm (foto 2). De metingen vonden plaats op 20, 21 en 22 oktober 2015, telkens tussen 8u en 15u.

Een voorbijvarend schip gaat meestal gepaard met een waterspiegeldaling (zie verder in discussie). Een in het water geplaatste druk datalogger zal een lagere druk meten tijdens die waterspiegeldaling. Als maat voor eventuele onderdrukking van golflag door de vooroever analyseerden we de drukdalingen die gepaard gingen met voorbijvarende schepen. De drukdaling werd gekwantificeerd door het verschil te beschouwen met de gemiddelde gemeten druk tijdens die dag. De drukdalingen werden gekwantificeerd aan de zijde van de vaargeul en aan de zijde van de plasberm. De drukdaling aan de zijde van de vaargeul werd beschouwd als 100%, de drukdaling aan de zijde van de plasberm werd in verhouding hiermee verrekend.

Figuur 4. Locaties van het verkennend golflagonderzoek op topografische kaart en op orthofoto.

Foto 2. De meetopstelling op de houten palenrij voor het verkennend golfslagonderzoek met een druk datalogger gemonteerd aan een drievingerklem.

3 Resultaten

3.1 Vegetatieopnames

Er werden 42 vegetatieopnames uitgevoerd in 2016. Op 4 opnamelocaties groeide geen vegetatie langs de oeverlijn door recente afkalvingen of door het aanbrengen van stortstenen (zie foto 3 en foto 4 bij discussie).

Op 40 locaties zijn er vegetatiedata van 2016 en 2010. Bij 26 opnamelocaties werd riet aangebracht of aangeplant in de plasberm in de periode 2008-2010 (de oevertypes 16, 18 en 21; bijlage 2); bij de overige 14 opnamelocaties gebeurde er geen aanplanting (Raman & Vanderhaeghe, 2011).

In 2010 werden meer verschillende (kruidige) oeversoorten aangetroffen in de opnames in vergelijking met 2016. Tevens werden er meer opnames met oeversoorten gevonden in 2010 ten opzicht van 2016 (tabel 2).

Tabel 2. Overzicht van de oeversoorten en het aantal opnames waar de oeversoorten werden aangetroffen in de data van 2010 en 2016.

Oeversoorten aangetroffen in opnames van 2010	Aantal opnames 2010	Oeversoorten aangetroffen in opnames van 2016	Aantal opnames 2016
minstens 1 oeversoort	37	minstens 1 oeversoort	32
haagwinde	17	riet	28
wolfspoot	17	haagwinde	8
riet	13	grote engelwortel	4
fioringras	11	wolfspoot	3
waterpeper	10	grote kattenstaart	2
greppelrus	10	watermunt	2
blaartrekkende boterbloem	9	kleine lisdodde	2
gewone engelwortel	8	zwart tandzaad	1
veenwortel	8	harig wilgenroosje	1
rietgras	7	rietgras	1
zwart tandzaad	6		
moerasandoorn	6		
grote kattenstaart	5		
grote weegbree	5		
veerdelig tandzaad	4		
harig wilgenroosje	4		
moeraszuring	4		
blauw glidkruid	4		
pitrus	3		
gele waterkers	3		
beekpunge	3		
korrelganzenvoet	2		
watermunt	2		
moeraskers	2		
hoge cyperzegge	1		
bruin cypergras	1		
moerasspirea	1		
gevleugeld hertshooi	1		
watermuur	1		
geoord helmkruid	1		
moerasmuur	1		
heelblaadjes	1		

De bedekking van (kruidige) oeversoorten is het hoogst op locaties waar rietkluiten zijn aangebracht. Op deze locaties is tevens een stijging van de bedekking van oeversoorten waarneembaar. In 2010 hadden de helft van de opnames een bedekking tussen 2% en 48%, in 2016 ligt de bedekking van de helft van de opnames tussen 38% en 97% (figuur 5). De helft van de opnames waar jong riet werd aangeplant hebben een bedekking van oeversoorten tussen 6% en 35% in 2016. Ook hier zijn er hogere waarden in vergelijking met 2010. Op locaties waar geen riet werd aangebracht dalen de bedekkingen: de mediaanwaarde veranderde van 11% in 2010 naar 1% in 2016.

Figuur 5. Boxplots van de bedekking (%) van oeversoorten in vegetatieopnames van 2010 en 2016 opgesplitst in locaties waar geen riet is aangebracht, waar jong riet is aangeplant of waar rietkluiten zijn aangebracht.

Het aantal (kruidige) oeversoorten daalt, zowel in de locaties met rietaanplant als in de locaties zonder rietaanplant, de mediaanwaarde evolueert er van 3, 4 of 4,5 voor de opnames van 2010 naar 1 voor de opnames van 2016 (figuur 6).

De bedekking van riet (figuur 7) komt sterk overeen met de bedekking van oeversoorten (figuur 5). De hoogste bedekkingen komen voor wanneer rietkluiten werden aangebracht: de helft van de opnames in 2016 hebben bedekkingen tussen 30% en 97%; in 2010 bezat de helft van deze opnames een rietbedekking tussen 0% en 12%. Op 3 locaties met rietaanplant komt geen riet voor in 2016. Op locaties waar jong riet werd aangeplant hebben de helft van de opnames een bedekking tussen 4% en 32% in 2016; in 2010 werd geen riet waargenomen. Op locaties waar geen riet werd aangebracht is in 2016 geen riet aangetroffen, met uitzondering van 2 opnames (rovo5a en rovo2a); in 2010 werd geen riet gevonden in de opnames met uitzondering van 1 opname (rovo5a).

Figuur 6. Boxplots van het aantal oeversoorten in vegetatieopnames van 2010 en 2016 opgesplitst in locaties waar geen riet is aangebracht, waar jong riet is aangeplant of waar rietkluiten zijn aangebracht.

Figuur 7. Boxplots van de bedekking (%) van riet in vegetatieopnames van 2010 en 2016 opgesplitst in locaties waar geen riet is aangebracht, waar jong riet is aangeplant of waar rietkluiten zijn aangebracht.

De bedekking van struiken is hoger in de opnames van 2016 in vergelijking met 2010 (figuur 8). In 2010 werden enkel hoge bedekkingen gevonden bij 2 opnames, voor de overige opnames waren er geen of lage (<1%) struikbedekkingen. In 2016 heeft de helft van de opnames struikbedekkingen van hoger dan 40%. De belangrijkste soort zijn wilgen, iep en zwarte els.

Figuur 8. Boxplots van de struikbedekking (%) in vegetatieopnames van 2010 en 2016 opgesplitst in locaties waar geen riet is aangebracht, waar jong riet is aangeplant of waar rietkluiten zijn aangebracht.

3.2 Evolutie van de rietkraag

In lovo3 is de rietkraag meestal iets breder geworden in 2016 ten opzichte van de vroegere metingen van 2010 en 2011 (figuur 9A). Opmerkelijk is echter dat er in 2016 een onderbreking in de rietkraag werd vastgesteld terwijl dit niet het geval was in 2011.

De rietkraag in rovo6 kent over het algemeen een grotere breedte in 2016 ten opzichte van de vorige metingen in 2010 en 2011 (figuur 9B). De rietkraag bedekt er in 2016 dikwijls de helft van de breedte van de plasberm.

Figuur 9. De grenslijn van de rietkraag in 2010, 2011 en 2016 in twee natuurvriendelijke oevers: lovo3 (A) en rovo6 (B).

3.3 Golfslagonderzoek

De grafische voorstelling van de druk metingen op zes locaties langs de Leie zijn weergegeven in bijlage I. De drukdaling als gevolg van een voorbijvarend schip aan de zijde van de waterweg werd beschouwd als 100%, de drukdaling aan de zijde van de plasberm werd in verhouding hiermee verrekend en is weergegeven in figuur 10.

Figuur 10. De relatieve drukveranderingen in verschillende plasbermen als gevolg van waterspiegeldalingen door voorbijvarende schepen ten opzichte van de drukverandering in de waterweg.

Het verschil in drukdaling aan de zijde van de plasberm ten opzichte van de zijde van de waterweg is beperkt. De mediaanwaarden liggen voor alle locaties hoog met waarden boven 85%. De laagste mediaanwaarde worden vastgesteld bij de plasbermlocaties rovo4 (86%), rovo6 (87%) en lovo8 (89%). Bij rovo4 wordt een grote spreiding van de data vastgesteld (interkwartielwaarde van 27%). Rovo6 kent een geringe spreiding van de data (interkwartielwaarde van 9%). De site rovo9 kent de hoogste mediaanwaarde (105%).

Golven worden dus slechts gering of zelfs niet gedemt op de onderzochte vooroevers. De grootste onderdrukking wordt waargenomen bij de site rovo6, de geringste bij rovo9.

4 Discussie

4.1 Ecologische effecten scheepvaart

Waterwegen worden geoptimaliseerd om scheepvaart toe te laten. Belangrijke ingrepen omvatten het kanaliseren van de waterweg, het aanbrengen van oeververstevigingen, waterpeilbeheersing, regelmatig baggeren en het bouwen en exploiteren van sluizen en stuwen in de waterweg. Hierdoor zijn geschikte biotopen voor biota beperkt aanwezig en kan vrije migratie worden belemmerd.

Tevens zorgen scheepvaartactiviteiten op zich voor negatieve ecologische effecten, voornamelijk als gevolg van de golven en stromingen die worden gegenereerd door varende schepen. Scheepvaartgolven ontstaan door de waterverplaatsing van schepen en de daarmee gepaard gaande drukverschillen. Scheepvaartgolven worden gekenmerkt door een primaire waterbeweging, met een boeggolf voor het schip uit, een waterspiegeldaling naast het schip en een hekgolf achter het schip, als beëindiging van de waterspiegeldaling (CUR, 1999; Coops, 1999). Daarnaast treden secundaire golven op, bestaand uit golven die in langsrichting van het schip lopen (transversale golven) en golven die van het schip wegbuigen (divergerende golven). Langs de Leie zorgt het primaire golfsysteem door de beroepsscheepvaart voor de omvangrijkste golven (De Roo & Troch, 2010).

De hoogte van en het type golven die door langsvarende schepen worden opgewekt zijn afhankelijk van het scheepstype, de afmetingen van het schip in verhouding tot de afmetingen van het profiel van de vaarweg, de vaarsnelheid en de afstand tussen het schip en de oever (CUR, 1999; Coops, 1999; Liedermann et al., 2014).

Negatieve effecten op biota als gevolg van scheepvaart omvatten: de fysieke beschadiging van planten (Coops, 1999; Vermaat & de Bruyne, 1993) en dieren (Kucera-Hirzinger et al., 2009), ontworteling van planten (als gevolg van oevererosie; Murphy et al., 1995), het hinderen van fotosynthese (door hoge turbiditeit; Murphy et al., 1995), een verhoogde energie inspanning om in geschikt habitat te blijven of er terug te keren, een lagere foerageerefficiëntie en een lagere groei (omwille van een hoge turbiditeit; Kucera-Hirzinger et al., 2009).

4.2 Mitigatie van effecten door scheepvaart

Om negatieve ecologische effecten van scheepvaart te mitigeren kan het aandeel van natuurtechnische, natuurvriendelijke of natuurlijke oevers worden verhoogd. Een natuurtechnische oever is een oever met een niet-biodegradeerbare en dus permanente versteviging, die toch nog de vestiging en instandhouding van oevervegetatie mogelijk maakt. Bij een natuurvriendelijke oever wordt bij aanleg een versteviging met levende of biodegradeerbare materialen aangebracht, in afwachting tot de oevervegetatie (aangeplant of spontaan ontwikkeld) de verstevigende functie van de constructie overneemt. Bij een natuurlijke oevers is geen technische versteviging of verdediging geplaatst (Ruijgrok et al., 2011). Overige mitigerende maatregelen voor negatieve ecologische effecten gegenereerd door scheepvaart zijn de aansluiting van de waterweg met meanders, afgesloten armen, nevengeulen of andere waterpartijen (Wilby & Eaton, 1996) en het toelaten van vrije migratie (bv. via faunautstapplaatsen, vistrappen of een vrije connectie met toevoerrivieren; Claus & Janssens, 1994).

Langs de Leie zijn er op verschillende locaties natuurvriendelijke oevers aangelegd. Steeds betreft het een verdediging voor de eigenlijke oever (vooroever) van houten palenrij, azobé of stortstenen waarbij de eigenlijke rivieroever geen versteviging kent (de historisch aangewende betonplaten werden weggehaald). Het idee is dat de vooroever de hydraulische krachten afkomstig van varende schepen opvangt zodat een luwe zone ontstaat in de plasberm, dus tussen de vooroever en de eigenlijke oever, waardoor zich geschikte condities voordoen voor biota (Söhngen et al., 2008).

4.3 Verkennend golflagonderzoek

In de huidige studie zijn plasbermen onderzocht waarbij de vooroever is opgebouwd met 1 rij houten palen. Op basis van het verkennend golflagonderzoek blijkt dat de golven miniem of helemaal niet worden gedemd door de vooroever. Eén enkele palenrij volstaat blijkbaar niet als bescherming tegen golven van scheepvaart. Ook het golflagonderzoek langs de Leie van De Roo & Troch (2013 en 2015) komt tot dezelfde vaststellingen. Als gevolg is er nog een sterke dynamiek in de plasberm en treedt erosie van de eigenlijke oever op (foto 3; Vanderhaeghe et al., 2010) zodat oeververstevigingen dienen te worden aangebracht (foto 4).

Foto 3. Afkalving van de eigenlijke oever achter een vooroever van houten palenrij op de plasbermlocatie 'lovo12'.

Foto 4. Oeverversteving van stortstenen op de plasbermlocatie 'rovo5'.

4.4 Vegetatieontwikkeling

Uit het vegetatieonderzoek blijkt dat het aanbrengen van rietkluiten in de plasberm over het algemeen aanslaat. De helft van de vegetatieopnames waar rietkluiten werden aangebracht kennen immers in 2016 bedekkingen van riet tussen 30% en 97% (foto 5). Ook uit het gedetailleerd opvolgen van de grenslijn van de rietkraag (op twee locaties waar rietkluiten werden aangebracht) blijkt een uitbreiding van de rietkraag. Op locaties waar jong riet werd aangeplant hebben de helft van de opnames bedekkingen van riet tussen 4% en 32% in 2016. Op locaties waar geen riet werd aangeplant of aangebracht is er zo goed als geen bedekking van riet (of andere oeverplanten). Wanneer een oevervegetatie is ontwikkeld in de opnames van 2016 blijkt dit quasi steeds te bestaan uit alleen maar riet.

De eigenlijke rivieroeveren achter een houten palenrij kennen eenzelfde dwarsprofiel: de betonplaten werden er weggehaald en de oevers kennen flauwe hellingen nabij de waterlijn (bijlage 2). Tevens valt te verwachten dat de plasbermen overal een vergelijkbare dynamiek kennen doordat golven van scheepvaart slechts beperkt worden gedempt door de houten palenrij. Toch worden verschillen in rietbedekking gevonden op locaties waar riet werd aangeplant of aangebracht in vergelijking met locaties waar geen riet is aangebracht. Mogelijke verklaringen hiervoor kunnen zijn:

- het aanbod van zaden of propagulen is te beperkt waardoor oeversoorten niet in de plasberm geraken. Echter, er zijn voorbeelden van snelle spontane oeverkolonisatie door oeverplanten langs waterlopen (Van Kerckvoorde et al., 2013; Gurnell et al., 2006). Zaden of propagulen van oeverplanten kunnen zich immers gemakkelijk verspreiden via water (hydrochorie).
- de kieming van oeversoorten kan niet gebeuren en/of de zaailingen kunnen zich niet ontwikkelen. De sterke dynamiek die nog heerst in de plasbermen kan hiervoor de oorzaak zijn.

Plasbermen waar jong riet werd aangeplant kennen een geringere bedekking van riet dan locaties met aangebrachte rietkluitten. Mogelijk zijn er moeilijkheden van het jonge riet om te overleven door de hoge dynamiek in de plasbermen (CUR, 1999).

Foto 5. Rietvegetatie in de plasberm 'Iovo4', waar rietkluitten werden aangebracht in 2008.

Uit de vegetatieopnames blijkt een sterke toename van struiken (vooral wilg en iep) in de verschillende plasbermen (foto 6). De locaties waar vooroevers zijn geplaatst waren/zijn over het algemeen probleemsites met afschuivende betonelementen (de historische oeverversteving langs de Leie) en sterke oevererosie. Omwille van de veiligheid worden deze locaties afgesloten (foto 7). Deze afgesloten trajecten kennen geen enkele vorm van beheer waardoor natuurlijke successie van de vegetatie kan optreden met struikvorming als gevolg.

In 2010 werden meer verschillende (kruidige) oeversoorten aangetroffen in de opnames in vergelijking met 2016 en ook het aantal opnames met oeversoorten was hoger in 2010 ten opzicht van 2016 (tabel 2). Enerzijds kan dit een gevolg zijn van de uitbreiding van riet waardoor andere oeversoorten worden verdrongen. Ook een hogere bedekking door struiken kan de (kruidige) oevervegetatie belemmeren door de competitie naar licht.

Foto 6. Plasberm met een dominantie van wilgen aan de eigenlijke rivieroever.

Foto 7. Afgesloten bermtraject ter hoogte van een plasberm. Door afwezigheid van beheer treedt natuurlijke successie op van de vegetatie en domineren er struiken.

4.5 Belang en beheer van rietvegetaties

Het aanbrengen van riet kan dus helpen om een rietkraag te laten ontwikkelen in de plasberm, ook in milieus met een aanzienlijke golfdynamiek. Een rietkraag is een ecologisch streefbeeld voor plas- of drasbermen langs de Leie, zoals aangegeven in de natuurdoelstelling voor de oevers (Raman & Vanderhaeghe, 2011). Wegens de zeldzaamheid in Vlaanderen en het ecologisch belang zijn rietvegetaties een regionaal belangrijk biotoop met een juridische bescherming namelijk een verbod van vegetatiewijziging (aangegeven in het Natuurdecreet van 21 oktober 1997 en het uitvoeringsbesluit van 3 juli 2009).

Rietvegetaties hebben een belangrijke ecologische waarde en worden dan ook zoveel mogelijk behouden of verder ontwikkeld. Zo heeft riet een groot faunistisch belang. Overjarig riet in het voorjaar is noodzakelijk voor de meeste broedvogels van rietlanden zoals kleine karekiet, rietgors, rietzanger en bruine kiekendief. Tevens bieden rietstengels een foerageer-, schuil- en overwinteringsplaats voor allerlei fauna. Vegetatierijke oeverzones zijn belangrijk als foerageer- of paaigebied voor allerlei vissoorten (Mouton et al., 2012; Vermeersch et al., 2015).

Een rietvegetatie kan de oever in belangrijke mate beschermen, via het wortelstelsel, dat de grond vasthoudt (vergroting van de sterkte) en via de bovengrondse delen, die de golven en stroming dempen (vermindering van de belasting; CUR, 1999). Het belang van riet om golfwerking verder te verminderen wordt tevens aangegeven in het golfonderzoek op de Leie door De Roo & Troch (2015). Riet heeft in vergelijking met andere oeverplanten sterke beschermende eigenschappen omwille van:

- de structuur van de rietstengels. Een rietstengel is te beschouwen als een holle cilinder, bij uitstek een sterke constructie die goed tegen externe krachten kan. Zo'n constructie kan als reactie op een kracht een heel eind doorbuigen tot het moment van breken van de stengel (Coops, 1999).
- een relatief dicht en diep wortelstelsel;
- de stengelskeletten die in de winter blijven. Hierdoor blijft er ook in de winter een dempende werking bestaan. De stengels van de meeste andere oeverplanten daarentegen breken aan het eind van het groeiseizoen af en spoelen weg.

Zonder een of ander beheervorm treedt verruiging (met bv. grote brandnetel, braam, kleeftkruid of haagwinde) en verbossing van rietvegetaties op (Vandenbussche et al. 2002). Het is wenselijk om rietvegetaties te maaien volgens een rotatiesysteem zodat steeds een deel overjarig riet aanwezig is (Claus & Janssens, 1994). Een periodiek maaibeheer om de 3 jaar is aangewezen zoals gesteld in Claus & Janssens (1994) en ter Heerdt (2010). Het maaibeheer dient te gebeuren in de winterperiode (tussen november tot en met februari). De maaimachines moeten de vegetatie zuiver afsnijden, bijvoorbeeld door gebruik te maken van een maaibalk of -korf (Claus & Janssens, 1994). Het maaisel dient te worden weggehaald om voedselaanrijking tegen te gaan. Om slib en strooisel tussen de rietstoppels te verwijderen kan riet worden uitgekrabd na het maaien (conform de code van goede natuurpraktijk voor waterlopen goedgekeurd door de Vlaamse Regering op 10 juli 2015).

4.6 Belang en beheer van struwelen

Door afwezigheid van een of andere beheervorm ter hoogte van verschillende plasbermen treedt natuurlijke successie op van de vegetatie zodat vooral wilgen en iepen hoge bedekkingen bereiken aan de rivierzijde. Een wilgenstruweel is een natuurdoelstelling voor drasbermen langs de Leie, zoals aangegeven door Raman & Vanderhaeghe (2011). Wilgenstruwelen zijn op Vlaams niveau een regionaal belangrijk biotoop en genieten omwille van zeldzaamheid een bescherming, onder meer via de regelgeving rond het verbod op of de vergunningsplicht.

Struwelen hebben een ecologisch belang als nest-, foerageer- en schuilgelegenheid, zijn gunstig voor insectenpopulaties en vormen een landschappelijke meerwaarde. Net zoals bij een rietvegetatie zorgt een wilgenbegroeiing aan de oever voor een hogere weerstand tegen erosie en afschuiving (via de wortels) en voor een reductie van golfhoogten en stroomsnelheden (via de stammen; CUR, 1999).

Qua onderhoud van de struwelen kan het kapbeheer worden voorgesteld zoals uitgewerkt in recente bermbeheerplannen langs de Dender (Landmax, 2015) of de Bovenschelde (Landmax, 2014). In deze beheerplannen wordt een kapbeheer voor struweel aan de waterzijde gehanteerd met een omlooptijd van 6 jaar en wordt gewerkt in trajecten van 500m. Wanneer struwelen worden afgezet zijn volgende maatregelen aangewezen:

- Het afzetten van de struwelen gebeurt preferentieel vanaf november tot en met februari.
- Het hakhout wordt afgezet minimaal 10cm en maximaal 20cm boven het maaiveld.
- Indien al een knot gevormd is, dan worden de takken best op zo'n 5cm boven de knot verwijderd. Dit om de kans voor het uitlopen vanuit slapende knoppen te verhogen.
- Het afzetten van de struwelen wordt zodanig uitgevoerd dat een glad en egaal wondvlak ontstaat. Pneumatische knipscharen zorgen voor een aanzienlijke beschadiging waardoor kans op inrotting bestaat. Het is dan ook wenselijk om de definitieve snede te maken met een zaag.
- Het kaphout dient te worden verwijderd en afgevoerd, ook indien het hout al dan niet verhakseld wordt. Het hakselhout laten liggen veroorzaakt voedselaanrijking en verruiging van de vegetatie.

- Bodemverdichting en -verstoring dienen te worden voorkomen. Het kapot rijden van bermen en taluds is niet toegestaan.
- Behandeling van de struwelen met bestrijdingsmiddelen is niet wenselijk.
- Bemesting van de struwelen is niet wenselijk.

4.7 Geplande inrichtingswerken binnen het project Seine-Schelde

In functie van het luik rivierherstel binnen het project Seine-Schelde wordt voorgesteld om maximaal natuurvriendelijke oevers aan te leggen met een damwand als vooroever. In het groenbeheerplan van de Leie wordt 70% drasbermen en 30% plasbermen voorgesteld. Om de 200m zouden fauna-uitstapplaatsen worden ingericht in de vooroever. De eigenlijke rivieroever zou achter de vooroever niet worden versterkt en een flauwe helling (12/4) kennen. Waar er te weinig ruimte beschikbaar is, zal een natuurtechnische oever aangelegd worden (Arcadis, in voorbereiding).

Het voorgesteld ontwerp van natuurvriendelijke oevers biedt kansen voor ecologisch waardevolle oevers. Damwanden zullen wellicht efficiënter de golfsag dempen in vergelijking met één rij houten palen. Als gevolg zullen de plasbermen weinig of geen golfdynamiek kennen. Ook de flauwe hellende en onversterkte taluds van de rivieroever zullen belangrijke ecologische kansen bieden. Er zullen immers geleidelijke overgangen ontstaan tussen droge condities op de kruin en natte condities aan de waterlijn. Verschillende oeversoorten vereisen andere bodemcondities voor de kieming en voor de ontwikkeling van zaailingen. Zo kunnen bv. grote en kleine lisdodde zich vestigen onder de waterlijn terwijl bv. riet en gele lis een droogvallende oever nodig hebben (Coops & Van Der Velde, 1995). Een flauw hellend talud zorgt dat dergelijke variatie in vochtcondities kan ontstaan waardoor kansen zijn voor verschillende oeversoorten.

Aangezien rietkluizen zelfs kunnen aanslaan in plasbermen met golfdynamiek (resultaten van deze studie), zullen aangebrachte rietkluizen in plasbermen achter damwanden (en dus met weinig golfdynamiek) zorgen voor een snelle vestiging van een rietvegetatie. Het valt te verwachten dat ook een aanplanting van jong riet zal aanslaan in plasbermen met weinig golfdynamiek. In het voorgesteld groenbeheerplan van de Leie wordt voor het merendeel van de plas- en drasbermen een spontane ontwikkeling van de vegetatie voorgesteld (Arcadis, in voorbereiding). Een snelle spontane kolonisatie door oevervegetatie in plasbermen is realistisch aangezien veel oeversoorten algemeen voorkomen in Vlaanderen en zaden of propagulen hebben die zich gemakkelijk verspreiden via water.

Het is van belang om voldoende wateruitwisseling tussen de plasberm en de eigenlijke waterweg te hebben om de waterkwaliteit in de plasberm te handhaven. Wateruitwisseling kan door openingen in de vooroever te voorzien. Er dient een evenwicht te worden gevonden: te veel openingen kan aanleiding geven tot te veel dynamiek (golferking, waterspiegelverandering); te weinig openingen kunnen zorgen voor sedimentatie en een slechte waterkwaliteit in de plasberm (Van Kerckvoorde & DeGeest, 2014; CUR, 1999; Sukhodolova et al., 2017). Een inrichting waarbij de openingen kunnen aangepast worden in de tijd naargelang de evolutie van de plasberm (zoals de vegetatieontwikkeling of de waterkwaliteit) zou ideaal zijn.

Bij een natuurtechnische oever kan het aanwenden van materialen met veel interstitiële ruimtes ecologische kansen bieden voor planten (Van Kerckvoorde & DeGeest, 2014) en fauna (vis: Vermeersch et al., 2015). Voorbeelden van dergelijke materialen zijn stortstenen of schanskorven (opgevuld met een grof kaliber van stenen).

Referenties

- Arcadis (in voorbereiding). Groenbeheerplan Leie.
- Claus K. & Janssens L. (1994). Vademecum Natuurtechniek. Inrichting en beheer van waterlopen. AMINAL, Werkgroep Natuurtechnische Milieubouw, D/194/3241/11.
- Coops H. (1999). Oeverbescherming door Riet. *De Levende Natuur* 100: 46–49.
- Coops H. & Van Der Velde G. (1995). Seed dispersal, germination and seedling growth of six helophyte species in relation to water-level zonation. *Freshwater Biology* 34: 13–20.
- Cuperus, R. & Canters, K.J. 1992. Met oevers meer natuur: op zoek naar referentiebeelden en maatregelen voor aanleg, inrichting en beheer van natuurvriendelijke oevers. Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit, Leiden.
- CUR (1999). Natuurvriendelijke oevers: belasting en sterkte. Civieltechnisch centrum uitvoering research en regelgeving, publicatie 201, Gouda.
- De Roo S. & Troch P. (2010). Analysis of ship-wave loading on alternative bank protection of a non-tidal waterway – first results. *Proceedings of the first European IAHR Congress*.
- De Roo S. & Troch P. (2013). Field monitoring of ship wave action on environmentally friendly bank protection in a confined waterway. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering* 139: 527–534.
- De Roo S. & Troch P. (2015). Evaluation of the effectiveness of a living shoreline in a confined, non-tidal waterway subject to heavy shipping traffic. *River Research and Applications* 31: 1028–1039.
- Duijn P. (1994). Meten van oevervegetaties. Een onderzoek naar het meten van oevervegetaties langs smalle oevers van rijkswateren ten behoeve van het evalueren van natuurvriendelijke oevers. *Dienst Weg- en Waterkunde, W-DWW-93-728*.
- Ecorem. 2010. Project-MER: Verdieping en lokale verbredingen van de Leie, de Grensleie en het Afleidingskanaal. Ecorem, Aartselaar.
- Gurnell A.M., Boitsidis A.J., Thompson K. and Clifford N.J. (2006). Seed bank, seed dispersal and vegetation cover: colonization along a newly-created river channel. *Journal of Vegetation Science* 17: 665–674.
- Kucera-Hirzinger V., Schludermann E., Zornig H. Weissenbacher A., Schabuss M. & Schiemer F. (2009). Potential effects of navigation-induced wave wash on the early life history stages of riverine fish. *Aquatic Sciences* 71: 94–102.
- Landmax (2014). Actualisatie bermbeheerplan en opstellen bomenplan Boven-Schelde. Herentals.
- Landmax (2016). Bermbeheer- en bomenplan voor de Dender. Herentals.
- Liedermann M., Tritthart M., Gmeiner P., Hinterleitner M., Schludermann E., Keckeis H. & Habersack H. (2014). Typification of vessel-induced waves and their interaction with different bank types, including management implications for river restoration projects. *Hydrobiologia* 729: 17–31.
- Londo G. (1975). De decimale schaal voor vegetatiekundige opnamen van permanenten kwadraten. *Gorteria* 7: 101–106.
- Mouton A., Buysse D., Stevens M., Van den Neucker T. & Coeck J. (2012). Evaluation of riparian habitat restoration in a lowland river. *River Research and Applications* 28: 845–857.
- Murphy K., Willby N.J. & Eaton J.W. (1995). Ecological impacts and management of boat traffic on navigable inland waterways. In: Harper D.M. & Ferguson A.J.D. (red.). *The Ecological Basis for River Management*, John Wiley & Sons, Chichester, 427–442.

- Raman M. (2010). Monitoring rivierherstel Leie. Ecologische opvolging van natuurontwikkelingsmaatregelen genomen in kader van Rivierherstel Leie. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.R. 2010.53.
- Raman M. (2012). Plantendiversiteit in verschillende vooroevertypes in de Leie. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.R. 2012.08.
- Raman M. & Vanderhaeghe F. (2011). Natuurdoelstellingen voor de oevers van de Leie. Richtinggevend plan voor oeverinrichting langs de Leie. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.R.2011.51
- Ruijgrok E., Bogaert S., Lambert S. & Abma R. (2011). De kosten en baten van NTMB- oevers langs bevaarbare waterlopen in Vlaanderen. Studie in opdracht van LNE, Afdeling milieu-, natuur- en energiebeleid. THV Witteveen & Bos – Arcadis Belgium.
- Runhaar J., Van Landuyt W., Groen C.L.G., Weeda E.J. & Verloove F. (2004). Herziening van de indeling in ecologische soortengroepen voor Nederland en Vlaanderen. *Gorteria* 30: 12–20.
- Schaminée J.H.J., Stortelder A.H.F. & Westhoff V. (1995). De vegetatie van Nederland. Deel 1. Inleiding tot de plantensociologie – grondslagen, methoden en toepassingen. Opulus Press, Uppsala/Leiden.
- Sukhodolova T., Weber A., Zhang J. & Wolter C. (2017). Effects of macrophyte development on the oxygen metabolism of an urban river rehabilitation structure. *Science of The Total Environment* 574: 1125–1130.
- ter Heerdt G. (2010). Natuurvriendelijk onderhoud en ecologische kwaliteit. Literatuuronderzoek naar de ideale frequentie van schonen en onderbouwing van het nut van het afvoeren van maaisel. Waternet, Afdeling Onderzoek en Advies. Rapportnummer 10.012104.
- Vanderhaeghe F., Raman M., Van Ryckegem G. & Vermeersch S. (2010). Natuurvriendelijke oeversverdedigingen langs de Leie. Voortgangsrapport 2010. Intern Rapport van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.IR.2010.34.
- Vandenbussche V., t'Jollyn F., Zwaenepoel A., Vanhecke L. & Hoffmann M. (2002). Systematiek van natuurtypen voor de biotopen heide, moeras, duin, slik en schor. Deel 3: moeras. Verslag van het Instituut voor Natuurbehoud 14.
- Van Kerckvoorde A. & De Geest L. (2014). Ecologische opvolging van bermen en natuurvriendelijke oevers langs het Kanaal Gent-Brugge. Resultaten vegetatieopnames 3^{de} ronde en beheervoorstellen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.R.2015.7255805.
- Van Kerckvoorde A., Verschelde P., Vanderhaeghe F., Raman M., Vermeersch S. (2013). Constructed marginal shallow water zones along a navigable canal: possibilities and constraints for helophyte and aquatic vegetation. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 49: 51–63.
- Vermeersch S., Van Kerckvoorde A., Baeyens R., De Geest L., De Marteleire N., Gelaude E., Mouton A., Pieters M., Pieters S., Robberechts K., & Willems K. (2015). Ecologische opvolging van de NTMB-oevers van het Kanaal Brussel-Schelde, Kanaal Charleroi-Brussel en Kanaal Leuven-Dijle. Intern Rapport van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.
- Vermaat J.E. & De Bruyne R.J. (1993). Factors limiting the distribution of submerged waterplants in the lowland River Vecht (The Netherlands). *Freshwater Biology* 30: 147–157.
- Willby N.J. & Eaton J.W. (1996). Backwater habitats and their role in nature conservation on navigable waterways. *Hydrobiologia*, 340, 333–338.

Bijlage 1. Ligging van de transecten van vaste proefvlakken tussen Deinze en Zulte.

Transect	Lambert72_X	Lambert72_Y
lovo1a	89487	185700
lovo2a	88376	184962
lovo3a	88241	184865
lovo3b	88170	184814
lovo3c	88139	184803
lovo4a	87871	184590
lovo4b	87844	184564
lovo5a	87554	184316
lovo5b	87551	184315
lovo5c	87520	184286
lovo8a	85388	181659
lovo8b	85385	181656
lovo9a	84822	180787
lovo10a	84369	180090
lovo10b	84328	180018
lovo11a	84254	179904
lovo11b	84230	179863
lovo12a	83900	179418
lovo12b	83890	179408
lovo12c	83883	179399
lovo12d	83889	179402
rovo1a	89659	185718
rovo1b	89657	185715
rovo1c	89619	185702
rovo2a	88705	185090
rovo2b	88695	185082
rovo2c	88675	185074
rovo3a	87384	184075
rovo3b	87378	184069
rovo3c	87356	184045
rovo4a	86215	182888
rovo4b	86190	182866
rovo4c	86165	182811
rovo5a	86092	182696
rovo5b	86074	182665
rovo5c	86078	182665
rovo6a	85477	181667
rovo6b	85440	181606
rovo6c	85424	181567
rovo6d	85401	181545
rovo7a	85156	181151
rovo7b	85142	181137
rovo8a	85072	181018
rovo8b	85043	180966
rovo9a	84969	180861
rovo9b	84973	180869

Bijlage 2. Dwarsprofielen van de onderzochte plasbermen met aanduiding indien riet al dan niet werd aangebracht of aangeplant.

Bijlage 3. Grafische voorstelling van de druk metingen op 20, 21 en 22 oktober 2015 door de druk dataloggers (2Hz) in zes plasbermen langs de Leie met simultane metingen aan de rivier- en plasbermzijde.

lovo8, 20 oktober 2015

Iovo 8, 21 oktober 2015

lovo 8, 22 oktober 2015

lovo9, 20 oktober 2015

lovo9, 21 oktober 2015

lovo9, 22 oktober 2015

rovo4, 20 oktober 2015

rovo4, 21 oktober 2015

rovo4, 22 oktober 2015

rovo6, 20 oktober 2015

rovo6, 21 oktober 2015

rovo6, 22 oktober 2015

rovo8, 20 oktober 2015

rovo8, 21 oktober 2015

rovo8, 22 oktober 2015

rovo9, 20 oktober 2015

rovo9, 21 oktober 2015

rovo9, 22 oktober 2015