

Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV

Postbus 68
1970 AB IJmuiden
Tel.: 0255 564646
Fax.: 0255 564644
Internet: postkamer@rivo.dlo.nl

Postbus 77
4400 AB Yerseke
Tel.: 0113 572781
Fax.: 0113 573477

Rapport

Nummer: C039/05

Veranderingen in de omvang van het leefgebied van aal (*Anguilla anguilla*) in Nederland in de 20^e eeuw

LNV bestek 5 c
3.4 Verminderde glasaalintrek- onderdeel D

drs. N.S.H. Tien en dr. W. Dekker

Opdrachtgever: Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselveiligheid
Postbus 20401
2500 EK 's-Gravenhage

Project nummer: 3271240004

Contract nummer: ond/2002-1/5C/01

Akkoord: drs. E. Jagtman
Hoofd Onderzoeksorganisatie

Handtekening: _____

Datum: 21 juli 2005

Aantal exemplaren:	10
Aantal pagina's:	34
Aantal tabellen:	3
Aantal figuren:	4
Aantal bijlagen:	4

In verband met de
verzelfstandiging van de
Stichting DLO, waartoe tevens
RIVO behoort, maken wij sinds 1
juni 1999 geen deel meer uit van
het Ministerie van Landbouw,
Natuurbeheer en Visserij. Wij zijn
geregistreerd in het
Handelsregister Amsterdam
nr. 34135929
BTW nr. NL 808932184B09.

De Directie van het RIVO is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van het RIVO; opdrachtgever vrijwaart het RIVO van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets van dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Inhoudsopgave:

Inhoudsopgave:.....	2
Samenvatting.....	3
1. Inleiding.....	4
2. Materiaal en Methode	6
Sloten	6
Rijn en Maas.....	10
Grote meren.....	10
Overige wateren	11
3. Resultaten	12
Sloten	12
Rijn en Maas.....	14
Grote meren.....	14
Overige wateren	15
4. Discussie.....	16
Oeverlengte.....	16
Oppervlakte.....	17
Verder onderzoek	18
5. Conclusie.....	21
6. Literatuurlijst.....	22
7. Bijlagen	22

Samenvatting

In Nederland is het leefgebied van aal aan veel veranderingen onderhevig geweest. In deze rapportage wordt onderzocht wat de veranderingen in de omvang van het leefgebied zijn. Zowel het aantal oevers als de hoeveelheid wateroppervlakte in de 20^e eeuw zijn gekwantificeerd. Hierbij is gebruik gemaakt van verschillende informatiebronnen en indien geen informatie aanwezig was, is de omvang handmatig gemeten op een steekproef van historische en moderne stafkaarten van Nederland. De hoeveelheid oeverlengte is in de 20^e eeuw afgenomen met ongeveer 60%. De meeste oever verdween tijdens de verwijdering van sloten in de jaren vijftig en zestig tijdens de ruilverkavelingen. Deze afname vond plaats vlak voor de afname in aalstand eind jaren zestig. In de jaren dertig nam de hoeveelheid wateroppervlak toe met ongeveer een factor 2.75 door de aanleg van het IJsselmeer. Dit werd gevolgd door kleine af- en toenames leidend tot de huidige hoeveelheid, ongeveer een verdubbeling van het oppervlakte begin 20^e eeuw. De aal is op grote schaal gebruik gaan maken van het IJsselmeer, waar vervolgens een intensieve aalvisserij ontstond door de goede bereikbaarheid van de vis. De toename in wateroppervlak heeft in combinatie met de verhoogde visserijdruk geleid tot een sterk verhoogde sterfte onder aal. Zowel veranderingen in de hoeveelheid wateroppervlak als oeverlengte kunnen dus een rol hebben gespeeld in de afname van de aalstand.

1. Inleiding

Gedurende de 20^e eeuw is de aalstand sterk verminderd in Nederland en elders in Europa. De aanlanding is sinds de jaren zestig met 90% afgenomen (Dekker 2003a). Potentiële redenen voor deze achteruitgang worden al enige tijd onderzocht (Dekker 2003a, 2003, 2003c). Zo is bijvoorbeeld de bereikbaarheid van het binnenwater in Nederland verminderd en zijn het klimaat en de waterkwaliteit aan veranderingen onderhevig. Aal is ook een geliefde vissoort onder consumenten en de visserijdruk op rode aal is mogelijk verhoogd.

In deze rapportage wordt bekeken in welke mate de omvang van de Nederlandse leefgebieden van aal veranderd is. Gedurende de 20^e eeuw zijn grote veranderingen opgetreden in het zoetwateroppervlak met mogelijke gevolgen voor de omvang van het leefgebied van de aal. Deze rapportage is een verkenning van de omvang aan deze veranderingen. Aal leeft zowel in het open water als aan de oever. Er zijn daarom twee deelvragen, namelijk wat zijn de veranderingen in het aantal oevers (i) en in de hoeveelheid wateroppervlakte (ii).

Voor het beantwoorden van deze vragen zijn twee verschillende methodieken gebruikt. Voor de meeste wateren in Nederland is enige informatie beschikbaar over de hoeveelheid oeverlengte en wateroppervlakte. Voor deze wateren wordt informatie uit verschillende bronnen samengevat. Echter, over het areaal aan sloot en de veranderingen hierin is niets bekend, terwijl juist in deze wateren grote veranderingen worden verwacht (zie onder). Daarom is voor dit type water gekozen voor het inmeten van de hoeveelheid sloten op stafkaarten.

Sloten

Door de ligging onder zeeniveau is in Nederland de dichtheid aan sloten historisch gezien hoog geweest. Gezien hun geschikte habitat voor aal, hebben ze mogelijk een aanzienlijk deel van het leefgebied van deze vis gevormd. In de 20^e eeuw hebben echter grootschalige ruilverkavelingen plaatsgevonden, wat het arsenaal aan sloten sterk verkleind kan hebben. Enkel kwalitatieve informatie is beschikbaar over de geschiedenis van de ruilverkavelingen, waarna gekozen is voor het handmatig meten van sloten op stafkaarten.

Overige wateren

Naast sloten bestaan vele andere typen water in Nederland, zoals meren, grachten, rivieren en kanalen. De veranderingen in deze wateren zijn divers. Zo zijn er meren aangelegd (bijvoorbeeld het Haringvliet), polders drooggelegd (bijvoorbeeld Flevoland), kribben geïnstalleerd, rivierbochten afgesneden en uiterwaardplassen gecreëerd. Met behulp van verschillende informatiebronnen is een zo gedetailleerd mogelijk (en zo kwantitatief mogelijk) beeld geschetst van de omvang en veranderingen van alle overige wateren.

De materiaal en methoden (H2) en resultaten (H3) worden behandeld per type water. In de conclusie (H4) worden de verschillende gegevens samengevoegd en gepresenteerd per deelvraag, namelijk als de totale veranderingen in oeverlengte (i) en in wateroppervlak (ii) in het leefgebied van de aal in het Nederland in de 20^e eeuw. Ook zal hier bekeken worden of een correlatie bestaat met de achteruitgang van de aalstand.

Aanbevelingen voor vervolgonderzoek worden ook gemaakt in hoofdstuk 4. Eindconclusies worden getrokken in hoofdstuk 5.

2. Materiaal en Methode

Sloten

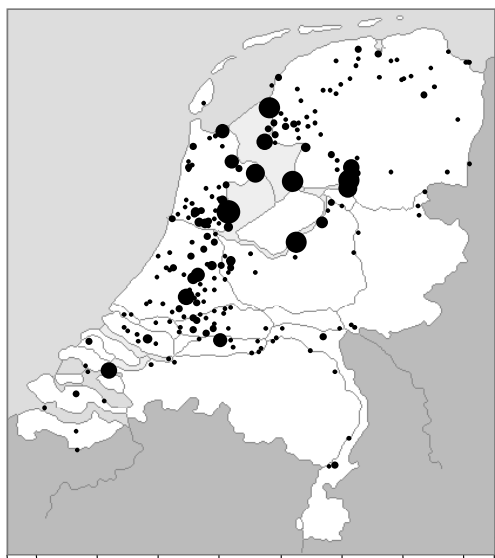
Kwalitatieve informatie over de geschiedenis van de ruilverkavelingen is verkregen uit het PIVOT-rapport no. 59 van de Rijksarchiefdienst.

Definiëring aalhabitat en selectie steekproef

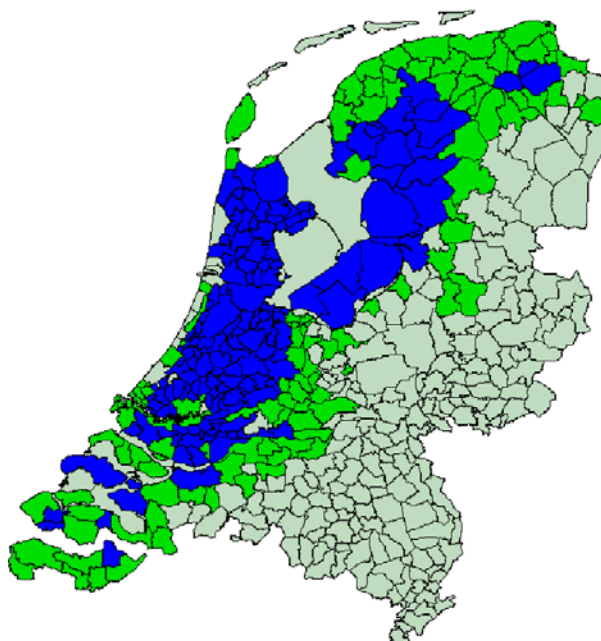
Sloten zijn gedefinieerd als lijnvormige wateren smaller dan 6 meter, in navolging van de Topografische Dienst en het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).

Het grootste deel van het oppervlaktewater bevindt zich in de kustprovincies en ook de aal komt voornamelijk in deze gebieden voor. Dit is terug te zien in de verspreiding van de aalvisserij (figuur 2.1). Hierbij is aangenomen dat de aalvisserij zich ophoudt in de gebieden met de grootste dichtheid aan aal. De aal komt ook in oostelijke provincies voor, maar in zeer lage hoeveelheden en dichtheden (waardoor ook van profijtelijke exploitatie geen sprake is). Er is daarom enkel gekeken naar zoetwater dat weinig hoger dan zeeniveau ligt (<1 meter boven N.A.P.). Dit gebied is opgedeeld in het areaal dat niet veel hoger dan zeeniveau (0-1 m N.A.P.) en onder zeeniveau (< 0 m N.A.P.) ligt (figuur 2.2). Voor eenvoud wordt het gebied dat niet veel hoger dan zeeniveau ligt in dit rapport aangeduid als 'op zeeniveau'.

Het oostelijk deel van Nederland wordt op deze wijze niet meegenomen, met uitzondering van de grote rivieren, welke geheel worden meegenomen.

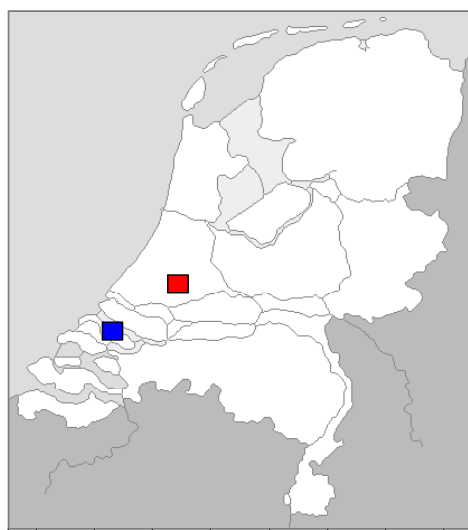


Figuur 2.1 De symbolen geven het aantal visserijbedrijven per postcodegebied (4 cijfers) weer, overeenkomstig de situatie in 1995. Hoe groter de cirkel, hoe meer visserijbedrijven zich in dat gebied bevinden. (Gegevens van het Productschap Vis, woonplaatsen VZV-houders).



Figuur 2.2 De verdeling van Nederland in gemeentes die onder (blauw), op (groen) en boven (grijs) zeeniveau liggen.

De hoeveelheid sloot is gemeten op stafkaarten verkregen van de Topografische Dienst in Emmen. Op deze kaarten worden de sloten handmatig gemeten. Omdat deze manier van kwantificeren arbeidsintensief is, is gekozen voor het nemen van steekproeven. Hiervoor zijn twee representatieve gebieden geselecteerd. Er is gekozen voor een gebied dat op zeeniveau ligt en een gebied onder zeespiegel. Binnen deze normering zijn de topografische gebieden Dirksland in Zeeland (op zeeniveau) en Gouda in Zuid-Holland (onder zeeniveau) willekeurig gekozen uit de beschikbare gebieden (figuur 2.3).



Figuur 2.3 Schematische weergave van de twee gekozen representatieve gebieden. Rood geeft het Topografische gebied Gouda weer, blauw het Topografische gebied Dirksland.

Het topografische gebied Gouda beslaat het deel van Zuid-Holland, dat Gouda tot Capelle a/d IJssel behelst en de tussenliggende gebieden (zie bijlage 1 voor een gedetailleerde weergave). Het typische polder/veenweidelandschap wordt doorkruist door veel sloten en andere wateren (figuur 2.4a). Dit in tegenstelling tot het gebied rondom Dirksland, welke getypeerd wordt door weinig wateren (figuur 2.4b). Het topografische gebied Dirksland beslaat het middengedeelte van het eiland Goeree-Overflakkee, van Stellendam tot Sommelsdijk (bijlage 2). Het bestaat hoofdzakelijk uit polderlandschap. Deze twee gebieden worden in deze rapportage aangeduid als respectievelijk “Gouda” en “Dirksland”.



(a)



(b)

figuur 2.4. Detaillering van de gebieden Gouda (a) en Dirksland (b). Topografische kaarten uit respectievelijk 1999 en 2000. De sloten zijn in blauw weergegeven.

Voor beide gebieden is een kaart uit begin (± 1920), midden (± 1950) en eind 20^e eeuw (± 1999) gekozen. De '50 en '99 kaart hebben dezelfde grid en grootte. Voor de '20 kaart zijn delen van drie aansluitende kaarten gebruikt, die samen overeenstemmen met de kaarten van 1950 en 1999.

De volgende kaarten zijn gebruikt (Topografische Dienst, Emmen):

Gouda	label	kaartnummer	jaar van verkenning en uitgave
	'20	Kaart 461	verkend 1873, herzien 1913, uitgave 1914
		Kaart 482	verkend 1873, herzien 1913, uitgave 1914
		Kaart 503	verkend 1873, herzien 1889, uitgave 1922
	'50	Kaart 38A	verkend 1956, uitgave 1958
	'99	Kaart 38A	verkend 1998, uitgave 1999
Dirksland	label	kaartnummer	jaar van verkenning en uitgave
	'20	Kaart 542	verkend 1876, herzien 1909, uitgave 1925
		Kaart 560	verkend 1876, herzien 1918, uitgave 1920
		Kaart 579	verkend 1876, herzien 1899, uitgave 1906
	'50	Kaart 43A	verkend 1935, herzien 1941 uitgave 1943
	'99	Kaart 43A	verkend 1998, uitgave 2000

Inmeten slootlengte

De lengte van de sloten per gebied is gemeten met een landkaartmeter (van Homeij-Oisterwijk). Op de '99 en '50 kaart zijn de enkelvoudige blauwe lijnen als sloten gedefinieerd. Op de '20 kaarten zijn de lijnen niet goed gedefinieerd (er is geen aparte kleur voor sloten op deze kaarten) en is in geval van twijfel een vergelijking gemaakt met de nieuwere kaarten. Zowel oeverlengte als wateroppervlakte worden bepaald door extrapolatie van de lengte aan sloot (zie onder). De hoeveelheden in deze gebieden worden vervolgens geëxtrapoleerd naar geheel Nederland (zie onder).

Oppervlakte Nederlands gebied onder en op zeeniveau

De landoppervlakte van Gouda en Dirksland is berekend op de nieuwste editie van de 1:25.000 kaarten. Voor de berekening van de oppervlakte boven en op zeeniveau voor geheel Nederland is gebruik gemaakt van de reliëfkaart van de Grote Bosatlas (Wolters Noordhoff, editie 52) en een GIS-kaart (Geographical Information System) van de Nederlandse gemeentes. Overeenkomstig de verdeling van de Bosatlas zijn de Nederlandse gemeentes van de GIS-kaart verdeeld naar hun positie ten opzichte van zeeniveau. Met behulp van de X-tool extensie van ArcView is vervolgens het totale oppervlakte van de geselecteerde gebieden (onder / op zeeniveau) berekend (figuur 2.1). De historische veranderingen in het totale oppervlak zijn zeer gering geweest. De inpolderingen in het IJsselmeer zijn de belangrijkste. In 1950 is de Noordoostpolder ingepolderd. In 1957 en 1968 zijn ook Oost en Zuid Flevoland ingepolderd. Zeespiegelstijging zal tot op heden nog nauwelijks verandering gegeven hebben.

Oeverlengte en wateroppervlakte bepalingen

Voor het bepalen van de hoeveelheid oeverlengte is aangenomen dat de oeverlengte gelijk is aan de lengte aan sloot: Bij smalle wateren (smaller dan 6 meter) liggen de twee oevers zo dicht bij elkaar, dat de oeverzones van beide zijden van de sloot elkaar overlappen. Vervolgens is de oeverlengte van de sloten geëxtrapoleerd naar totale lengte van sloten in het Nederlands gebied onder en op zeeniveau. Dit is berekend door de lengte per kaartblad (Gouda en Dirksland) te vermenigvuldigen met het meervoud aan gebied onder en op zeeniveau in geheel Nederland.

De slootlengte is ook omgerekend naar slootoppervlakte. De gemiddelde breedte van een sloot is geschat op 2 meter breedte. Veel sloten zijn zeer smal (<1 meter), maar de bredere sloten (tot 6 meter) verhogen het gemiddelde. Vervolgens is de fractie slootoppervlakte van het totale landoppervlakte per kaart berekend. Met deze fractie is de totale Nederlandse oppervlakte aan sloot (onder/op zeeniveau) geschat door de fractie slootoppervlakte per kaart Gouda/Dirksland te vermenigvuldigen met de oppervlakte van het totaal Nederlands gebied onder/op zeeniveau.

Rijn en Maas

Informatie over de huidige lengte en oppervlakte van de rivieren Rijn en Maas is verkregen uit Wolters *et al.* (2001) en van het Centraal Bureau voor de Statistiek (verder aangeduid in dit rapport als “CBS”, zie hoofdstuk 5 voor de database verwijzing). Informatie over de historische veranderingen is afkomstig van Wolters *et al.* (2001), (Maas *et al.* 1997) en persoonlijke communicatie met dr AD Buijse (RIZA).

Grote meren

Informatie over de oppervlakte van het IJsselmeer, de daarin liggende polders en het Haringvliet is afkomstig van het CBS en De Grote Bosatlas (editie 52, Wolters-Noordhoff, verder aangeduid als “Bosatlas” in dit rapport). Oeverlengte van het IJsselmeer is bepaald door middel van handmatige meting op een stafkaart (1:250.000) van het gebied (Rijks Geologische Dienst, 1991), zoals beschreven in de methodiek van de sloten.

Voor veranderingen in de omvang van de meren sinds 1932 is gebruik gemaakt van Havinga (1954), het CBS en de Bosatlas.

Overige wateren

Het CBS heeft een schatting van de totale oppervlakte aan overig water (overige meren en rivieren, grachten, brede sloten (>6 meter) en kanalen. Het gaat hierbij om relatief kleine oppervlakten en lengtes aan water. Voor de sloten breder dan zes meter is extra informatie beschikbaar: Tijdens het meten van de smalle sloten op de topografische kaarten zijn ook de bredere sloten gemeten. Voor algemene materiaal en methode, zie methodiek sloten. Brede sloten zijn op de topografische kaarten gedefinieerd als dubbele blauwe lijnen. In tegenstelling tot smalle sloten, is bij de brede sloten wel de slootlengte verdubbeld om oeverlengte te bepalen, omdat wordt aangenomen dat bij brede sloten de twee oevers onafhankelijk van elkaar gebruikt kunnen worden door aal. De slootoppervlakte is berekend met een aanname van gemiddelde slootbreedte van 7 meter.

3. Resultaten

Sloten

Na WOI besloot de Nederlandse regering dat meer en beter gestructureerd land nodig was. Dit hield onder andere ontwatering en verkaveling in, waardoor het aantal sloten sterk zou verminderen in de volgende decennia. De eerste ruilverkavelingswet dateert uit 1924. Na veranderingen in de wet in 1938, 1942 en 1954 neemt de omvang van de ruilverkavelingen steeds meer toe, met het hoogtepunt in de jaren zestig. Zo werd in de jaren vijftig en zestig respectievelijk 275.000 en 500.000 ha land verkaveld. Vanaf de jaren zeventig worden de verkavelingspraktijken sterk verminderd door een verandering in beleid (PIVOT-rapport no. 59 van het Nationaal Archief).

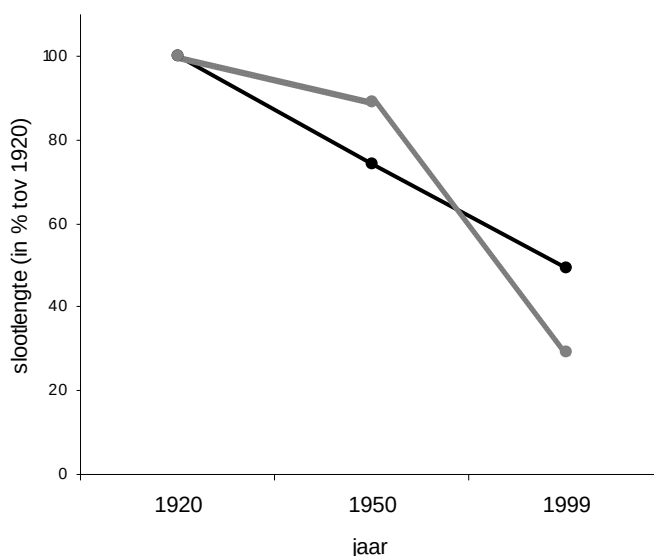
Slootoppervlak en oeverlengte in Gouda en Dirksland

Het aantal kilometer oeverlengte in Gouda en Dirksland staat voor de verschillende periodes vermeld in tabel 3.1. Ook de slootoppervlakte staat hierin vermeld. Gouda bevat meer slootlengte en -oppervlakte dan Dirksland (tabel 3.1). Er is bijvoorbeeld in 1999 1201 km sloot aanwezig in Gouda en 320 km in Dirksland. De afname in hoeveelheid (lengte en oppervlakte) sloot is echter groter bij Dirksland dan bij Gouda (figuur 3.1). 70 Procent van de in 1920 aanwezige hoeveelheid sloot is verdwenen in Dirksland en 50 procent is verdwenen in Gouda.

Tabel 3.1 Lengte (km) en geschat oppervlakte (km²) sloot in van Gouda (38A) en Dirksland (43A). Voor slootoppervlakte is een slootbreedte aangenomen van 2 meter.

	Oeverlengte (km)			Oppervlak (km ²)		
	1920	1950	1999	1920	1950	1999
Gouda	2430	1804	1201	4.86	3.61	2.40
Dirksland	1089	968	320	2.18	1.94	0.64

De totale oppervlakte van de gebieden Gouda en Dirksland is respectievelijk 112.5 km² en 67.5 km². De relatieve slootoppervlakte per topografische kaart is hieruitvolgend in Gouda afgenomen van 5.4% naar 2.7% van het totaal landoppervlak en in Dirksland van 4% naar 1.2%.



figuur 3.1 De relatieve verandering in totale slootlengte bij Gouda (zwarte lijn) en Dirksland (grijze lijn) gedurende de 20^e eeuw. Data van omtrent 1920, 1950 en 1999 (1920=100%).

Slootoppervlakte en oeverlengte in Nederland

In 1920 is de Nederlandse oppervlakte onder zeeniveau 7685 km². In 1950 is de Noordoostpolder ingepolderd, waardoor er 480 km² bijkwam (tabel 3.3). In 1999 zijn de polders Oost en Zuid Flevoland ook ingepolderd en bedraagt de oppervlakte van Nederland dat onder zeeniveau ligt 9352 km² (bijlage 3). De totale oppervlakte op zeeniveau beslaat 9443 km² (bijlage 3) en is niet veranderd na 1920. In totaal is het slootoppervlak van 1920 tot 1999 verminderd van 637 km² naar 290 km² (tabel 3.2). De hoeveelheid oeverlengte is van bijna 320.000 km verminderd naar bijna 145.000 km.

Tabel 3.2. Geschat slootlengte (km) en -oppervlakte (km²) voor heel Nederland onder en op zeeniveau.

	Oeverlengte (km)			Oppervlakte (km ²)		
	1920	1950	1999	1920	1950	1999
Onder zeeniveau	165.996	130.930	99.838	332	262	200
Op zeeniveau	152.347	135.420	44.767	305	271	90

NB Door de onbetrouwbaarheid van de kleine steekproef rond 1950 zijn de schattingen van 1950 niet meegenomen in de verdere analyse. Zie de Conclusie voor verdere uitleg.

Rijn en Maas

De lengte van de Rijn en Maas bedraagt 595 km, de wateroppervlakte 260 km² (Wolters *et al.* 2001). Voor het bepalen van de oeverlengte moet rekening gehouden worden met de aangelegde kribben. In de Waal is om de ca. 50 meter een krib van 20 meter lengte aangelegd. Dit betekent bijna een verdubbeling van de oeverlengte. In de Maas en IJssel en de kanalen zijn echter grote stukken niet voorzien van kribben. Daarom wordt de totale lengte hier geschat op de helft van de totale rivierlengte. De totale hoeveelheid oeverlengte in de grote rivieren is dan 1785 km (rivierlengte x 1.5 (krib) x 2 (oever)). Door het CBS wordt een afwijkende schatting (180 km²) gegeven van de oppervlakte. Omdat het CBS geen gegevens over de lengte van de Rijn en Maas gaf, is de kwantificering van Wolters *et al.* (2001) aangehouden.

De rivieren hebben veel veranderingen ondergaan. In de 18^e eeuw is men begonnen met de normalisatie van de grote rivieren en tot op heden wordt aan de rivierenmorfologie verbouwd (Wolters *et al.* 2001). De aanleg van kribben en zomerdijken en de versmalling van de rivieren is begin 20^e eeuw voltooid en zal geen invloed hebben gehad op de achteruitgang van de aalstand vanaf midden 20^e eeuw. Wel hebben in de 20^e eeuw veel bochtafsnijdingen plaatsgevonden in de Maas, Nederrijn en de Lek. Zo werd op deze wijze in de Maas tussen Grave en Heerenwaarden de lengte van de rivier ruim gehalveerd. Ook zijn er veel uiterwaardplassen aangelegd, welke worden gerekend tot geschikt habitat voor de aal. De oppervlakte aan uiterwaardplassen is door de 20^e eeuw heen toegenomen van 9 tot 442 hectare in de Waal en van 2 tot 374 hectare in de IJssel. Het relatieve deel uiterwaardplassen in de rivier is hiermee gemiddeld toegenomen van 1% naar 9% van het totale rivieroppervlak (Maas *et al.* 1997).

Voor de Waal en de IJssel is het oppervlak aan water toegenomen in de 20^e eeuw, omdat er geen bochtafsnijdingen hebben plaatsgevonden (Wolters *et al.* 2001) en veel uiterwaardplassen zijn gegraven (Maas *et al.* 1997). De veranderingen in hoeveelheid uiterwaardplassen is niet bekend voor de overige rivieren. Geschat wordt dat voor de gehele Maas en Rijn voornamelijk de oppervlakte is toegenomen, doordat in de meeste delen de aanleg van uiterwaardplassen meer hectare opleverde dan de bochtafsnijdingen weghaalden (pers. comm. dr AD Buyse, RIZA).

Grote meren

In 1932 is de Afsluitdijk aangelegd en binnen vier jaar is het IJsselmeer zoet geworden (Havinga 1954). Voor die tijd was het oostelijke deel van de Zuiderzee ook zoet, door instroom vanuit de IJssel. Het gedeelte zoetwater in de Zuiderzee komt ongeveer overeen met de oppervlakte van de huidige Randmeren (140 km²). Na aanleg van het IJsselmeer zijn in de periode 1937 tot 1968 de Noordoostpolder, Oost en Zuid Flevoland drooggelegd. Het Haringvliet (Zuid-Holland) is

ingedamd in 1972. In tabel 3.3 staan de veranderingen in zoetwater tengevolge van deze gebeurtenissen beschreven (CBS en Bosatlas). De oppervlakte aan zoetwater in Nederland is door deze meren gedurende de 20^e eeuw uiteindelijk met 2.030 km² toegenomen waarvan het IJsselmeer en Markermeer nu 1.960 km² groot zijn en het Haringvliet 70 km².

De lengte van de IJsselmeeroevers is gemeten op 600 km.

Tabel 3.3 De veranderingen in de oppervlakte van de grote meren in de 20^e eeuw (bron: CBS en Bosatlas).

Jaartal		Oppervlakteverandering zoetwater (km ²)
1930	Zuiderzee	140
1932	Afsluitdijk	+3270
1942	Noordoostpolder	-480
1957	Oost Flevoland	-540
1968	Zuid Flevoland	-430
1970	Haringvlietdam	+70

Overige wateren

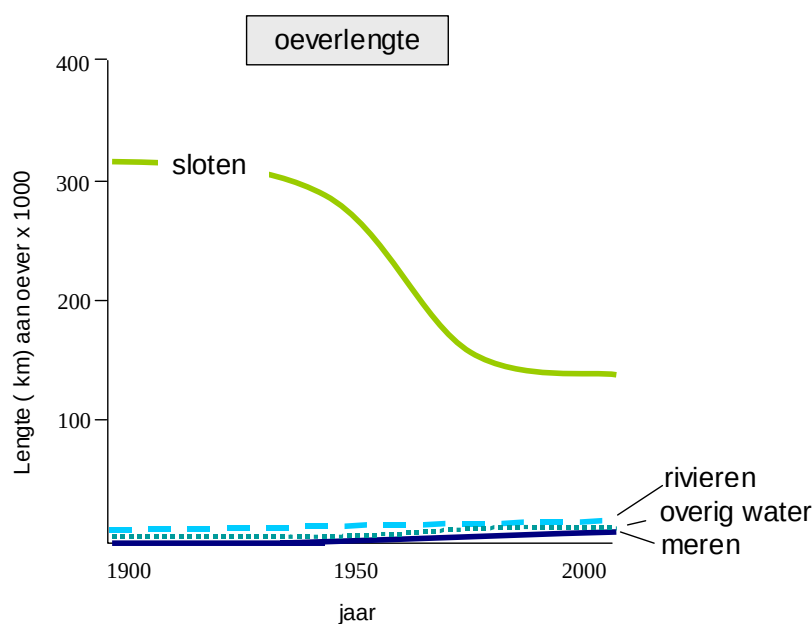
Naast de sloten, grote meren en rivieren zijn er nog veel andere wateren in Nederland zoals grachten, kleine meren, brede sloten (>6 meter) en plassen. Volgens het CBS bedraagt het oppervlak hierin ongeveer 960 km². Het merendeel van dit water zal niet veel hoger (□ 1 meter) dan zeeniveau liggen, doordat zich veel wateren voornamelijk in gebieden onder zeeniveau zullen bevinden. Er is geen informatie beschikbaar over de hoeveelheid oeverlengte. Binnen deze categorie zijn de veranderingen voor sommige typen water duidelijk. Zo zijn de overige meren en plassen (bijvoorbeeld de Friese meren, Vinkenveense plassen) niet aan grote herstructureringen onderhevig geweest. De hoeveelheid brede sloten (breder dan 6 meter) is toegenomen. De hoeveelheid brede sloot is van 1920 tot 1999 bijna verdubbeld, in oeverlengte (van 380 naar 618 km) en oppervlakte (van 95 naar 193 km²). Voor de resterende wateren is geen informatie beschikbaar. Aangenomen wordt, dat deze constant zijn gebleven.

4. Discussie

Oeverlengte

In de jaren 1950 en 1960 vonden veel structurele veranderingen in het zoetwater in Nederland plaats. Flevoland en Noordoostpolder werden ingepolderd (waarbij sloten werden aangelegd) en het hoogtepunt van de ruilverkaveling vond plaats rond deze periode. De steekproef van slechts twee gebieden met hun specifieke geschiedenis is te klein om deze snelle en omvangrijke veranderingen te kwantificeren. Daarom wordt de verandering in de hoeveelheid sloot in 1950 niet berekend, maar enkel kwalitatief in de conclusie meegenomen.

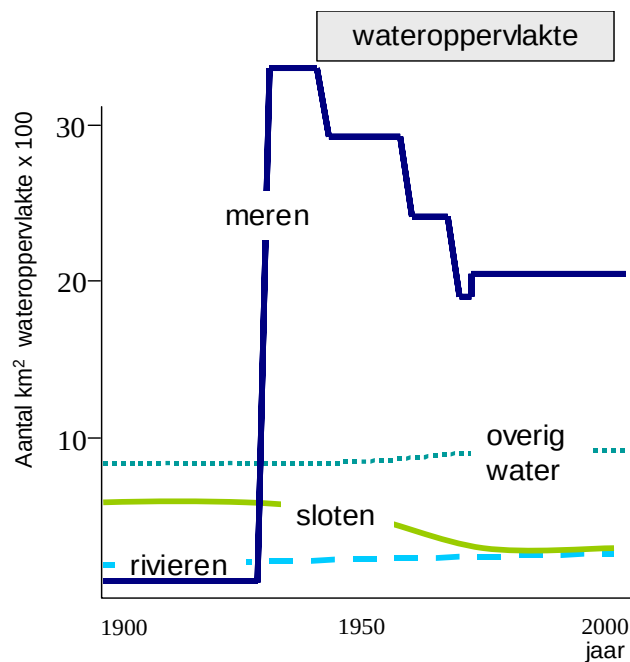
De lengte aan slootoever in het Nederland's gebied op en onder aan zeeniveau wordt begin 20^e eeuw geschat op 318.000 km. Meer dan een halving (61%) treedt op gedurende de 20^e eeuw, resulterend in 144.000 km oever. De grootste afname vond plaats in de jaren vijftig en zestig. De aanleg van het IJsselmeer, Markermeer, Haringvliet, en de polders in het IJsselmeer hebben voor een geleidelijke toename aan oeverlengte bij meren gezorgd van ongeveer 650 kilometer. De rivieren Maas en Rijn beslaan eind 20^e eeuw zo'n 1785 km oevers in geheel Nederland. Door de aanleg van uiterwaardplassen is dit meer dan aanwezig was begin 20^e eeuw. De hoeveelheid en veranderingen in hoeveelheid oeverlengte van overige wateren zijn niet bekend, maar worden aangenomen klein te zijn: ongeveer gelijk aan de hoeveelheden oeverlengte van de rivieren of meren. Deze resultaten zijn samengevoegd in figuur 4.1. Figuur 4.1 en 4.2 zijn schematische weergaven.



Figuur 4.1 De veranderingen in totale oeverlengte in Nederland (1 meter boven zeeniveau) in de 20^e eeuw. Rivieren zijn de Maas en Rijn, meren zijn het IJsselmeer, Markermeer, Randmeren en Haringvliet.

Oppervlakte

Ook de afname aan slootoppervlak is groot, maar het relatieve belang van sloten in het totaal aan wateroppervlakte is klein. Het IJsselmeer, Markermeer, Randmeren en Haringvliet zijn al 2030 km² groot, tegenover de 290 km² aan sloot. De grote meren zijn gedurende de 20^e eeuw ontstaan en vormen een zeer grote toename aan zoetwateroppervlak. Op de aanleg van het IJsselmeer (175% toename) volgde trapsgewijze kleinere af- en toenames van wateroppervlakte door inpoldering van de Noordoostpolder, Oost-Flevoland en Zuid-Flevoland en de aanleg van het Haringvliet (tabel 3.3). De rivieren Rijn en Maas hebben een gezamenlijk oppervlak van 260 km². Deze oppervlakte is door de aanleg van uiterwaardplassen enigszins toegenomen ten opzichte van begin 20^e eeuw. Het overige water beslaat 960 km², wat ongeveer 100 km² meer is dan begin 20^e eeuw aanwezig was. Samengevat is de hoeveelheid wateroppervlak in de 20^e eeuw ongeveer verdubbeld. Deze resultaten zijn samengevoegd in figuur 4.2.



Figuur 4.2 De veranderingen in totaal wateroppervlak in Nederland (□1 meter boven zeeniveau) in de 20^e eeuw. Rivieren zijn de Maas en Rijn, meren het IJsselmeer, Markermeer, Randmeren en Haringvliet.

Wat betekenen deze veranderingen in oeverlengte en wateroppervlak voor de aalstand? Veranderingen in het leefgebied van de aal kunnen een rol hebben gespeeld in de afname van de aalstand (eind jaren zestig), als deze veranderingen plaatsvonden in de periode voor de eind jaren zestig.

De hoeveelheid oever in Nederland is ruim gehalveerd gedurende de 20^e eeuw. De grootste afname vond plaats in de jaren vijftig en zestig, toen de ruilverkavelingen hun hoogtepunt

bereikten en veel sloten werden verwijderd. Een correlatie met de achteruitgang in de aalstand eind jaren zestig is dan ook mogelijk.

Verlies aan wateroppervlak lijkt geen rol te hebben gespeeld in de achteruitgang van de aalstand. De (175%) toename in wateroppervlak begin jaren dertig is niet gepaard gegaan met een toename in aalstand. Het is vervolgens onwaarschijnlijk, dat de afname aan wateroppervlak door de inpolderingen in de jaren veertig tot zeventig wel hebben bijgedragen aan de afname in aalstand.

Echter, de herverdeling van de aalpopulatie over de Nederlandse wateren lijkt wel een rol te hebben gespeeld: Nadat in 1932 het IJsselmeer is gecreëerd, vormde dit meer het grootste deel van het zoetwateroppervlak in Nederland. In plaats van doortrekken naar landinwaarts gelegen gebieden is de aal toen het IJsselmeer gaan gebruiken als leefgebied (Dekker 2004). Er ontstond een zeer intensieve commerciële aalvisserij in het IJsselmeer (Dekker 2004), omdat dit water goed bevisbaar is. Dit leidde tot een zeer lage productie van paairijpe individuen. De aal is dus een nieuw zoetwater gaan gebruiken, waar de sterftekans door de hoge visserijdruk veel hoger ligt dan in andere wateren. Dit kan gecorreleerd zijn met de afname in de aalstand.

Verder onderzoek

Het is onduidelijk in hoeverre aal de oeverzone prefereert boven het open water. Volgens de literatuur zit aal voornamelijk in de oever (Knights 2003, Fischer & Eckman 1997, Perrow *et al.* 1996). De dichtheid aan aal in de oeverzone is in één onderzoek drie keer zo hoog als op open water (Knights 2003). Al dit onderzoek aan de ruimtelijke verdeling van aal is echter overdag uitgevoerd. Fischer en Eckman (1997) tonen aan dat deze verdeling overdag voornamelijk is bepaald door beschikbare schuilplekken. Knights *et al.* (2001, 2003) suggereren vervolgens, dat de aal 's nacht waarschijnlijk het open water opzoekt om te foerageren. Er zijn echter geen empirische data hierover beschikbaar. Ook 's winters kan de ruimtelijke verdeling van aal anders zijn. Zo zitten ze 's winters liever iets dieper (constantere condities) (Knights 2003). Het is van belang meer informatie te verkrijgen over de ruimtelijke verdeling van aal 's nachts en 's winters om het relatieve belang van de oever en het open water te kunnen bepalen.

Naast de kwantiteit van leefgebied spelen ook kwalitatieve karakteristieken van het water een rol in de ruimtelijke verdeling van de aal. Mogelijke belangrijke karakteristieken zijn faunasamenstelling (prooi en predatoren samenstelling), diepte van het water, waterkwaliteit, visserijsterfte, aanwezigheid van schuilplekken en bereikbaarheid van een gebied. Naast bovenbesproken visserijsterfte worden de aanwezigheid van schuilplekken en de doortrekmogelijkheden zo belangrijk geacht dat de samenhang met het hier gepresenteerd werk kort zal worden besproken.

Schuilplekken

De aal bevindt zich vaak op plekken met goede schuilgelegenheden. Als basaltblokken in de oeverzone aanwezig zijn worden deze vaak door grote alen gebruikt als schuilplek, op plekken waar anders alleen kleine exemplaren gevonden worden (Fischer & Eckmann 1997). Ook zoeken ze de rietkraag op (Knights 2003). Het zal van belang zijn de geschiktheid van de verschillende typen oevers als schuilplek te bekijken. In het verleden waren veel slootoevers begroeid met riet, welke goede schuilplekken geven. Tegenwoordig worden rietkragen veelal verwijderd en de sloten uitgebaggerd, waardoor weinig geschikte schuilplekken meer aanwezig zullen zijn. Dit kan de achteruitgang van de aal in het slotenareaal nog verder hebben versneld. In de oever van het IJsselmeer liggen veelal basaltblokken, welke goede schuilplekken opleveren voor aal, maar sommige delen beslaan natuurlijke (zandige) oevers. Rivieroevers kunnen verschillende gradaties van combinaties goede (basaltblokken, rietkragen) en slechte (kaal zand) herbergen, afhankelijk van het beleid voor een specifiek deel van de rivier.

Bereikbaarheid

Bereikbaarheid van zoetwaterhabitat is veranderd. Gedurende de 20^e eeuw zijn veel barrières opgeworpen in de doortrekmogelijkheden in de Maas en Rijn (bij de Vaate en Breukelaar 2001, figuur 4.3). Alleen al in het Deltagebied zijn 150 knelpunten in de doortrekroutes van vissen geconstateerd.

Er zijn in de grote rivieren onder andere drie stuwen in de Nederrijn en Lek geplaatst (1954-1967) en 7 stuwen in de Maas bij Borgharen (1935). Ook zijn de zoet-zout overgangen belemmerd door onder andere de Afsluitdijk (1932) en de Haringvlietdam (1970) (bij de Vaate en Breukelaar 2001). Veelal zijn vistrappen gecreëerd, maar deze bleken afdoende te werken (bij de Vaate en Breukelaar 2001). Ook bij migratie naar de kleinere wateren zijn veel gemalen en andere migratiebelemmeringen geplaatst, waarvoor echter meestal geen alternatieve routes zijn aangelegd. Een belangrijke reden hiervoor is dat migratieonderzoek en –beleid zich voornamelijk heeft gericht op zalm en zeeforel, wiens leefgebied in het Nederlandse zoetwater beperkt blijft tot de grotere rivieren. Veranderingen in het beheer zijn dan ook gewenst, om doortrekmogelijkheden voor andere soorten dan zalm en zeeforel te bevorderen. Ook is het noodzakelijk te onderzoeken hoeveel migratiebelemmeringen zich in de kleine wateren bevinden. Als de bereikbaarheid van de wateren drastisch is verlaagd, zal een prioriteit van het beleid een betere bereikbaarheid van de leefgebieden moeten zijn.



Figuur 4.3 De barrières in de grote rivieren (rode punten) voor de landinwaartse trek van vissen en de potentiële intrekpunten (groene pijlen). Uit de Vaate en Breukelaar 2001.

Representativiteit in Nederland

Om de slootomvang voor het leefgebied van aal te berekenen zijn twee gebieden als representatief voor Nederland gekozen. Alhoewel deze methodiek vooral gericht was op een eerste verkenning van het onderwerp, is waarschijnlijk dat de werkelijke afname aan slootomvang niet overschat is. De berekeningen in deze rapportage zijn namelijk conservatief van aard zijn geweest. De berekening voor oeverlengte van de smalle sloten is conservatief, omdat is aangenomen dat de sloten één bruikbare oever hebben. Ook is de mate van verstedelijking in deze twee onderzochte gebieden lager dan gemiddeld in Nederland. In de gebruikte topografische gebieden is sprake van klein gebleven steden (bijvoorbeeld Gouda of Herkingen). Volgens het Nederland Interdisciplinair Demografisch Instituut (NIDI 2002) bestaat nu 10% van Nederland uit sterk tot zeer sterk verstedelijkt gebied, dat een hoger percentage is dan in de hier gebruikte gebieden. Uitbreiding van de steekproef binnen Nederland zal het gevonden beeld daarom niet noemenswaard veranderen.

Representativiteit in Europa

Onduidelijk is in hoeverre de gevonden resultaten extrapoleren zijn naar geheel Europa, is verder onderzoek nodig. De waterproblemen in Nederland die ontwatering van velden door sloten en de afsluiting van zeearmen noodzakelijk maken hebben niet plaatsgevonden in landen die boven zeeniveau liggen. Ook in andere Europese landen zijn echter veranderingen aangebracht aan de watersystemen. Het is noodzakelijk om deze veranderingen te kwantificeren, zodat een mogelijke invloed hiervan op de achteruitgang van de Europese aalstand bekeken kan worden.

5. Conclusie

De vraag in dit rapport is wat de veranderingen in de omvang van het leefgebied van aal zijn geweest in de 20^e eeuw in het binnenwater van Nederland. Twee aspecten van de wateromvang zijn bekeken; oeverlengte en wateroppervlakte.

De veranderingen in het leefgebied van aal zijn divers geweest. Voor de aanleg van het IJsselmeer was de verdeling van water over de diverse wateren constant verdeeld. Na de aanleg van het meer (en de daaropvolgende inpolderingen) verdubbelde de totale wateroppervlakte in Nederland en werd het relatieve belang van het IJsselmeer groot. Het aantal oevers in Nederland was begin 20^e eeuw erg hoog door de grote hoeveelheid sloten in het land. Ook na de ruilverkavelingen is het relatieve belang van de sloten in de verdeling van de oevers enorm, maar de totale hoeveelheid oevers is meer dan gehalveerd. Het IJsselmeer en de sloten zijn dus de belangrijkste factoren in de veranderingen van het leefgebied van de aal in Nederland in de 20^e eeuw geweest.

Een groot deel van de oevers (ruim 60%) is in de jaren vijftig en zestig verdwenen in verband met de ruilverkavelingen en de bijbehorende vermindering van het aantal sloten. Het hoogtepunt van deze afname in hoeveelheid oever vond plaats vlak voor de achteruitgang van de aalstand. Omdat de hoeveelheid oever in Nederland zo dramatisch afnam in de periode voor de afname in de aalstand en de oever een belangrijk habitat van de aal is, is het mogelijk dat de oeverafname heeft bijgedragen aan de achteruitgang van de aalstand in Nederland.

In tegenstelling tot de afname in aantal oevers, heeft een verdubbeling plaatsgevonden in de totale wateroppervlakte. De grootste factor hierin is het nieuw aangelegde IJsselmeercomplex geweest. De aal is ook intensief gebruik gaan maken van dit meer, wat in combinatie met de goede bevisbaarheid leidde tot een grootschalige commerciële visserij. De combinatie van veranderingen in het leefgebied en veranderingen in de visserijdruk kan dus hebben bijgedragen aan de achteruitgang van de aalstand.

Voor dit onderzoek zijn verschillende methodieken gebruikt. Voor de meeste wateren is gebruik gemaakt van informatie uit externe bronnen. Voor het bepalen van de omvang van het slotenareaal is een steekproef genomen van twee gebieden, waarvan de hoeveelheid oevers handmatig is gemeten op stafkaarten. De gegevens van deze twee gebieden zijn geëxtrapoleerd naar het gehele Nederlandse leefgebied van de aal. Alhoewel met deze methodiek geen totale zekerheid kan worden gegeven over de precieze kwantificering van oppervlakte en oeverlengte, liggen alle gepresenteerde getallen wel in de goede orde van grootte. Voor het beantwoorden van meer gedetailleerde vragen wordt aangeraden de steekproef te vergroten voor een hogere representativiteit.

Concluderend lijkt het waarschijnlijk dat veranderingen in de omvang van het leefgebied hebben bijgedragen aan de achteruitgang van de aalstand in Nederland in de 20^e eeuw.

6. Literatuurlijst

- bij de Vaate, A. a. B., A.W. (eds.) (2001). "De migratie van zeeforel in Nederland." Rijksinstituut voor integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling rapport no. 2001.046.
- Dekker, W. (2003a) "Did lack of spawners cause the collapse of the European eel, *Anguilla anguilla*?" Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **10**: 365-376
- Dekker, W. (2003b) "On the distribution of the European eel and its fisheries" Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **60**: 787-799
- Dekker, W. (2003c) "Status of the European eel stock and fisheries." page 237-254 in Eel Biology Aida and Yamauchi (eds). Springer-Verlag, Tokyo
- Dekker, W. (2004) "What caused the decline of Lake IJsselmeer eel stock since 1960?" Ices Journal of Marine Sciences, in press
- Fischer, P. a. E., R. (1997). "Spatial distribution of littoral fish species in a large European lake, Lak Constance, Germany." Archiv fuer Hydrobiologie **140**(1): 91-116.
- Knights, B. C. (in press). "Enhancing stocks of European eels (*Anguilla anguilla* L.) to benefit bittern (*Botaurus stellaris* L.), otter (*Lutra lutra* L.) and other endangered piscivores."??
- Wolters, H. A., Platteeuw, M. and Schoor, M.M. (eds.) (2001). "Richtlijnen voor inrichting en beheer van uiterwaarden. Ecologie en veiligheid gecombineerd." Rijksinstituut voor integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling rapport no. 2001.059.

Verdere informatiebronnen

- | | |
|---------------|--|
| CBS | http://statline.cbs.nl/ |
| Bosatlas | De Grote Bosatlas editie 52 (2001). Wolters-Noordhoff |
| PIVOT rapport | "Met rede gekaveld. Een institutioneel onderzoek naar taken en handelingen van actoren op het terrein van de landinrichting 1945-1993". LNV Rijksarchiefdienst. No. 59 |
| NIDI | DEMOS 18 - jaargang 7 - augustus 2002 |

7. Bijlagen

- 1 Gouda kaart
- 2 Dirksland kaart
- 3 Oppervlakte Nederland onder en op zeeniveau
- 4 Paper gepresenteerd tijdens de Annual Science Conference van de International Council for the Exploration of the Sea, in Vigo (Spanje), 21-26 September 2004.

Bijlage 2 De Topografische kaart Dirksland 1999 (Topografische Dienst, Emmen)



Bijlage 3 Gemeentes en hun oppervlakte die onder zeeniveau liggen
Afkomstig van de GIS gemeentekaart van Nederland

Gemeente	Provincie	Hectares	Gemeente	Provincie	Hectares
ALMERE	Flevoland	14041.79	WOGNUM	Noord-Holland	2147.506
Dijk-Enk-Lely	Flevoland	337.23	WORMERLAND	Noord-Holland	4513.542
DRONTEN	Flevoland	33716.55	ZAANSTAD	Noord-Holland	8304.634
LELYSTAD	Flevoland	25359.54	ZEEVANG	Noord-Holland	4041.736
NOORDOOSTPOLDER	Flevoland	47283.09	ZIJPE	Noord-Holland	9724.319
ZEEWOLDE	Flevoland	25299.82	LINGEWAAL	Gelderland	5458.82
BOARNSTERHIM	Friesland	16858.29	GRONINGEN	Groningen	8276.38
BOLSWARD	Friesland	941.91	SLOCHTEREN	Groningen	15883.22
HEERENVEEN	Friesland	14014.65	TEN BOER	Groningen	4571.29
LEMSTERLAND	Friesland	9428.74	ALBLASSERDAM	Zuid-Holland	996.056
NYEFURD	Friesland	11246.84	ALBRANDSWAARD	Zuid-Holland	2374.553
OPSTERLAND	Friesland	22765.47	ALKEMADE	Zuid-Holland	3088.318
SKARSTERLAN	Friesland	21689.49	ALPHEN AAN DEN RIJN	Zuid-Holland	5767.95
SMALLINGERLAND	Friesland	12604.21	BARENDRECHT	Zuid-Holland	2171.676
SNEEK	Friesland	3404.15	BERGAMBACHT	Zuid-Holland	3805.457
TYTSJERKSTERADIEL	Friesland	16141.68	BERGSCHENHOEK	Zuid-Holland	1552.168
WESTSTELLINGWERF	Friesland	22835.33	BERKEL EN RODENRIJS	Zuid-Holland	1890.881
WYMBRITSERADIEL	Friesland	16273.73	BERNISSE	Zuid-Holland	6037.832
MOERDIJK	Noord-Brabant	16206.60	BINNENMAAS	Zuid-Holland	5491.109
AALSMEER	Noord-Holland	3222.40	BLEISWIJK	Zuid-Holland	2196.18
ALKMAAR	Noord-Holland	3113.97	BODEGRAVEN	Zuid-Holland	3850.173
AMSTELVEEN	Noord-Holland	4404.88	BOSKOOP	Zuid-Holland	1696.271
AMSTERDAM	Noord-Holland	17280.15	BRIELLE	Zuid-Holland	3111.807
AMSTERDAM	Noord-Holland	2210.19	CROMSTRIJEN	Zuid-Holland	5509.998
ANDIJK	Noord-Holland	2276.87	DE LIER	Zuid-Holland	891.618
ANNA PAULOWNA	Noord-Holland	7728.11	DELFT	Zuid-Holland	2630.888
BEEMSTER	Noord-Holland	7208.18	DORDRECHT	Zuid-Holland	9887.628
BENNEBROEK	Noord-Holland	178.87	GORINCHEM	Zuid-Holland	2198.93
CASTRICUM	Noord-Holland	5498.24	GOUDA	Zuid-Holland	1807.459
DIEMEN	Noord-Holland	1296.70	GRAAFSTROOM	Zuid-Holland	6932.525
DRECHTERLAND	Noord-Holland	2407.35	HARDINXVELD-GIESSENDAM	Zuid-Holland	1935.175
EDAM-VOLENDAM	Noord-Holland	1698.09	HEERJANS DAM	Zuid-Holland	638.952
ENKHUIZEN	Noord-Holland	1307.96	HELLEVOETSLUIS	Zuid-Holland	3225.473
GRAFT-DE RIJP	Noord-Holland	2175.10	HENDRIK-IDO-AMBACHT	Zuid-Holland	1199.179
HAARLEM	Noord-Holland	3210.83	HILLEGOM	Zuid-Holland	1347.791
HAARLEMMEERLEDE CA	Noord-Holland	2100.68	JACOBSWOUDE	Zuid-Holland	4153.678
HAARLEMMEERMEER	Noord-Holland	18528.06	LEIDEN	Zuid-Holland	2315.563
HARENKARSPER	Noord-Holland	5483.29	LEIDERDORP	Zuid-Holland	1215.574
HEEMSTEDEN	Noord-Holland	964.30	LEIDSCHEENDAM-VOORBURG	Zuid-Holland	3567.045
HEERHUGOWAARD	Noord-Holland	3994.36	LIEMEER	Zuid-Holland	3097.727
HEILOO	Noord-Holland	1907.86	LISSE	Zuid-Holland	1611.201
HOORN	Noord-Holland	1958.34	MAASLAND	Zuid-Holland	2443.83
LANDSMEER	Noord-Holland	2650.70	MAASSLUIS	Zuid-Holland	762.338
LANGEDIJK	Noord-Holland	2697.95	MOORDRECHT	Zuid-Holland	1276.305
MEDEMBLIK	Noord-Holland	760.22	NEDERLEK	Zuid-Holland	3144.811
MUIDEN	Noord-Holland	1542.20	NIEUWERKERK AD IJSSEL	Zuid-Holland	1847.318
NIEDORP	Noord-Holland	6298.08	NIEUWKOP	Zuid-Holland	3849.754
NOORDER-KOGGENLAND	Noord-Holland	5059.76	NIEUW-LEKKERLAND	Zuid-Holland	1277.401
OB DAM	Noord-Holland	2099.27	OEGSTGEEST	Zuid-Holland	770.359
OOSTZAAN	Noord-Holland	1613.01	OUD-BEIJERLAND	Zuid-Holland	1960.923
OPMEER	Noord-Holland	4198.70	OUDEKERK	Zuid-Holland	2853.426
OUDE-AMSTEL	Noord-Holland	2607.98	PAPENDRECHT	Zuid-Holland	1077.03
PURMEREND	Noord-Holland	2454.97	PIJNACKER-NOOTDORP	Zuid-Holland	3859.08
SCHAGEN	Noord-Holland	1935.12	REEUWIJK	Zuid-Holland	5011.12
SCHERMER	Noord-Holland	6445.96	RIDDERKERK	Zuid-Holland	2508.64
STEDE BROEC	Noord-Holland	1561.88	RIJNWOUDE	Zuid-Holland	5784.72
UITGEEST	Noord-Holland	2230.88	RIJSWIJK	Zuid-Holland	1448.51
UITHOORN	Noord-Holland	1949.86	SASSENHEIM	Zuid-Holland	662.00
VENHUIZEN	Noord-Holland	3582.14	SCHIEDAM	Zuid-Holland	1864.24
WATERLAND	Noord-Holland	5619.92	SCHIJPLUIDEN	Zuid-Holland	3001.91
WEESP	Noord-Holland	2188.19	SCHOONHOVEN	Zuid-Holland	696.10
WERVERSHOOF	Noord-Holland	2432.76	SLIEDRECHT	Zuid-Holland	1400.17
WESTER-KOGGENLAND	Noord-Holland	6244.38	SPIJKENISSE	Zuid-Holland	3022.98
WIERINGERMEER	Noord-Holland	20628.27	STRIJEN	Zuid-Holland	5179.90
WIJDEMEREN	Noord-Holland	7654.56	TER AAR	Zuid-Holland	2170.81
HONTENISSE	Zeeland	7648.893	VALKENBURG ZH	Zuid-Holland	574.11
KAPELLE	Zeeland	3801.12	PLAARDINGEN	Zuid-Holland	2454.36
MIDDELBURG	Zeeland	4941.9	VLIST	Zuid-Holland	5652.09
SCHOUWEN-DUIVELAND	Zeeland	23074.677	VOORHOUT	Zuid-Holland	1258.89
THOLEN	Zeeland	14469.995	VOORSCHOTEN	Zuid-Holland	1159.26
VLISSINGEN	Zeeland	3894.908	WADDINXVEEN	Zuid-Holland	2938.54
ABCOUDE	Utrecht	3210.522	WARMOND	Zuid-Holland	1447.23
BREUKELN	Utrecht	4862.973	WATERINGEN	Zuid-Holland	899.76
DE RONDE VENEN	Utrecht	8479.494	ZEVENHUIZEN-MOERKAPPELLE	Zuid-Holland	3110.17
IJSSELSTEIN	Utrecht	2162.421	ZOETERMEER	Zuid-Holland	3706.54
LOENEN	Utrecht	2731.745	ZOETERWOUDE	Zuid-Holland	2191.09
LOPIK	Utrecht	7891.083	ZWIJNDRECHT	Zuid-Holland	1638.00
MAARSSSEN	Utrecht	3084.113	KAMPEN	Overijssel	14622.904
MONTFOORT	Utrecht	3822.422	STEENWIJK	Overijssel	32167.063
OUDEWATER	Utrecht	4016.347			
UTRECHT	Utrecht	9937.364			
WOERDEN	Utrecht	9289.018			

Bijlage 3 Gemeentes en hun oppervlakte die tussen 0-1 meter boven zeeniveau liggen
Afkomstig van de GIS gemeentekaart van Nederland

Gemeente	Provincie	Hectares	Gemeente	Provincie	Hectares
MEPPEL	Drenthe	5672.30	BLARICUM	Noord-Holland	1090.98
NOORDENVELD	Drenthe	20520.84	BLOEMENDAAL	Noord-Holland	3851.02
TYNAARLO	Drenthe	14843.64	BUSSUM	Noord-Holland	810.79
WESTERVELD	Drenthe	28240.25	DEN HELDER	Noord-Holland	4739.85
ACHTKARPELEN	Friesland	10397.10	HILVERSUM	Noord-Holland	4624.43
DANTUMADEEL	Friesland	8749.94	HUIZEN	Noord-Holland	1597.84
DONGERADEEL	Friesland	17543.38	LAREN	Noord-Holland	1238.73
FERWERDERADIEL	Friesland	9854.53	NAARDEN	Noord-Holland	2406.97
FRANEKERADEEL	Friesland	10410.24	TEXEL	Noord-Holland	15916.64
GAASTERLAN-SLEAT	Friesland	10776.84	WIERINGEN	Noord-Holland	2748.03
HARLINGEN	Friesland	2581.45	ZIJPE	Noord-Holland	9724.32
HET BILD	Friesland	9276.82	OLST	Overijssel	11837.96
KOLLUMERLAND CA	Friesland	11632.86	RAALTE	Overijssel	17230.72
LEEUWARDEN	Friesland	8410.73	STAPHORST	Overijssel	13569.07
LEEUWARDERADEEL	Friesland	4137.72	ZWOLLE	Overijssel	11929.36
LITTENSERADIEL	Friesland	13257.26	AMERSFOORT	Utrecht	6323.34
MENALDUMADEEL	Friesland	7003.42	BAARN	Utrecht	3331.57
OOSTSTELLINGWERF	Friesland	22608.28	BUNNIK	Utrecht	3757.14
OPSTERLAND	Friesland	22765.47	DE BILT	Utrecht	6710.25
WUNSERADIEL	Friesland	15898.95	DRIEBERGEN-RIJSENBURG	Utrecht	2644.06
BUREN	Gelderland	14293.21	HOUTEN	Utrecht	5894.75
CULEMBORG	Gelderland	3117.55	NIEUWEGEIN	Utrecht	2568.45
ELBURG	Gelderland	6381.90	VIANEN	Utrecht	4236.67
GELDERMALSEN	Gelderland	10166.77	WIJK BIJ DUURSTEDEN	Utrecht	5029.85
HARDERWIJK	Gelderland	3825.04	ZEIST	Utrecht	4864.21
LINGEWAAAL	Gelderland	5458.82	AXEL	Zeeland	7236.04
MAASDRIEL	Gelderland	7478.81	BORSELE	Zeeland	14343.54
NEERIJNEN	Gelderland	7296.26	GOES	Zeeland	9273.43
NIJKERK	Gelderland	7026.88	HULST	Zeeland	10713.92
SCHERPENZEELE	Gelderland	1384.25	NOORD BEVELAND	Zeeland	9006.66
ZALTBOMMEL	Gelderland	8975.62	OOSTBURG	Zeeland	19939.11
APPINGEDAM	Groningen	2462.69	REIMERSWAAL	Zeeland	10753.16
BEDUM	Groningen	4495.65	SAS VAN GENT	Zeeland	6378.67
BELLINGWEDDE	Groningen	11007.50	SLUIS-AARDENBURG	Zeeland	8325.29
DE MARNE	Groningen	18223.59	TERNEUZEN	Zeeland	12418.48
DELFIJL	Groningen	13601.12	VEERE	Zeeland	12920.10
EEMSMOND	Groningen	18047.00	VLISSINGEN	Zeeland	3894.91
GROOTEGAST	Groningen	8779.74	DIRKSLAND	Zuid-Holland	5603.30
HAREN	Groningen	5069.75	GOEDEREDE	Zuid-Holland	6978.60
HOOGEZAND-SAPPEMEER	Groningen	7304.88	KORENDIJK	Zuid-Holland	8055.70
LEEK	Groningen	6427.20	KRIMPEN AAN DEN IJSSEL	Zuid-Holland	893.02
LOPPERSUM	Groningen	11199.66	LEERDAM	Zuid-Holland	3432.20
MARUM	Groningen	6500.32	LIESVELD	Zuid-Holland	4443.92
MENTERWOLDE	Groningen	8162.20	MAASSLUIS	Zuid-Holland	762.34
WINSCHOTEN	Groningen	2223.59	MIDDELHARNIS	Zuid-Holland	6124.66
WINSUM	Groningen	10253.25	MONSTER	Zuid-Holland	1461.17
ZUIDHORN	Groningen	12836.61	NAALDWIJK	Zuid-Holland	2533.91
AALBURG	Noord-Brabant	5312.80	NIEUW-LEKKERLAND	Zuid-Holland	1277.40
BERGEN OP ZOOM	Noord-Brabant	9313.50	NOORDWIJKERHOUT	Zuid-Holland	2340.26
DRIMMELEN	Noord-Brabant	11919.70	OOSTFLAKKEE	Zuid-Holland	6980.04
ETTEN-LEUR	Noord-Brabant	5587.61	RIJNSBURG	Zuid-Holland	607.18
HALDERBERGE	Noord-Brabant	7525.11	ROTTERDAM	Zuid-Holland	1416.11
OOSTERHOUT	Noord-Brabant	7311.54	ROTTERDAM	Zuid-Holland	20845.60
STEENBERGEN	Noord-Brabant	14802.95	ROZENBURG	Zuid-Holland	454.20
WAALWIJK	Noord-Brabant	6773.84	S GRAVENDEEL	Zuid-Holland	2068.71
WERKENDAM	Noord-Brabant	12172.76	S GRAVENZANDE	Zuid-Holland	1745.60
WOENSCHRECHT	Noord-Brabant	9197.64	SCHOONHOVEN	Zuid-Holland	696.10
WOUDRICHEM	Noord-Brabant	5165.21	VOORHOUT	Zuid-Holland	1258.89
			WASSENAAR	Zuid-Holland	5238.74
			WESTVOORNE	Zuid-Holland	5939.12
			ZEDERIK	Zuid-Holland	7649.30

Bijlage 4. Paper gepresenteerd tijdens de Annual Science Conference van de International Council for the Exploration of the Sea, in Vigo (Spanje), 21-26 September 2004.

ICES CM 2004
DIADROMOUS FISH COMMITTEE
THEME SESSION S
PAPER: 12

TRENDS IN EEL HABITAT ABUNDANCE IN THE NETHERLANDS DURING THE 20TH CENTURY

Nicola Tien and Willem Dekker

Netherlands Institute for Fisheries Research,
PO Box 68, 1970 AB IJmuiden, the Netherlands.
Tel. +31 255 564 646 – fax +31 255 564 644.
E-mail: Nicola.Tien@WUR.NL, Willem.Dekker@WUR.NL

Abstract

Loss of fresh water habitats is one potential explanation for the decline of the stock of the European eel *Anguilla anguilla* (L.) throughout the second half of the 20th century. Assessing its role in the decline, as well as developing targets for habitat restoration, requires that the loss of habitat is first quantified. For the Netherlands, information on changes in water surface for the larger water bodies is readily available, but (the change in) the contribution of the smaller waters (canals, ditches etc) is completely unknown.

A first quantitative assessment of the decrease in fresh water area throughout the 20th century is compiled for the Netherlands. Both surface area and bank length are investigated. Quantification took place by measuring the length of ditches on historical and modern land maps, in two selected reference areas, selected to be representative for the major part of the country. The cumulative bank length has decreased to about half its former value, which decline was almost exclusively concentrated in the small ditches. The steepest decline occurred in the 1950s and 1960s, in relation to land re-allocation programmes. The water surface, however, greatly increased during the 1930s and 1940s, due to the reclamation of part of the Waddensea (now Lake IJsselmeer), but later on gradually declined, due to the construction of polders and the decrease in ditch abundance.

The increase in open water surface and the loss of bank length are both potential causes for the decline of the eel stock. The creation of Lake IJsselmeer resulted in a large fresh water lake close to the sea, acting as a kind of trap for immigrating glass eel; the abundance of the resulting eel stock gave rise to an intense fishery, overexploiting the local stock. The loss of bank length will have resulted in a direct loss of habitat, particularly since female eel tend to concentrate in these areas.

Finally, the interrelation between habitat abundance, stock abundance and restoration measures is discussed, with reference to the quantitative distribution of the eel in Europe.

Introduction

The stock of the European eel *Anguilla anguilla* (L.) is in rapid decline (Figure 1). Recruitment of juveniles to the continent dropped since 1980 by nearly an order of magnitude per generation (Moriarty 1986; Dekker 2000a, 2004a). Continental stocks and fishing yield have declined more gradually over several decades (Moriarty & Dekker 1997; Dekker 2003c, 2004b), and a further drop is expected, given the continued decline in recruitment (Dekker 2004c). A range of potential causes has been suggested (Castonguay et al. 1994; EIFAC 1993; Moriarty and Dekker 1997; ICES 2002a; Dekker 2004c) including habitat loss, overfishing, pollution and climate change. Temporal correlations with the observed trends have been discussed, but the potential mechanisms involved have hardly

been analysed, prohibiting problem-oriented restoration measures. Based on a precautionary approach, urgent protective measures have been advised: anthropogenic impacts must be curtailed, where they exceed sustainable limits (ICES 2002a). For exploitation, a provisional management target has been defined (ICES 2002b), safeguarding a minimal spawning stock of 30 % (or preferably 50 %, considering the many uncertainties particular for eel) in relation to the unexploited state. For habitat restoration, a step-wise approach has been suggested (ICES 2002a), ranging from restoring accessibility to existing habitats to restoration of forgone habitats. However, since the effect of habitat restoration on the stock is as yet unquantified, this pragmatic ranking of restoration options is a poor substitute for quantitative management targets. Ultimately, the processes involved must be elucidated (carrying capacity, density dependence in eel), and the quality and quantity of habitats assessed.

The amount of habitat available for the eel population is not well known. Moriarty and Dekker (1997) provided expert guesswork on the amount of (accessible and inaccessible) habitat by country, in which the larger water bodies apparently dominated. For larger rivers and streams, ICES (2002a) quantified the temporal development in the number of large dams, showing a fast increase since the 1950s. Dekker (2000a) described the fragmentation of the continental stock over a multitude of small-scaled inland waters, and suggested that a complete assessment of habitat and stock in 10,000 separate water bodies is practically inachievable. Noting that rivers constitute fractal networks (Tarboton, Bras and Rodriguez-Iturbe 1988) of relatively high fractal dimension, overall trends can not adequately be derived from data on larger water bodies alone. Consequently, we review data on trends in water surface for larger water bodies in the Netherlands, and estimate the trend in the smallest water bodies (ditches) preliminary, using two spatial samples assumed to be representative for the major part of the Netherlands.

The eel fisheries in the Netherlands are poorly documented. For Lake IJsselmeer, data on recruitment, stock abundance, and impact of fisheries cover the whole 20th century (Dekker 1998, 2004a, 2000c; Figure 1) but the remainder of the country is largely unknown. Point estimates of fishing yield indicate a magnitude similar to that of Lake IJsselmeer, throughout the second half of the 20th century. Circumstantial evidence (Moriarty and Dekker 1997) indicates that there are large discrepancies between areas, but that the overall declining trend has occurred throughout the country; the only exception probably being the major rivers, in which water quality improvement counterbalanced the overall decline of the stock.

Materials and methods

Information was collected on the amount of fresh water habitats in the Netherlands. Water bodies were categorised as a) rivers, b) great lakes, c) ditches and d) remaining waters. For the latter two categories, no information was readily available, and new estimates were derived from recent and historical maps (see below). Since this new estimation was effectively limited to time periods in early, mid and end of the 20th century, the search for readily available information was restricted to these time periods too.

For the rivers Rhine and Meuse, information on historical bank length and surface area was extracted from Wolters et al. (2001), Maas et al. (1997) and personal communication (AD Buijse, Ministry of Traffic and Water Management).

For the larger lakes IJsselmeer and Haringvliet, information on the water surface area of Lake IJsselmeer, Lake Haringvliet and their polders was derived from the National Bureau of Statistics (Centraal Bureau voor de Statistiek, CBS), measured from the maps in Wolters-Noordhoff (2002) and copied from Havinga (1954). Bank length was measured manually on an ordnance map (1:250.000) of the Rijks Geologische Dienst (1991), using a rod length corresponding to approx. 1 km.

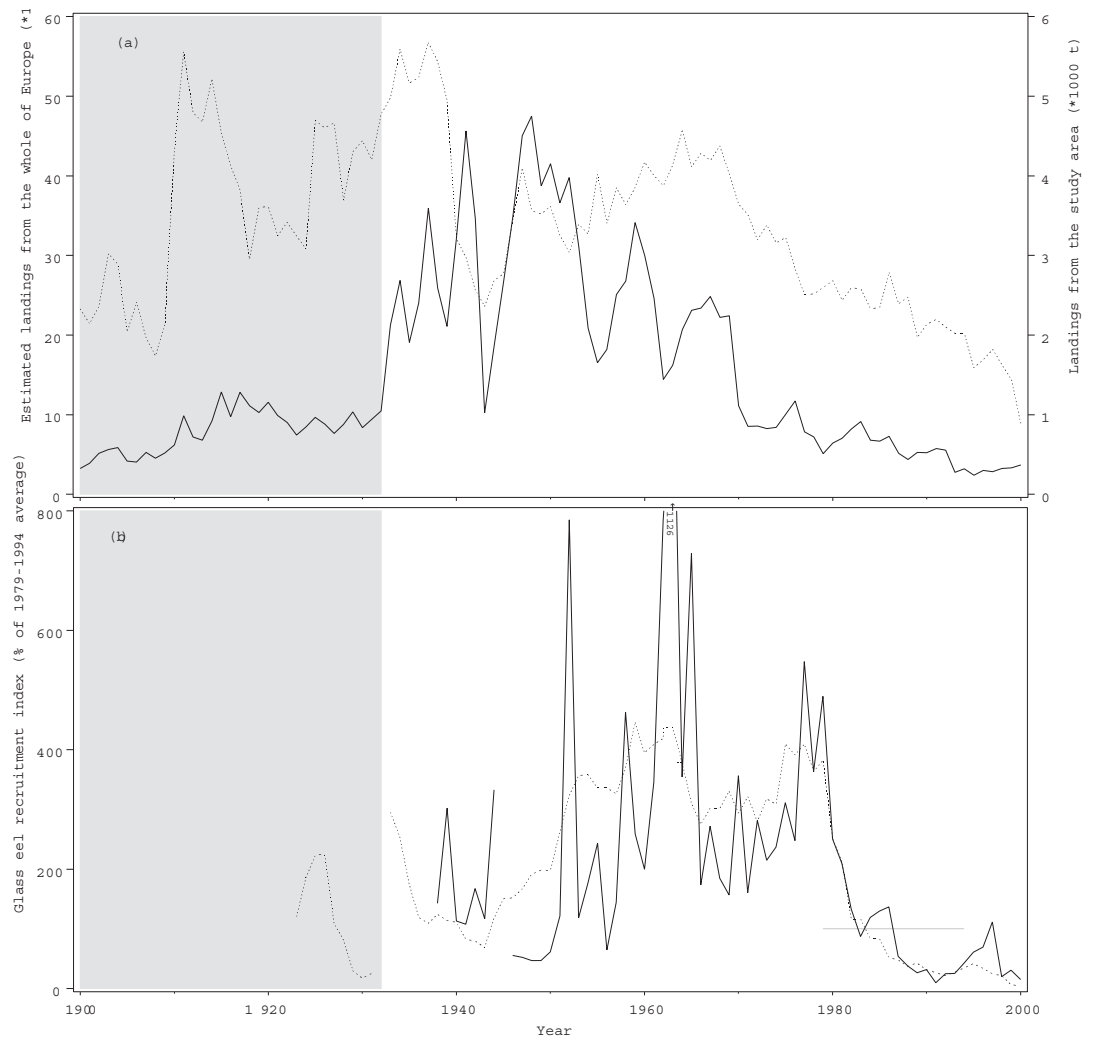


Figure 1 (a) Estimated landings and (b) indices of recruitment of glass eel, for the total population (broken line), and for the study area (solid line), during the 20th century. In 1932, the estuarine study area was transformed into a freshwater lake. Data from Dekker (2002, 2003c) and original.

For the ditches, canals and other waters, an estimate of their surface area and bank length was derived, by measuring their extend in two plots, selected to be reasonably representative for the major part of the country. Since eel fisheries in areas more than 1 m above sea level are virtually restricted to the main rivers (Figure 2a,b), suitable ditches and canals in these areas were assumed to be absent. The remaining area was categorised as below or above sea level (Figure 2.a), and in both categories, a single plot was chosen for which ordnance maps were available covering the early, mid and end of the 20th century. The location of these plots are indicated in Figure 2.c, and a representative part (approx. 3 km²) reproduced in Figure 3 and Figure 4. The whole plots will be referred to as Gouderak and Sommeldijk in the following, naming the places shown in Figure 3 and Figure 4, although the actual measurements comprised a much larger area, of 112.5 km² for Gouderak and 67.5 km² for Sommeldijk. Boundaries for the measurements were (51°55'705N 4°35'056E) to (52°02'197N 4°43'817) for Gouderak, and (51°41'880N 4°00'434E) to (51°48'370N 4°08'277E) for Sommeldijk.

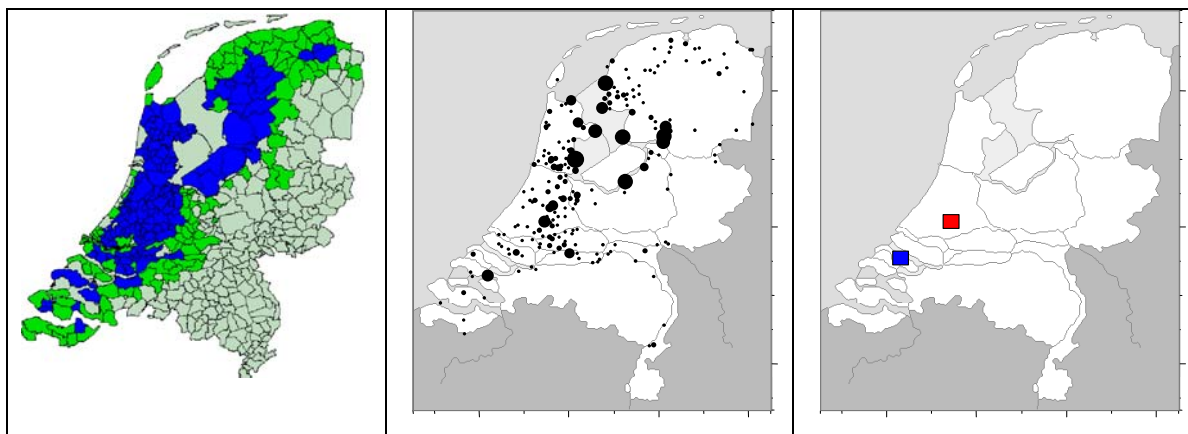


Figure 2 The spatial distribution of altitudes (by municipality; below sea level: blue; < 1 m above sea level: green; > 1 m above sea level: grey), of eel fishermen's home addresses (by zip code area in 1995; symbols proportional to their abundance), and the selected experimental plots (Gouderak in red; Sommeldijk in blue). Data from CBS 2004; Dekker 2000a; and original.

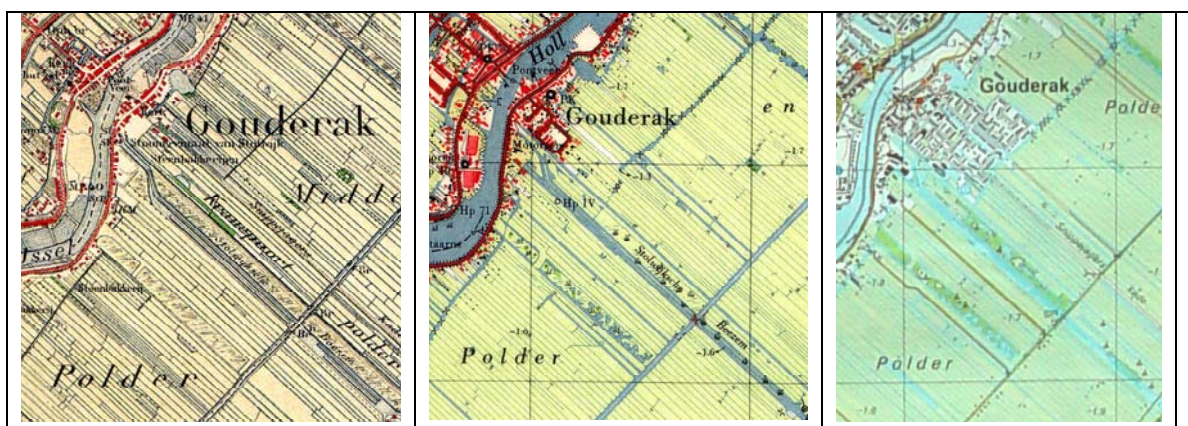


Figure 3 Reproduction of parts of the Ordnance maps of the area near Gouderak, dating from around 1920, 1950 and 2000 respectively. (Reproduced with permission of the Dutch Ordnance Survey).

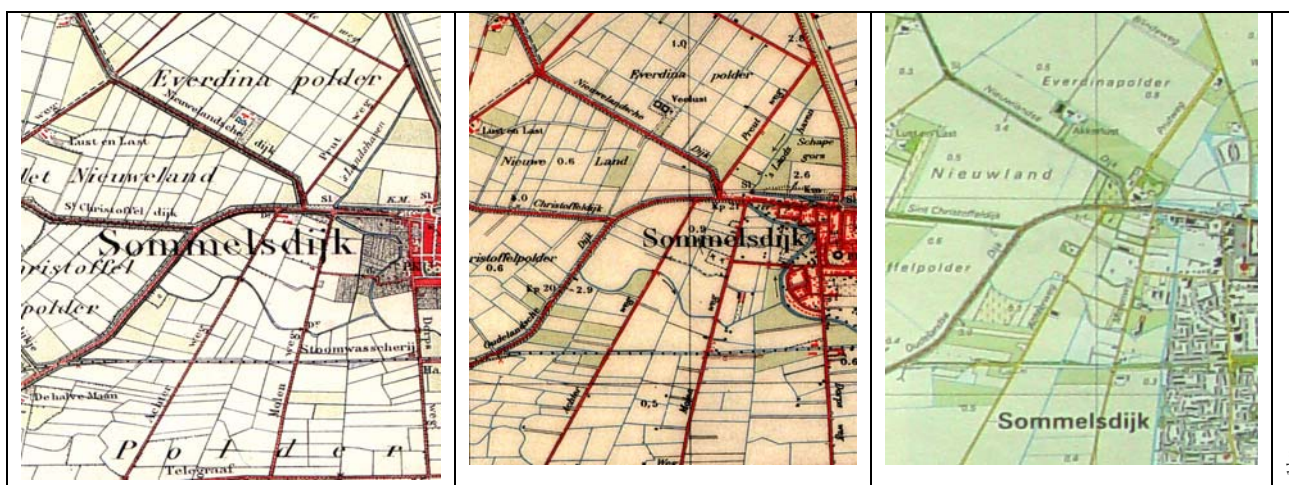


Figure 4 Reproduction of parts of the Ordnance maps of the area near Sommeldijk, dating from around 1920, 1950 and 2000 respectively. (Reproduced with permission of the Dutch Ordnance Survey).

On the maps from mid and end 20th century, all waterways are indicated in blue. The earlier map uses blue for the larger waterways, but a single black line for ditches; for this map, ditches were identified by comparison to more recent maps, and by comparison within the map. For each time period and each area, the cumulative length of all waterways was measured directly from the map, using a mechanical curvimeter, and raised in accordance with the scaling factor of the map.

Waterways with a width < 6 m (ditches) are indicated by a single (blue) line in the maps; for these, an average width of 2 m was assumed. For larger waterways (width > 6 m), an average width of only 7 m was used; this category will be labeled 'canals' in the following, although some smaller lakes are included too. Surface area was calculated for each map in each time period, for smaller and larger waterways separately. Bank length was assumed to be double the waterway length, except for the smallest ditches (average width 2 m), for which the two zones on opposing banks were assumed to overlap.

Finally, the estimated water surface areas and bank lengths of the Sommeldijk and the Gouderak areas were raised to represent country totals, using data on country wide surface area by altitude class derived from CBS (2004).

Results

The total fresh water surface in the Netherlands is estimated at 2051 km² in 1920, was more than doubled by the reclamation of Lake IJsselmeer from the Waddensea in 1932, but subsequently declined by 20 % due to polder reclamations (Table 1). This surface area was made up of smaller lakes, rivers, canals and ditches, but following the large reclamation projects, large lakes now dominate. The abundance of smallest ditches declined by 54 % over the 20th century, while the larger canals increased by 76 %. The length of waterways and their banks, however, was and is completely dominated by the small ditches, making up 95 - 83 % of the total bank lengths. Due to the decline in the abundance of ditches, overall bank length declined by 48 % during the 20th century.

The dominance of larger lakes for water surface and ditches for bank length depends on assumed parameters such as waterway width, but the dominance is so overwhelming, that doubling the assumed parameters does not alter the relationships considerably.

Overall, the emerging picture is a loss of small waterways, most prominently in the areas just above sea level, while large reclamation projects have increased the water surface.

Table 1 Fresh water surface area and bank length for Dutch inland waters, as compiled from literature sources and map measurements in two sample areas (Gouderak and Sommeldijk).

Water body or type	Bank length (km)			Water surface (km ²)		
	1920	1950	1999	1920	1950	1999
Rivers Rhine and Meuse	1,785?	1,785?	1,785	234?	247?	260
Lake IJsselmeer *	-	-	600	(3,270)	2,790	1,820
Lake Haringvliet *	-	-	-	(70)	(70)	70
Other lakes and rivers	?	?	?	960?	960?	960
<i>Gouderak area, 112.5 km² in total</i>						
Ditches < 6 m	2430	1804	1201	4.86	3.61	2.40
Canals > 6 m	151	172	273	2.11	2.41	3.82
Areas below sea level (i.e. Gouderak raised) **						
Ditches < 6 m	165,996	130,930	99,838	332	262	200
Canals > 6 m	10,315	12,483	22,694	144	175	318
<i>Sommeldijk area, 67.5 km² in total</i>						
Ditches < 6 m	1089	968	320	2.18	1.94	0.64
Canals > 6 m	39	40	35	0.55	0.56	0.49
Areas 0-1 m above sea level (i.e. Sommeldijk raised) ***						
Ditches < 6 m	152,347	135,420	44,767	305	271	90
Canals > 6 m	5,456	5,596	4,896	76	78	69
SUM	>335,899	>286,214	>174,580	2,051	4,783	3,787

*) Salt water areas that became fresh after reclamation in later years are listed in parentheses, and excluded from further calculations.

**) The total area below sea level in the Netherlands is estimated at 7685 km² in 1920, 8165 km² in 1950 and 9352 km² in 1999.

***) The total area 0-1 m above sea level in the Netherlands is 9443 km² and has hardly changed during the 20th century.

Discussion

The stock of the European eel has declined gradually over several decades (Dekker 2004c). The causes of the decline are essentially unknown (Feunteun 2002; Dekker 2004c); potential causes have been suggested (Castonguay et al. 1994; EIFAC 1993; Moriarty and Dekker 1997; ICES 2002a), and temporal correlations with the observed trends assessed. Since none of the suggested causes matches the trend in the observations well, a parallel, successive or synergistic effect of multiple causes is most probable (Dekker 2004a). Identification, quantification and impact assessment of individual causes will be required, to unravel their relation to the historically observed trends. This paper addresses the quantification of habitat loss in the Netherlands explicitly, and does not aim to discuss the causes of the decline of the eel stock in full length. The current discussion will therefore restrict to the relation between habitat and stock abundance.

During the 20th century, the surface area of habitats suitable for eel in the Netherlands has not declined at all. Large reclamation projects enclosing marine areas, have increased the fresh water surface area considerably, which resulted in a dramatic increase of eel yield in the now fresh water lakes. This seems to disqualify habitat loss as a potential cause of the decline. However, habitat alteration and fisheries might have a synergistic effect. The eel stock in Lake IJsselmeer is heavily overexploited (Dekker 2000c), which is presumably less the case in smaller waters in the surrounding areas. Transport of incoming recruits into the hinterland by selective tidal transport (McCleave and Wippelhauser 1987) will have been blocked by the closing of the dam encircling the lake. The construction of Lake IJsselmeer therefore has increased the fresh water surface area, but has probably shifted the main population from a moderately exploited to a heavily overexploited area. Opportunistically assuming that almost all recruitment into Lake IJsselmeer is effectively lost for the population (Dekker 2000c), this comes to a loss of about half the total Dutch eel stock.

In contrast to the increase in water surface during the 20th century, the length of waterways (and their bank length) has been reduced considerably. This decline occurred predominantly in the areas just above sea level. Areas below sea level, however, never have an open connection to the sea, and are therefore of dubious quality as eel habitat; traditional eel ladders and fish passes rely on the natural, downward water flow, and are therefore not applicable in areas below sea level. The decline of ditch abundance in the areas just above sea level will have constituted a severe loss of eel habitat. Eels having a preference for burrows and hides (Knights 2003, Fischer & Eckman 1997, Perrow *et al.* 1996), we consider the overall shift from many small-scaled ditches to few large-scaled lakes that occurred in the 20th century in the Netherlands, a loss of habitat quality. Opportunistically excluding all lakes, all areas below sea level and all main rivers, the loss of ditches resulted in a loss of 70 % of the original habitats.

Considering that the amount of suitable habitat has declined considerably (opportunistically estimated at 50-70 %), the question arises whether that has effected the eel stock. This is equivalent to the question, whether the stock was and is at full carrying capacity of its habitats or not. Klein Breteler, Dekker and Lammens (1990) conducted experiments in ponds, varying the standing stock between 1 and 6 g m⁻², and found an optimum production of 0.5-2.0 g m⁻² a⁻¹ at 3 g m⁻², and no positive net production at 6 g m⁻². Aprahamian (2000) reported on 15 sites in the River Severn catchment (UK), and found no variation in mean individual growth rates at densities varying from 2.5 to 25 g m⁻², which he interpreted as environmental conditions always limiting the growth, and the population always being at carrying capacity. However, intrinsic limitations to individual growth, such as temperature regulated metabolism rates, might explain the observations equally well. In any case, Aprahamian's result clearly indicate, that stock densities up to 25 g m⁻² do occur, and that carrying capacity must be that high in places. Consequently, no general conclusion can be drawn.

Since the standing stock is most often unknown (including in our study), references to annual productivity occur more often; see for instance Tesch (1999) or Dekker (2003a). Production estimates range from 0.003 to 32 g m⁻² a⁻¹. In the current study, annual production for Lake IJsselmeer is estimated at 1.17 g m⁻² a⁻¹ in 1950 and 0.19 g m⁻² a⁻¹ in

1999. For the remainder of the country, no production data are available, but point estimates indicate a magnitude comparable to that of Lake IJsselmeer. If so, this would correspond to a decline in production from 1.9 to 0.3 g m⁻² a⁻¹ from 1950 until 1999. Clearly, habitat loss can not explain a decline in production in the remaining habitats. Is habitat loss in the Netherlands to be dismissed as one of the potential causes of the decline of the eel stock, and consequently, is or isn't habitat restoration a prerequisite for stock rebuilding? As Dekker (2004b) pointed out, recruitment switched to extremely low levels (1-10 %) in the 1980s, most probably due to compensatory processes in the oceanic life stages (Dekker 2004c), following a gradual decline of the continental stock in the preceding decades. Since the decline of the continental stock is not proportional to the subsequent decline in recruitment, current habitat must be adequate to sustain current recruitment. However, why the continental stock declined gradually still remains a mystery. Possibly, deteriorating habitat quality, and consequently loss of carrying capacity is a key factor, in which case restoration of the historical stock requires substantial restoration of habitat quantity and/or quality.

Eel habitat in the Netherlands was estimated at some 2000-5000 km² in the current analysis. That constitutes only a few percent of the overall habitat in Europe (Moriarty and Dekker 1997), and is situated outside the main recruitment area (Dekker 2003a). However, since the eel stock tends to be concentrated in estuaries and lower stretches of rivers (Barak and Mason 1992), it is recommendable to extend the current approach to other regions, that is: to assess the trends in even the smallest water bodies, in flood plains, salt marshes and polders, throughout Europe.

Acknowledgements

This study has been financed by the Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food Safety, under a programme on migratory fish.

Literature

- Aprahamian, M. W. 2000. The growth rate of eel in tributaries of the lower River Severn, England, and its relationship with stock size. *Journal of Fish Biology* 56: 223-227.
- Barak N-E. and Mason C.F. 1992. Population density, growth and diet of eels, *Anguilla anguilla* L., in two rivers in eastern England. *Aquaculture and Fisheries Management* 23:59-70
- Castonguay M., Hodson P.V., Couillard C.M., Eckersley M.J., Dutil J.D., and Verreault G. 1994 Why is recruitment of the American eel, *Anguilla rostrata*, declining in the St. Lawrence River and Gulf? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 479-488.
- CBS (2004), <http://statline.cbs.nl/>
- Dekker W. 1998 Long-term trends in the glass eels immigrating at Den Oever, The Netherlands. *Bulletin Français de la Pêche et de Pisciculture, Conseil Supérieur de la Pêche, Paris (France)* 349:199-214.
- Dekker W. 2000a The fractal geometry of the European eel stock. *ICES Journal of Marine Science* 57, 109-121.
- Dekker W. 2000c Impact of yellow eel exploitation on spawner production in Lake IJsselmeer, the Netherlands. *Dana* 12: 17-32.
- Dekker W. (ed.) 2002 Monitoring of glass eel recruitment. Report C007/02-WD, Netherlands Institute of Fisheries Research, IJmuiden, 256 pp.
- Dekker W. 2003a On the distribution of the European eel and its fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 60, 787-799.

- Dekker W. 2003c Did lack of spawners cause the collapse of the European eel, *Anguilla anguilla*?. Fisheries Management and Ecology 10: 365-376.
- Dekker W. 2004a What caused the decline of Lake IJsselmeer eel stock since 1960? ICES Journal of Marine Science 61: 394-404.
- Dekker W. 2004b A conceptual management framework for the restoration of the declining European eel stock. Proceedings of the international eel symposium, Quebec, Canada, August 2003. Fisheries, submitted.
- Dekker, W. 2004c. Slipping through our hands - Population dynamics of the European eel. PhD thesis, 11 October 2004, University of Amsterdam, in prep.
- EIFAC 1993 Report of the 8th session of the Working Party on eel. Olsztyn, Poland, 1993. EIFAC occasional paper 27, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (Italy), 21 pp.
- Feunteun E. 2002 Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): an impossible bargain. Ecological Engineering 18: 575-591.
- Fischer, P. and Eckman R. 1997. "Spatial distribution of littoral fish species in a large European lake, Lake Constance, Germany." Archiv für Hydrobiologie 140(1): 91-116.
- ICES 2002a International Council for the Exploration of the Sea. Report of the ICES/EIFAC Working Group on Eels. ICES C.M. 2002/ACFM:03.
- ICES. 2002b. International Council for the Exploration of the Sea. ICES cooperative research report N° 255, Report of the ICES Advisory Committee on Fishery Management, 2002: 940-948.
- Klein Breteler J. G. P., Dekker W. and Lammens E.H.R.R. 1990. Growth and production of yellow eels and glass eels in ponds. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie 75(2):189-205.
- Knights, B. C. 2003. Enhancing stocks of European eels (*Anguilla anguilla* L.) to benefit bittern (*Botaurus stellaris* L.), otter (*Lutra lutra* L.) and other endangered piscivores. In: Cowx I.G. 2003. Interactions between fish and birds: implications for management. Fishing News Books, Oxford.
- Maas, G.J., Wolfert, H.P., Schoor, M.M., Middelkoop, H. 1997. Classificatie van riviertrajecten en kansrijkdom voor ecotopen. Een voorbeeldstudie vanuit historisch-geomorfologisch en rivierkundig perspectief. DLO-Staring Centrum, Wageningen
- McCleave, J. D., and Wippelhauser, G. S. 1987. Behavioral aspects of selective tidal stream transport in juvenile American eels. American Fisheries Society Symposium, 1: 138-150.
- Moriarty C. 1986 Riverine migration of young eels *Anguilla anguilla* (L.). Fisheries Research 4: 43-58.
- Moriarty C. and Dekker W. (eds.) 1997 Management of the European Eel. Fisheries Bulletin (Dublin) 15: 110 pp.
- Perrow M.R., Jowitt A.J.D. and Zambrano-Gonzalez L. 1996. Sampling fish communities in shallow lowland lakes: Point-sample electric fishing vs electric fishing within stop-nets. Fisheries Management and Ecology 3(4): 303-313.
- Tarboton D.G., Bras R.L., and Rodriguez-Iturbe I. 1988. The fractal nature of river networks. Water Resources Res. 24: 1317-1322.
- Tesch F. W. 1999 Der Aal. Parey Buchverlag, Berlin. 397 pp.

Wolters, H. A., Platteeuw, M. and Schoor, M.M. (eds.) (2001). Richtlijnen voor inrichting en beheer van uiterwaarden. Ecologie en veiligheid gecombineerd. Rijksinstituut voor integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling rapport no. 2001.059.

Wolters-Noordhof, 2001, De Grote Bosatlas editie 52 (2001). Wolters-Noordhoff, Groningen.