

# Anifeiliaid ymledol a'u heffeithiau ar ecosystemau dŵr croyw Prydain<sup>1</sup>

John Rhidian Thomas a Siân W. Griffiths

*Ysgol y Biowyddorau, Prifysgol Caerdydd*

**Crynodeb:** Cyflwyno rhywogaethau anffroddol yw un o'r bygythiadau mwyaf sylweddol a wyneba bioamrywiaeth byd eang. Ceir effaith sylweddol ar ecosystemau dŵr croyw, oherwydd cyflwynir nifer fawr o rywogaethau i lynnoedd ac afonydd ar gyfer dyframaethu a physgota. Yn yr erthygl hon, disgrifir yr anifeiliaid dŵr croyw anffroddol hynny sy'n bresennol ac yn ymledu ym Mhrydain, neu sy'n debygol o ymsefydlu dros y blynyddoedd nesaf. Esbonnir sut effaith y caiff yr anifeiliaid hyn ar ecosystemau dŵr croyw ac economi Prydain, gan hefyd amlygu'r problemau hynny sy'n dod i'r amlwg wrth geisio rheoli'r ymledwyr. Trafodir hefyd sut y bydd newid hinsawdd a bygythiadau eraill yn effeithio ar ddsbarthiad rhywogaethau ymledol yn y dyfodol.

**Allweddeiriau:** Rhywogaethau ymledol, anifeiliaid dŵr croyw, ecosystemau, cimbwch yr afon, pysgod, ymledwyr, cynefinoedd, afonydd, Prydain.

## Invasive animals and their effects on British freshwater ecosystems

**Abstract:** *The introduction of non-native species presents one of the most significant threats facing biodiversity worldwide. Freshwater ecosystems are particularly affected, due to the widespread introduction of species to rivers and lakes for aquaculture and fishing. This article describes non-native, freshwater animals that are present and invasive in Britain, as well as those which are likely to become established over the coming years. The effects of these animals on freshwater ecosystems are explained, and problems that are faced when attempting to manage invasive species are highlighted. Additionally, the effects of climate change and other stressors on the future distribution of non-native species are discussed.*

**Keywords:** Invasive species, freshwater animals, ecosystems, crayfish, fish, habitats, rivers, Britain.

<sup>1</sup> Hoffem ddiolch i'r Coleg Cymraeg Cenedlaethol am ariannu'r gwaith ymchwil trwy ddyfarniad Ysgoloriaeth Ymchwil, ac i'r Athro Jo Cable am ei chyfraniad fel cyd-oruchwylydd John Rhidian Thomas.

## Cyflwyniad

Yn ystod y ganrif ddiwethaf, bu i weithgaredd dynol gyfrannu'n helaeth at y broses o ddatgymalu ecosystemau'r byd trwy dministrio cynefinoedd, lleihau amrywiaeth genedig a difodi rhywogaethau ar raddfa enfawr. Eisoës, cafodd colli bioamrywiaeth ar y fath raddfa gryn effaith ar y gwasanaethau y mae ecosystemau yn eu darparu, megis dadelfennu a chylchrediad maetholion, ailgylchu mwynau, rheoli hinsawdd ac, yng nghyd-destun ecosystemau dŵr croyw, darparu dŵr i'w yfed (Cardinale et al., 2012). Ymysg prif achosion gostyngiad bioamrywiaeth o ganlyniad i weithgarwch dynol y mae cyflwyno rhywogaethau ymledol i gynefinoedd ac ecosystemau newydd (Bellard et al., 2016).

Gall rhywogaethau anffroddol (*non-native*) gael eu cyflwyno i ecosystemau dieithr trwy weithgarwch dynol heb effaith negyddol. Diffinnir rhywogaethau ymledol (*invasive*) fel rhai sy'n cael effaith annymunol ar yr amgylchedd, iechyd dynol neu'r economi wrth iddynt gael eu cyflwyno i ecosystemau newydd trwy weithred ddynol (Boonman-Berson et al., 2014). Symudir anifeiliaid a phlanhigion gan fodau dynol ar draws ardaloedd a rhanbarthau eang am amryw o resymau ac, o ganlyniad, effeithir yn sylweddol ar yr ecosystemau a gytrefir gan y rhywogaethau 'newydd' hyn (Bellard et al., 2016). Gyda'r cynnydd mawr mewn systemau chudiant byd-eang (Hulme 2009), cynyddodd graddfa symudiad rhywogaethau i ecosystemau estron yn sylweddol. Bellach, mae hyn yn bygwth bioamrywiaeth ar bob cyfandir. Nid newydd oedd symudiad rhywogaethau ledled y byd; yn hanesyddol, ceir sawl enghraifft, ond nodwedd sy'n gyffredin rhyngddynt yw mai symudiadau naturiol a gweddol araf oeddent (Hulme 2009). Bellach, nid naturiol yw'r symudiadau hyn ac mae'r raddfa gyfredol o ddylanwad dynol ar ddsbarthiad rhywogaethau wedi arwain gwyddonwyr at awgrymu ein bod mewn epoc daearegol newydd – yr Anthroposen (Strayer 2010).

Er cynifer y rhywogaethau a symudir ar draws y byd i gynefinoedd gwryfol, nifer bychan iawn (tua 1%) o'r rhain sy'n debygol o achosi difrod sylweddol ac ymledu (Williamson a Fitter 1996). Er hyn, pan bydd rhywogaethau anffroddol yn llwyddo i ymledu, gall eu heffeithiau fod yn ddramatig. Er enghraifft, o ganlyniad i gyflwyniad bwriadol draenogyn y Nil (*Lates niloticus*) i Lyn Fictoria, Affrica (yn wreiddiol i'w bysgota), dioddefodd dros 200 rhywogaeth o bysgod ciclid ddifodiant dros gyfnod byr iawn o amser (Strayer 2010).

Rheolir y nifer o rywogaethau ymledol sy'n debygol o ymsefydlu mewn ardal benodol gan ffactorau biotig megis yr hinsawdd leol, cemegion sydd yn y dŵr a thymheredd y cynefin dros y gaeaf. Wrth i hinsawdd y byd newid, bydd dosbarthiad naturiol rhywogaethau'n ceisio addasu i'r newid hwnnw. Golyga hynny y bydd dosbarthiad rhai rhywogaethau'n ehangu'n naturiol tra bydd eraill yn crebachu (Heino et al., 2009). Yn ogystal, cysylltir presenoldeb rhywogaethau ymledol mewn unrhyw leoliad â nifer o ffactorau dynol, megis y sefyllfa economaidd (h.y. Cynnyrch Mewnwladol Crynswth), y nifer o heolydd a rheilffyrdd, a'r nifer o borthladdoedd cyfagos (Hulme 2009, Gallardo ac Aldridge 2013). Gyda'i gilydd, bydd y ffactorau hyn yn pennu rhwyddineb symudiad rhywogaethau o un man i'r llall, ac yn y dyfodol, y darogan yw mai cynyddu a wna'r nifer o rywogaethau ymledol ym Mhrydain, yn enwedig o fewn ecosystemau dŵr croyw.

Yn ecolegol, mae ecosystemau dŵr croyw mewndirol o bwysigrwydd mawr, gan eu bod yn gorchuddio llai nag 1% o arwynebedd arwyneb y byd ond eu bod yn gartref i tua 10% o rywogaethau hysbys adnabyddus (Strayer a Dudgeon 2010). Maent hefyd yn ardaloedd pysgota pwysig, sy'n darparu bwyd i filiynau o bobl ar draws y byd. Er mwyn bod yn agos at ddŵr i'w yfed, tuedd dyn oedd adeiladu anheddau ar hyd glannau afonydd neu lynnoedd. Arwain hyn at nifer o anawsterau wrth ddefnyddio'r dŵr fel adnodd. Wrth i nifer o anheddau gynyddu, mae'r ecosystemau dŵr cyfagos yn cael eu haddasu a'u newid i sicrhau cyflenwad digonol i gwrdd â gofynion dŵr yfed. Gall hyn olygu agor sianeli neu adeiladu argaeau; heb ofal digonol, gall hyn arwain at ddinistriad cynefinoedd a cholled mewn bioamrywiaeth.

Tra rhestrir ffactorau megis gorddefnydd adnoddau, llygredd a dinistriad cynefinoedd fel bygythiadau sylweddol i ecosystemau dŵr croyw (Dudgeon et al., 2006), un o'r prif fygythiadau a wyneba bioamrywiaeth y cynefinoedd hyn yw cyflwyno anifeiliaid ymledol (Bellard et al., 2016). Dros amser, gwelwyd enghreifftiau niferus o gyflwyno rhywogaethau anfredorol bwriadol, hynny, fel arfer, er budd pysgota neu ddyframaethu. Gwelwyd hefyd nifer o achosion o gyflwyno mewn camgymeriad (Strayer 2010). Yn ddiweddar, gosodwyd rheolau llym ar 37 o rywogaethau ymledol gan Reoliad yr Undeb Ewropeaidd (1143/2014) ar rywogaethau ymledol anfredorol. O'r 23 anifail ymledol sydd bellach yn rhan o'r ddeddfwriaeth honno, mae 11 ohonynt yn rhai dŵr croyw, a nifer ohonynt eisoes yn bresennol ym Mhrydain (EU Commission 2016). Oherwydd hyn, canolbwyntia'r adolygiad hwn ar y sefyllfa ym Mhrydain o ran yr anifeiliaid ymledol sy'n byw mewn ecosystemau dŵr croyw, gan gynnwys llynnoedd, afonydd a gwlypdiroedd. Yn benodol, gan adolygu'r llenyddiaeth ac asesiadau risg cyfredol, bydd yr erthygl hon yn trafod ac yn crynhoi gwybodaeth ynghylch i) yr anifeiliaid dŵr croyw ymledol hynny sydd ym Mhrydain, neu sy'n debygol o gyrraedd yn y dyfodol, ii) yr effaith ecolegol y mae'r ymledwyr hyn yn eu cael, iii) y technegau sy'n cael eu defnyddio er mwyn rheoli'r ymledwyr, yn ogystal â'r heriau cysylltiedig, a iv) effaith newid hinsawdd a ffactorau amgylcheddol eraill ar ddsbarthiad anifeiliaid dŵr croyw ymledol. Er bod nifer o blanhigion ymledol hefyd wedi ymsefydlu ym Mhrydain (Roy et al., 2014), penderfynwyd bod arolwg trylwyr o blanhigion ymledol Prydain y tu hwnt i gwmpas yr astudiaeth hon (gweler Booy et al., 2015 am drosolwg o blanhigion ac anifeiliaid ymledol ym Mhrydain).

## Ymledwyr dŵr croyw ym Mhrydain

Mae'n bosibl rhestru rhai nodweddion penodol sy'n gysylltiedig â'r anifeiliaid ymledol hynny sydd wedi ymsefydlu'n llwyddiannus mewn ecosystemau dŵr croyw: cramenogion (fel arfer, aelodau o urdd y Decapoda neu'r Amphipoda), pysgod a molysgiaid (Strayer 2010). Yn aml, mae'r anifeiliaid hyn yn medru ymdopi ag amrediad eang o amgylcheddau gwahanol, cystadlu â rhywogaethau cynhenid a throsglwyddo heintiau iddynt (gweler isod). Llwyddodd nifer o anifeiliaid ymledol i ymsefydlu ym Mhrydain ac erbyn hyn, maent wedi arwain at nifer o heriau amgylcheddol (Tabl 1).

**Tabl 1:** Anifeiliaid anffrodorol dŵr croyw nodedig sydd wedi ymledu, neu sy'n debygol o ymsefydlu ym Mhrydain. Dynodir y grŵp o anifeiliaid a ddisgrifir, eu prif effeithiau ar yr amgylchedd, y rhywogaethau o fewn y grŵp a'u henwau cyffredin. Yn ogystal, dangosir ardal gynhenid y rhywogaethau a phryd y cawsant eu darganfod ym Mhrydain.

\* Rhywogaeth anffrodorol sy'n gyfreithlon i'w chadw fel anifail anwes

\*\* Nid oes poblogaeth wyllt yn bodoli, ond fe'u mewnoforiwyd yn anghyfreithlon ar gyfer eu gwerthu'n anifeiliaid anwes

Grŵp	Prif effeithiau ar yr amgylchedd	Rhywogaeth	Enwau cyffredin	Dosbarthiad naturiol	Dyddiad darganfod	Cyfeirnodau
Decapoda	Lledaenu haint – pla cimwch yr afon ( <i>Aphanomyces astaci</i> ); cystadlu â rhywogaethau cynhenid; effeithio ar strwythur y gadwyn fwyd; cynyddu gwaddod; tyllu banciau afonydd.	<i>Pacifastacus leniusculus</i>	cimwch arwyddol yr afon ( <i>signal crayfish</i> )	Gogledd America	1970au	Peay et al., 2010; Dittel ac Epifanio 2009
		<i>Orconectes virilis</i>	cimwch afon y gogledd ( <i>virile / northern crayfish</i> )	Gogledd America	2004	
		<i>Orconectes limosus</i>	cimwch rhesog yr afon ( <i>spiny-cheek crayfish</i> )	Gogledd America	1990au	
		<i>Procambarus clarkii</i>	cimwch coch y gors ( <i>red swamp crayfish</i> )	Gogledd America	1980au	
		<i>Astacus astacus</i>	cimwch nobl yr afon ( <i>noble crayfish</i> )	Ewrop gyfandirol	1980au	
		<i>Astacus leptodactylus</i>	cimwch crafanc gul yr afon ( <i>narrow-clawed crayfish</i> )	Twrci	1980au	
		<i>Procambarus acutus</i>	cimwch gwyn yr afon ( <i>white river crayfish</i> )	Gogledd America	2000	
		<i>Cherax quadricarinatus</i> *	cimwch crafanc goch yr afon ( <i>red claw crayfish</i> )	Awstralia	-	
		<i>Procambarus fallax cf. virginialis</i> **	cimwch brith yr afon ( <i>marbled crayfish</i> )	-	-	

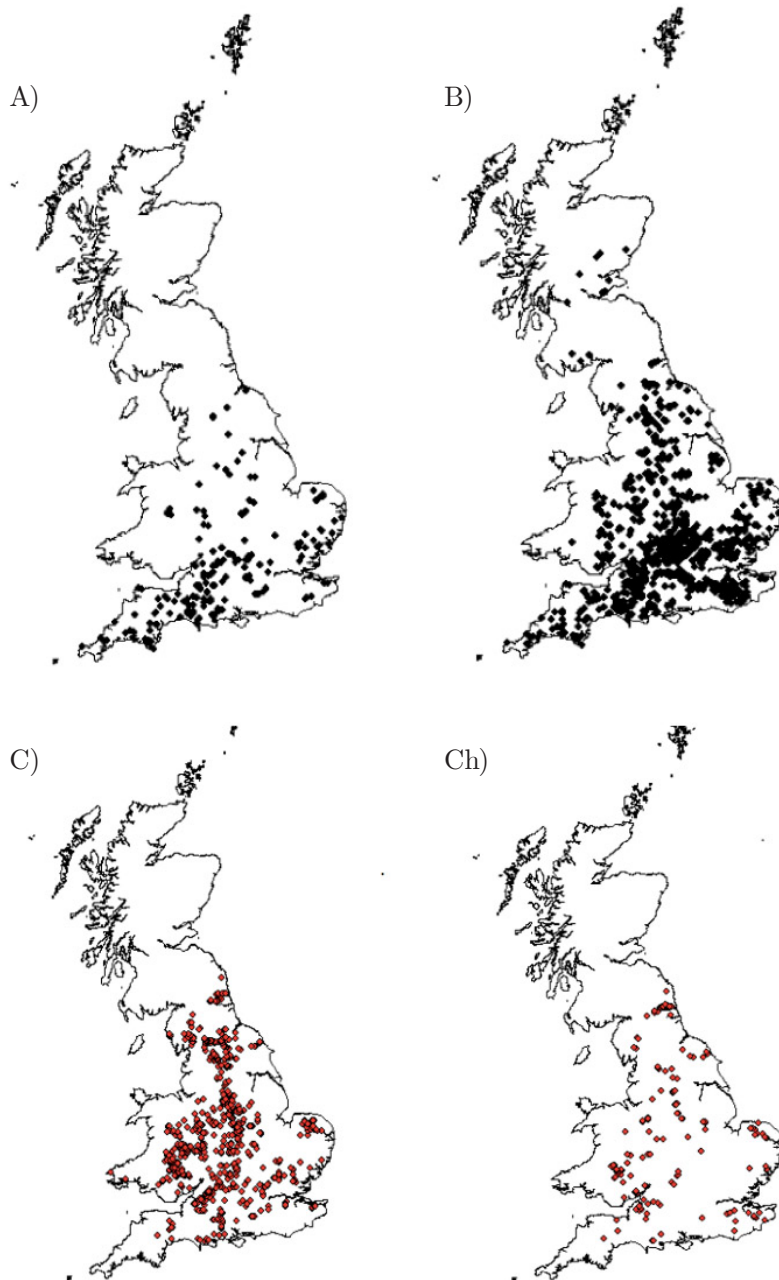
		<i>Eriocheir sinensis</i>	cranc manegog Tsieina ( <i>chinese mitten crab</i> )	Corea a Tsiena	1935	
Amphipoda	Ysglyfaethu rhywogaethau cynhenid	<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>  <i>Dikerogammarus villosus</i>	berdysyn cythreulig ( <i>demon shrimp</i> )  berdysyn rheibus ( <i>killer shrimp</i> )	Dwyrain Ewrop	2000au	Rewicz et al., 2014; MacNeil et al., 2012; Aldridge 2013.
Amphibia	Bwyta anifeiliaid cynhenid gan gynnwys pysgod, mamaliaid ac adar ifanc. Hefyd, ysglyfaethu amffibiaid eraill a lledaenu haint ( <i>Batrachochytrium dendrobatidis</i> ).	<i>Lithobates catesbeianus</i>	marchlyffant americanaidd ( <i>american bullfrog</i> )	Gogledd America	1996	Marchant 2012a
Aves	Dim effaith sylweddol ym Mhrydain; hybrideiddio ag <i>O. leucocephala</i> ar dir mawr Ewrop.	<i>Oxyura jamaicensis</i>	hwyaden goch ( <i>ruddy duck</i> )	Gogledd America	1948	Marchant 2012b
Mollusca	Hidlo maetholion o'r dŵr; tyfu ar fframweithiau systemau dŵr; newid cylchred maetholion; cystadlu â misglod cynhenid.	<i>Dreissena rostriformis bugensis</i>  <i>Dreissena polymorpha</i>  <i>Corbicula fluminea</i>	cragen las ledresog ( <i>quagga mussel</i> )  cragen las resog ( <i>zebra mussel</i> )  cragen gylchog asiaidd wastad ( <i>Asian clam</i> )	Rwsia  Yr Wcráin  Asia	2014  1825  1998	Strayer 2010; Aldridge et al., 2014; Elliot a Ermgassen 2008
Pysgod	Lledaenu heintiau a chystadlu â physgod cynhenid	<i>Pseudorasbora parva</i>  <i>Leucaspis delineatus</i>  <i>Lepomis gibbosus</i>  <i>Percocottus glenii</i>	llyfrothen uwchsafn ( <i>topmouth gudgeon</i> )  belica ( <i>sunbleak</i> )  swilyn tagell-goch ( <i>pumpkinseed</i> )  cysgadur Amur ( <i>amur sleeper</i> )	Asia  Canolbarth Ewrop  America  Asia	1996  1980au  1890au  -	Pinder a Gozlan 2005  Zięba et al., 2010  Copp et al., 2004  Reshetnikov a Karyagina 2015
Reptilia	Nifer o boblogaethau gwyllt ond, hyd yn hyn, nid oes tystiolaeth eu bod yn atgenhedlu ym Mhrydain oherwydd hinsawdd oer. Cystadlu â chrwbanod cynhenid Ewrop, ond nid oes effaith sylweddol ym Mhrydain hyd yn hyn.	<i>Trachemys scripta elegans</i>	terapin clustgoch ( <i>red-eared terrapin</i> )	Mississippi (America)	1980au	Cadi a Joly 2004

## Decapoda

Yn aelodau o is-ffylwm y cramenogion (Crustacea), mae'r Decapoda'n cynnwys dros 20 rhywogaeth sy'n gyfrifol am godi problemau sylweddol ledled y byd wrth iddynt ymledu, gan fwyta planhigion dŵr, malwod ac anifeiliaid benthig eraill (Strayer 2010). O'r 11 anifail dŵr croyw sydd wedi eu henwi'n rhan o Ddeddfwriaeth Rhywogaethau Ymledol yr Undeb Ewropeaidd (1143/2014), mae chwech ohonynt yn aelodau o'r Decapoda (EU Commission 2016). Yma, rhestrir y gwahanol rywogaethau o Decapoda a welir ym Mhrydain. Trafodir eu heffeithiau isod.

Cimychiaid yr afon yw canran uchel o'r ymledwyr dŵr croyw ym Mhrydain. Maent yn anifeiliaid poblogaidd i'w dyframaethu a hefyd i'w cadw mewn acwaria fel anifeiliaid addurnol (Lodge et al., 2000). Oherwydd eu poblogrwydd, hyd yn hyn, llwyddodd saith rhywogaeth anfrodorol i sefydlu poblogaethau gwyllt ym Mhrydain (Tabl 1). Er 1996, mae deddfwriaeth Prydain wedi gwahardd mewnfario cimychiaid anfrodorol yr afon heb drwydded; serch hynny, darganfyddir unigolion anghyfreithlon mewn porthladdoedd yn aml (Peay et al., 2010). Ceir un eithriad i'r gyfraith, sef cimychiaid crafanc goch yr afon (Tabl 1); caniateir y rhywogaeth hon gan fod nodweddion hinsoddol Prydain yn ddigon oer i atal, yn arferol, ei hymlediad, er y ceir ambell leoliad ac ynddo boblogaethau gwyllt (Peay et al., 2010). Daw llwyddiant cimychiaid yr afon fel ymledwyr o ganlyniad i'w ffrwythlondeb, tyfiant cyflym, goddefedd ffisiolegol a deiet hollysol, yn ogystal â'u gallu i ddelio â newidiadau anthropogenig, megis llygredd, yn gymharol effeithiol.

Yn fyd-eang, mae tua 75% o rywogaethau cimychiaid yr afon yn gynhenid i Ogledd America. Daw'r gweddill, yn wreiddiol, o Ewrop, Asia neu Awstralia (Lodge et al., 2000). Eisoes, cyflwynwyd sawl rhywogaeth o Ogledd America i Brydain a chyfandir Ewrop, ac erbyn hyn rhestrir dwywaith y nifer o rywogaethau ymledol cimychiaid yr afon yn Ewrop nag o rai cynhenid (Holdich et al., 2009). O'u cyflwyno, mae cimychiaid yr afon o Ogledd America wedi anrheithio nifer o boblogaethau cynhenid Ewrop gan gynnwys unig rywogaeth frodorol Prydain, cimwch crafanc wen yr afon (*Austropotamobius pallipes*), hynny yn bennaf drwy gystadleuaeth rhyngrywogaethol a throsglwyddo pla cimwch yr afon, *Aphanomyces astaci* (gweler isod). Dylid nodi nad yw pob un o saith cimwch anfrodorol yr afon ym Mhrydain yn peri'r un gofid o ran cadwraeth. Er enghraifft, mae dwy o'r rhywogaethau wedi eu cyflwyno o gyfandir Ewrop, sef cimwch crafanc gul yr afon (*Astacus leptodactylus*) a chimwch nobl yr afon (*Astacus astacus*), sydd hefyd yn cael eu lladd gan y pla (Peay et al., 2010). Cyfynga hyn ar eu gallu i ymledu. Ym Mhrydain, rhagwelir y bydd cimychiaid crafanc wen yr afon yn wynebu difodiant mewn cynefinoedd naturiol erbyn 2030, a hynny, yn bennaf, o achos presenoldeb cimychiaid yr afon eraill, ymledol (Ffig. 1; Holdich et al., 2009). Yn barod, mae niferoedd cimychiaid crafanc wen yr afon wedi gostwng yn sylweddol (Ffig. 1), tra bod niferoedd cimwch arwyddol yr afon (ymledol) (*Pacifastacus leniusculus*) wedi cynyddu.



Ffigwr 1: Dosbarthiad cimychiaid arwyddol yr afon (ymledol) (*Pacifastacus leniusculus*; A a B) a chimychiaid crafanc wen yr afon (cynhenid) (*Austropotamobius pallipes*; C ac Ch). Gwelir cynnydd sylweddol yn niferoedd cimychiaid arwyddol yr afon rhwng 1991 (A) a heddiw (B), ac, o ganlyniad, lleihad yn niferoedd cimychiaid crafanc wen yr afon cyn 1991 (C) a heddiw (Ch). (Addaswyd ac atgynhychwyd o James et al., 2015b; hawlfraint Joanna James).

Cimwch arwyddol yr afon (Ffig. 2) yw decapod mwyaf cyffredin Prydain ac un o'r anifeiliaid ymledol mwyaf dinistriol. Yn gynhenid i Ogledd America, cyflwynwyd y rhywogaeth hon i Brydain yn yr 1970au a hynny er mwyn ei magu o fewn systemau dyframaethu (Peay et al., 2010).



Ffigwr 2: Cimwch arwyddol yr afon (*Pacifastacus leniusculus*) sy'n ymledol ym Mhrydain. Daliwyd y ddau unigolyn hyn yng nghanolbarth Cymru. Sylwer bod yr un ar y chwith tua 17 cm o hyd, tra bod yr un ar y dde tua 13.5 cm. Mae cimychiaid arwyddol yr afon yn llawer mwy eu maint na chimychiaid crafanec wen yr afon (cynhenid) (*Austropotamobius pallipes*), sydd fel arfer yn mesur llai na 12 cm.

Rhywogaeth gymharol 'newydd' i afonydd Prydain yw cimwch afon y gogledd (*Orconectes virilis*; Tabl 1); ar hyn o bryd, fe'i cyfyngir i ardal yn Llundain yn sgil ei chyflwyno i'r afon Lea gan berson a wagiodd gynnwys acwaria addurniadol i'r afon (Peay et al., 2010). Yn debyg i'r sefyllfa honno, mae cimwch coch y gors (*Procambarus clarkii*; Tabl 1) hefyd yn gyfyngedig, ar hyn o bryd, i ardaloedd o fewn Llundain tra bod cimychiaid gwyn yr afon (*Procambarus acutus acutus*) yn bresennol mewn un llyn yn Windsor, Lloegr. Rhagwelir y bydd y rhywogaethau hyn yn ehangu eu cwmpas dros y blynyddoedd nesaf i ardaloedd mwy dwyreiniol Lloegr (Peay et al., 2010). Mae'r tair rhywogaeth yn cludo pla cimwch yr afon, ac wedi eu profi yn rhywogaethau mwy ymosodol o'u cymharu â chimychiaid yr afon arwyddol (James et al., 2015a). Yn ychwanegol, tra bod cimwch rhesog yr afon (*Orconectes limosus*) yn gyfyngedig, o leiaf ar hyn o bryd, i'r afon Trent yng ngogledd Lloegr, disgwylir i'w gwmpas ehangu dros y tri degawd nesaf ar draws y wlad (Peay et al., 2010).



O'r rhywogaethau a restrir yn Nhabl 1, daw'r gofid mwyaf o botensial cyflwyno cimwch brith yr afon (*Procambarus fallax cf. virginialis*) i Brydain (Peay et al., 2010). Rhywogaeth 'ryfedd', parthenogenetig (h.y. mae'n atgenhedlu'n anrhywiol) yw hon; credir iddi esblygu oddi mewn i'r farchnad anifeiliaid acwaria (h.y. nid oes poblogaethau gwyllt cyfartal o'r rhywogaeth hon wedi eu darganfod; Chucholl 2014). Fel unig rywogaeth cimwch yr afon a all atgenhedlu'n barthenogenetig, mae ganddi'r potensial i ymledu'n gyflym, gydag un anifail yn medru sefydlu poblogaeth newydd. Disgrifir cimychiaid brith yr afon fel 'ymledwyr perffaith' gan eu bod yn gallu atgenhedlu'n gyflym, delio ag amrediad tymheredd eang a lledaenu pla cimwch yr afon i rywogaethau cynhenid. Rhagwelir ei fod yn debygol y bydd poblogaethau newydd yn ymsefydlu ym Mhrydain, Ffrainc, Sbaen a nifer o wledydd Ewropeaidd eraill dros y degawdau nesaf (Chucholl 2014). Mewn sawl gwlad, megir cimychiaid yr afon mewn llynnoedd awyr agored; ymarfer, sy'n amlwg, yn cynyddu'r risg ohonynt yn dianc gan eu bod yn medru gwasgaru dros y tir a lledaenu i lynnoedd neu afonydd cyfagos (Chucholl et al., 2014). Darganfuwyd cimwch brith yr afon eisoes mewn porthladd Prydeinig o ganlyniad i fewnforio anghyfreithlon, a hynny er gwaethaf y rheolau llym sy'n bodoli (Peay et al., 2010).

Decapod arall sy'n ymledu ym Mhrydain yw cranc manegog Tsieina (*Eriocheir sinensis*; Tabl 1). Cranc sy'n byw mewn ardaloedd dŵr croyw ac yn agos i aberoedd yw hwn, sydd eisoes wedi ymsefydlu fel rhywogaeth ymledol ar gyfandir Ewrop a Gogledd America (Dittel a Epifanio 2009). Credir bod y rhywogaeth wedi'i chyflwyno yn nŵr balast llongau, yn gyntaf yn yr Almaen yn 1912, ac ers hynny mae'r rhywogaeth wedi ymledu drwy wledydd Ewrop (Dittel a Epifanio 2009). Bu tua 40 mlynedd cyn i boblogaethau'r rhywogaeth godi i lefelau a oedd yn achosi niwed amgylcheddol sylweddol ym Mhrydain (Herborg et al., 2005). Fel cimychiaid yr afon, gall cranc manegog Tsieina gerdded dros y tir rhwng un afon neu lyn i'r llall; gwna hyn y broses o gytefrefu cynefinoedd newydd yn gymharol hawdd (Fialho et al., 2016). Mae'r rhywogaeth hefyd yn cludo pla cimwch yr afon, sy'n ei gwneud yn fygythiad arall i gimychiaid yr afon cynhenid Ewrop.

## Amphipoda

Mae'r Amphipoda, er eu bod yn anifeiliaid llawer llai eu maint na chimychiaid yr afon neu grancod, yn cynnwys dwy rywogaeth ymledol Brydeinig sydd wedi derbyn yr enwau drwg-enwog o berdysyn rheibus (*Dikerogammarus villosus*) a berdysyn cythreulig (*Dikerogammarus haemobaphes*; Tabl 1). O'r ddwy rywogaeth, y cyntaf i gyrraedd, a'r mwyaf cyffredin yw'r berdysyn rheibus, tra darganfuwyd y berdysyn cythreulig yn ddiweddarach yn 2010 (MacNeil et al., 2012). Mae'r ddwy rywogaeth yn ysglyfaethwyr gwancus, yn bwyta pysgod ifanc yn ogystal ag infertebratau cynhenid, ac yn effeithio ar ansawdd dŵr (Rewicz et al., 2014). Fel yn achos cimwch brith yr afon y sonnir amdano uchod, disgrifir y berdysyn rheibus fel ymledwr 'perffaith' (Rewicz et al., 2014), ac mae canfod y rhywogaeth yn ddiweddar ym Mhort Talbot, Bae Caerdydd a Chaergrawnt wedi achosi cryn bryder (MacNeil et al., 2012). Dadleuir y bydd effeithiau hir dymor ymlediad y rhywogaeth hon ar draws Prydain lawer gwaeth nag unrhyw gramennog ymledol a gyflwynwyd hyd yma (MacNeil et al., 2012). Yn

ôl modelau biohinsoddol Gallardo et al., (2012), mae 60% o gynefinoedd dyfrol Prydain yn addas i'w cytrefu gan y berdysyn rheibus. Rhagwelir lledaeniad sylweddol o'r rhywogaeth yn y dyfodol agos, yn enwedig yn nwyrain a de-ddwyrain Lloegr.

## Mollusca

Ym Mhrydain, hyd yn hyn, sefydlwyd tair rhywogaeth nodedig o folysgiaid ymledol, sef y gragen las resog (*Dreissena polymorpha*), y gragen las ledresog (*Dreissena rostriformis bugensis*) a'r cragen gylchog asiaidd wastad (*Corbicula fluminea*; Tabl 1). Mae'r cragen las resog yn weddol gyffredin, a rhagwelir bod rheoli'r rhywogaeth hon, ar ei phen ei hun, yn debygol o gostio dros £5 miliwn yn flynyddol (Aldridge et al., 2014). Yn gynnar yn 2014, amlygwyd y gragen las ledresog fel y rhywogaeth ymledol fwyaf peryglus y gellir ei chyflwyno ym Mhrydain (Roy et al., 2014), a hynny yn sgil ei photensial i ymledu ac achosi niwed drwy hidlo dŵr a gostwng lefelau maetholion. Yn anffodus, erbyn mis Medi 2014, darganfuwyd poblogaeth o'r rhywogaeth yn un o isafonydd y Tafwys, yr Afon Colne (Aldridge et al., 2014).

Fel un o rywogaethau ymledol gwaethaf Ewrop, bu'r gragen gylchog asiaidd yn bresennol ym Mhrydain ers 1998 (er nad yw wedi achosi llawer o niwed). Yn 2004, cododd tipyn o bryder ynghylch y rhywogaeth yn dilyn darganfod poblogaeth luosog yn yr Afon Tafwys (tua 648 unigolyn m<sup>-2</sup>); amcangyfrifwyd y gallai'r boblogaeth honno gyrraedd niferoedd uchel iawn erbyn 2020 (Elliot a Ermgassen 2008). Yn debyg i'r gragen las ledresog a'r gragen las resog, caiff y gragen gylchog asiaidd wastad effaith sylweddol ar yr ecosystem trwy newid dynaemeg maetholion yn y dŵr. Yn ogystal, caiff y rhywogaeth effaith economaidd sylweddol. Er enghraifft, wrth iddi ymledu yn UDA; bu iddi gytrefu ac amlhau mewn pibellau dŵr safleoedd ynni niwclear yn y 1980au, gan greu cost o dros \$2.2 biliwn (Elliot ac Ermgassen 2008).

## Pysgod

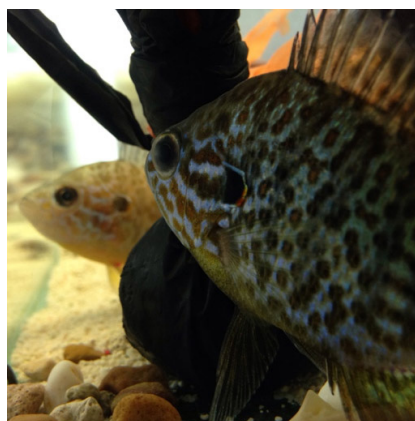
Bu pysgod yn cael eu cludo i Brydain ers canrifoedd, yn rhannol er budd dyframaeth ond hefyd i'w magu mewn llynnoedd addurnol. Yn aml, cludwyd y pysgod o Asia neu Ogledd America, ac erbyn hyn adwaenir rhai o'r rhywogaethau anfrodorol hyn yn rhai 'preswyl' neu 'brodoredig' (e.e. y carp cyffredin, *Cyprinus carpio*) (Hill et al., 2005). Ystyrir y rhywogaethau a gyflwynwyd yn fwy diweddar fel rhywogaethau anfrodorol ac ymledol. Ceir nifer o bysgod anfrodorol sydd wedi eu rhyddhau naill ai mewn camgymeriad gan bysgotwyr, neu drwy stocio pwrpasol fel pysgod addurnol. Gall y pysgod ymledol achosi cryn niwed i boblogaethau pysgod cynhenid trwy drosglwyddo parasitiaid newydd a chystadlu am fwyd (gweler isod). Yn gyfredol, adwaenir tair rhywogaeth o bysgod ymledol nodedig ym Mhrydain: y llyfrothen uwchsafn (*Pseudorasbora parva*), y belica (*Leucaspis delineatus*) a'r swilyn tagell-goch (*Lepomis gibbosus*; gweler Zięba et al., (2010) am restr sy'n cynnwys rhywogaethau prinnach). Yn Nhabl 1, nodir yn ychwanegol y cysgadur Amur (*Perccottus*

*glenii*), sef un o bysgod mwyaf ymledol cyfandir Ewrop. Er nad yw'r cysgadur Amur wedi cyrraedd Prydain eto, pwysleisiodd Reshetnikov a Karyagina (2015) botensial y rhywogaeth i ymledu ym Mhrydain yn y dyfodol, yn enwedig yn y de.

Yn wreiddiol o Asia, cyflwynwyd y llyfrothen uwchsafn i Lloegr yn yr 1980au, mewn camgymeriad, ar rwydi pysgota. Erbyn hyn, mae'r rhywogaeth wedi ymledu ledled Prydain, ac wedi sefydlu dros ugain poblogaeth wyllt (Pinder a Gozlan 2005; Zięba et al., 2010). Er yn gyfyngedig i nifer cymharol isel o lynnoedd pysgota ar hyn o bryd, gall y pysgod hyn wasgaru o'r llynnoedd i leoliadau eraill trwy afonydd cysylltiedig. Dyma pam, efallai, y cyllidwyd prosiect yn gymharol ddiweddar i geisio gwaredu'r rhywogaeth o Brydain. Canolbwyntiodd y gwaith ar y llynnoedd hynny lle y trig y llyfrothen, sydd hefyd wedi eu cysylltu ag afonydd (Hill et al., 2005), er mwyn lleihau'r risg o bysgod yn nofio i'r afon a gwasgaru ymhellach. Hyd yn hyn bu'r prosiect yn llwyddiannus; lleihawyd nifer poblogaethau'r rhywogaeth yn sylweddol (Brazier 2014). Fel yn achos y llyfrothen uwchsafn, cyflwynwyd y belica hefyd ar rwydi pysgota heb eu glanhau yn Lloegr yn yr 1980au (Zięba et al., 2010). Tardda'r rhywogaeth hon o gyfandir Ewrop, ac eisoes ymledodd ar hyd Prydain. Dyma rywogaeth a ystyrir yn brin yn ei chynefin brodorol, ond a nodir fel rhywogaeth ymledol mewn gwledydd eraill (Pinder a Gozlan 2005). Hyd yn hyn, nid oes cynllun i waredu'r belica o Brydain.

Yn tarddu o Ogledd America, bu'r swilyn tagell-goch yn rhywogaeth ymledol lwyddiannus iawn dros gyfandir Ewrop. Ar hyn o bryd, cyfyngir ei dosbarthiad ym Mhrydain i dde Lloegr (Copp et al., 2004).

Galluoga plastigrwydd ffenoteipaidd y swilyn tagell-goch iddo ymdopi ag amrediad eang o wahanol fathau o hinsawdd. Mae'r poblogaethau Prydeinig yn arddangos dynameg poblogaeth gwahanol iawn i'r hyn a welir ar gyfandir Ewrop, megis tyfiant araf ac oedolion bach, corachaidd, eu maint (Copp et al., 2004). Credir bod hyn o ganlyniad i'r hinsawdd gymharol oer a wynebier ym Mhrydain, yn ogystal â deiet gwahanol. Fel y llyfrothen uwchsafn, tuedda'r swilyn tagell-goch i fyw mewn llynnoedd, er bod gan y rhywogaeth botensial i wasgaru ac ymledu ymhellach trwy afonydd (Copp et al., 2004).



Ffigur 3: Y swilyn tagell-goch (*Lepomis gibbosus*), pysgodyn ymledol, yn labordai Prifysgol Caerdydd.

## Anifeiliaid eraill

Yma, nodir y rhywogaethau hynny sy'n cael eu dynodi fel ymledwyr, er nad ydynt yn uniongyrchol, o leiaf, yn effeithio'n negyddol ar ecosystemau Prydain (Tabl 1), ond maent yn gallu creu problemau ar gyfandir Ewrop. Fel rhan o'r Undeb Ewropeaidd, ar hyn o bryd, mae Prydain yn ymroddedig i ddelio â rhywogaethau a restrir gan Ddeddfwriaeth Rhywogaethau Ymledol yr Undeb Ewropeaidd (1143/2014). Er bod nifer o'r rhywogaethau sydd ar y rhestr hon yn fygythiad pendant i Brydain (e.e. cimwch brith yr afon), mae rhai megis y therapin clustgoch (*Trachemys scripta elegans*), yr hwyaden goch (*Oxyura jamaicensis*) a'r marchlyffant americanaidd (*Lithobates catesbeianus*) yn peri llai o ofid gan eu bod yn cael ychydig, os nad dim, effaith negyddol.

Cafodd yr hwyaden goch ei chyflwyno o UDA i gasgliad adar gwyllt Slimbridge, Lloegr, yn 1952 (Marchant 2012b). Bu i nifer o'r adar ddianc a sefydlu poblogaethau gwyllt a dyfodd ar raddfa, ar un adeg, o tua 24% bob blwyddyn. Er nad yw'r hwyaden hon yn gysylltiedig ag effaith negyddol ar rywogaethau cynhenid nac ar economi Prydain, bu i'r hwyaden fudo i Ffrainc a Sbaen, gan groesfridio â'r hwyaden benwen gynhenid (*O. leucocephala*). Yn 1999, cychwynwyd ar ymgyrch gyfeiriedig i waredu'r rhywogaeth o Brydain er mwyn gwarchod purdeb yr hwyaden benwen; bellach, lleihawyd y boblogaeth o tua 6,000 hwyaden goch i llai na 30. Yn debyg i hynny, potensial y therapin clustgoch i effeithio ar rywogaethau cynhenid cyfandir Ewrop, nid Prydain, sy'n achosi pryder (Cadi a Joly 2004; Wilkinson 2012). Ar dir mawr Ewrop, mae'r therapin clustgoch yn cystadlu â chrwbanod cynhenid; nid yw'r rhywogaethau hyn yn bod ym Mhrydain felly nid oes potensial i hyn ddigwydd yma. Er bod rhai ohonynt yn cael eu rhyddhau, ac yn medru byw am amser hir, nid oes tystiolaeth bod y therapin clustgoch yn medru atgenhedlu yn hinsawdd oer Prydain. O ganlyniad, nid oes unrhyw gynllun ar y gweill i waredu'r rhywogaeth hon, er bod rheolau llym yn gwahardd mewnfario neu werthu'r therapin. Cyn y gwaharddiad, rhwng 1989 a 1997 mewnforiwyd dros 52 miliwn o derapiniaid fel anifeiliaid anwes. O ganlyniad, sefydlwyd nifer o boblogaethau gwyllt, ac mae nifer o'r rhain yn parhau i fyw hyd at heddiw (Cadi a Joly 2004).

Yn olaf, tardda'r marchlyffant americanaidd o Ogledd America; fel y therapin clustgoch, mewnforiwyd rhai i Brydain fel anifeiliaid anwes (Marchant 2012a). Ar ôl dwy ymgais i ddifodi'r llyffant ym Mhrydain, dim ond un boblogaeth wyllt sydd bellach ar ôl, a hynny yn Swydd Essex (Marchant 2012a). Er bod y marchlyffant yn tyfu hyd at 20 cm, ac yn medru bwyta adar ifanc, pysgod a llyffantod eraill, ei brif fygythiad yw lledaenu haint angheuol (*Batrachochytrium dendrobatidis*) i amffibiaid cynhenid.

## Effeithiau ar ecosystemau

Er y ceir nifer o drafodaethau dadleuol am sut y dylid diffinio rhywogaethau ymledol (Boonman-Berson et al., 2014), yn gyffredinol fe'u disgrifir fel rhai sy'n achosi niwed i'r amgylchedd, yr economi neu i iechyd dynol pan y'u cyflwynir i ecosystemau 'newydd'. Er hyn, dadleua rhai y gall ymsefydliad rhywogaethau anffroddol arwain at effeithiau cadarnhaol

(e.e. Davis et al., 2011) ac, mewn rhai achosion, gallant effeithio'n negyddol ar un rhan o'r ecosystem wrth effeithio'n gadarnhaol ar ran arall. Yn yr adran hon, trafodir effeithiau biotig anifeiliaid ymledol ym Mhrydain, gan gynnwys eu rhyngweithiadau ag anifeiliaid cynhenid a'u heffeithiau ar elfennau strwythurol ecosystemau.

## Cystadleuaeth a rhyngweithiadau

Tuedda rhywogaethau ymledol fod yn fwy cystadleuol ac ymosodol o'u cymharu â rhywogaethau cyffelyb cynhenid. Mae hyn yn fuddiol wrth iddynt ehangu eu holion traed mewn ecosystemau newydd (Hudina et al., 2014). Trwy oruchafiaeth cystadleuol, gall rhywogaeth ymledol ennill adnoddau megis bwyd a chynefin a gwaredu poblogaethau cynhenid (Hudina et al., 2014). Yn ogystal, gall cytreffiad llwyddiannus gan rywogaeth ymledol effeithio'n negyddol ar ecosystemau dyfrol trwy ysglyfaethu facroffyttau ac anifeiliaid cynhenid (Strayer 2010). Fel rhywogaethau allweddol (*keystone species*), mae cyflwyno anifeiliaid megis cimychiaid yr afon ac Amphipoda yn effeithio'n sylweddol ar nifer o lefelau troffig a rhywogaethau eraill (MacNeil et al., 2013).

O'r rhywogaethau a restrir uchod (Tabl 1), mae cimychiaid yr afon, heb amheuaeth, yn un o'r anifeiliaid mwyaf ymosodol a chystadleuol. Cawsant ddylanwad ar holl lefelau'r gadwyn fwyd gan fwyta microffyttau ac infertebratau, yn enwedig y rhywogaethau rheini sy'n symud yn araf, megis pryfed pric (James et al., 2014). Trwy ddefnyddio eu crafangau pwerus, sefydla cimychiaid yr afon systemau hierarchaeth goruchafiaeth cymhleth o fewn poblogaethau. Hefyd, amrywia rhywogaethau'n gyffredinol yn eu tueddiadau ymosodol. Yn aml, mae rhywogaethau ymledol yn trechu rhywogaethau cynhenid os bydd eu cynefinoedd yn gorgyffwrdd (e.e. James et al., 2015a). Yn ogystal â chystadlu â chimychiaid yr afon (cynhenid), mae cimychiaid yr afon (ymledol) yn effeithio'n negyddol ar bysgod. Ym Mhrydain, mae presenoldeb cimwch arwyddol yr afon eisoes yn effeithio'n negyddol ar faint poblogaethau brithyll (*Salmo trutta*) ac eog (*S. salar*), gan ei fod yn mynd â chysgodfannau oddi wrth y pysgod. Mae hyn yn cynyddu risg y pysgod o gael eu bwyta gan ysglyfaethwyr (Griffiths et al., 2004).

Fel yn achos cimychiaid yr afon a chrancod manegog Tsieina, gall pysgod ymledol hefyd achosi niwed ecolegol drwy gystadlu yn erbyn rhywogaethau cynhenid, er mai diffygiol yw'r dystiolaeth, mewn cymhariaeth, o effeithiau natur ymosodol pysgod ymledol, megis y llyfrothen uwchsafn, y belica a'r swilyn tagell-goch ym Mhrydain hyd yma. Serch hynny, mae ymchwil mewn gwledydd eraill yn dangos bod natur ymosodol pysgod ymledol yn medru effeithio ar rywogaethau cynhenid, ac felly mae potensial i hyn ddigwydd ym Mhrydain. Dangosodd Almeida et al., (2014), er enghraifft, bod y swilyn tagell-goch mewn afonydd ar gyfandir Ewrop yn ymosod ar nifer o anifeiliaid dyfrol gwahanol, gan gynnwys pysgod, amffibiaid a chimychiaid yr afon (cynhenid).

Hyd yma, prif effaith negyddol yr Amphipoda ymledol (Tabl 1) yw ysglyfaethu ar rywogaethau cynhenid gan gynnwys pysgod ifanc ac ystod eang o infertebratau eraill (Dick et al., 2002; MacNeil et al., 2012; MacNeil et al., 2013; Rewicz et al., 2014). Yn aml, bydd y

berdysyn rheibus yn ymosod ar (ond nid yn bwyta) anifeiliaid eraill tra dangosodd Dodd et al. (2014) ei fod yn ysglyfaethu'n aml ar facroinfertebratau cynhenid ac yn tyfu llawer mwy o ran maint na'r berdysyn cynhenid (*Gammarus pulex*). Yn ogystal, dangosodd MacNeil et al. (2013) fod presenoldeb y berdysyn rheibus yn gysylltiedig â lleihad yn niferoedd sawl gwahanol rywogaeth o facroinfertebrat. Yn yr Iseldiroedd, arweiniodd natur ymosodol y berdysyn rheibus at ddifodiant berdys cynhenid (*Gammarus duebeni*) yn ogystal â gostyngiad mawr yn nwysedd poblogaeth berdysyn ymledol arall (*G. tigrinus*) (Rewicz et al., 2014).

Gall nifer o rywogaethau ymledol gwahanol ymledu i ardal newydd dros gyfnod o amser. Medrant ryngweithio â'i gilydd yn gadarnhaol neu'n negyddol (*invasional meltdown*; Simberloff 2006). Er enghraifft, dangosodd James et al. (2015a) fod cimwch afon y gogledd, a gyflwynwyd i'r afon Lea yn 2004, yn fwy ymosodol, ac yn lleihau niferoedd cimychiaid arwyddol yr afon (ymledol) a oedd eisoes yn bresennol yn yr ardal ers yr 1970au. Tra bod y gostyngiad yn niferoedd cimwch arwyddol yr afon yn gadarnhaol, crea presenoldeb dwy rywogaeth o gimychiaid yr afon (ymledol) yn yr un cynefin heriau llawer mwy nag yn achos presenoldeb un rhywogaeth yn unig.

## Heintiau a pharasitiaid

Gall llwyddiant ac effeithiau ymledwyr ddibynnu ar barasitiaid a heintiau (yn deillio naill ai o'u hardaloedd cynhenid, neu'n rhai a wynebant yn yr ardaloedd yr ymledant iddynt) (Blackburn ac Ewen 2016). Weithiau, gall anifail ymledol fod yn organeb letyol newydd i barasit anfrodorol. Er enghraifft, ym Mhrydain mae'r belica yn organeb letyol i barasit estron (*Neoergasilus japonicus*). Ar hyn o bryd, cyfyng yw dosbarthiad y parasit ond ceir darogan y gall y parasit bellach ymledu cyhyd â dosbarthiad llawn y belica, sy'n organeb letyol newydd (Pinder a Gozlan 2005). Mewn modd tebyg, mae'r llyfrothen uwchsafn yn organeb letyol i barasit mewngellol (*Sphaerothecum destruens*), sydd â photensial i niweidio pysgod cynhenid Prydain (Beyer et al., 2005). Ar y llaw arall, wrth newid cynefin gall lleihad yn ffawna parasitig rhywogaeth ymledol gynnig mantais i'r organeb letyol. Fel arfer, nifer bychan o anifeiliaid ymledol a drosglwyddir o un ecosystem i'r llall; o ganlyniad, nifer bychan o barasitiaid cynhenid a gyflwynir ar y cyd. Disgrifir y broses hon gan y rhagdybiaeth dianc rhag gelynyon (*enemy release hypothesis*; Keane a Crawley 2002). Mewn ecosystem newydd, mae rhai ymledwyr yn colli eu parasitiaid naturiol; gwna hyn hwy yn ymledwyr sy'n fwy tueddol o oroesi (Blackburn ac Ewen 2016). Er enghraifft, mae'n debyg fod y berdysyn rheibus sydd wedi sefydlu nifer o boblogaethau ymledol ym Mhrydain wedi 'dianc' rhag eu parasitiaid Microsporidia naturiol (Arundell et al., 2015).

Gall rhywogaethau estron gyflwyno a lledaenu clefydau a fydd yn lladd a dinistrio poblogaethau rhywogaethau cynhenid yr ardal newydd. Disgrifir hyn gan y rhagdybiaeth arfau newydd (*Novel Weapons Hypothesis*; Vilcinskis 2015). Manteisia'r rhywogaeth ymledol ar y parasit fel 'arf biolegol'; yn syml, gall y parasit leihau'r gystadleuaeth am adnoddau gan rywogaethau cynhenid trwy eu heintio (Vilcinskis 2015). Ceir enghraifft gyfarwydd

o hyn gyda'r wiwer lwyd (*Sciurus carolinensis*); rhywogaeth ymledol ym Mhrydain sy'n trosglwyddo firws brech y wiwer (SQPV – *squirrelpox virus*) i'r wiwer goch (*S. vulgaris*) gynhenid (Collins et al., 2014). O leihau niferoedd y wiwer goch, wyneba'r wiwer lwyd lawer llai o gystadleuaeth am fwyd a chynefin. Mewn ecosystemau dyfrol, tebyg yw buchedd poblogaethau cimychiaid yr afon o Ogledd America sydd ag ymwrthedd i bla cimwch yr afon, er eu bod yn gludyddion ohono. Nid felly yn achos rhywogaethau eraill o gimychiaid yr afon, yn enwedig y rheini sy'n gynhenid i Ewrop; bydd rhain yn cael eu lladd mewn byr amser o ddod i gysylltiad a chael eu heintio gan y ffwng sy'n achosi'r pla (Lodge et al., 2000). Mewn modd tebyg, mae amffibia byd-eang yn cael eu difa gan yr haint *Batrachochytrium dendrobatidis*, a all gael ei gario gan rywogaethau ymledol megis y marchlyffant americanaidd (Marchant 2012a).

Ceir trydydd damcaniaeth, sy'n ymwneud â rhagdybiaeth ymwrthedd biotig enwog Elton (1958) (*Biotic Resistance Hypothesis*). Yn wahanol i'r ddwy ddamcaniaeth uchod, tybia'r ddamcaniaeth hon y bydd rhywogaeth ymledol yn dioddef o symud i gynefin newydd sy'n anghyfarwydd iddynt, a hynny o achos effeithiau negyddol y parasitiaid cynhenid. Er bod arbrofion wedi ceisio profi'r ddamcaniaeth hon, erys diffyg tystiolaeth hyd yma (Blackburn ac Ewen 2016).

## Effeithiau strwythurol

Yn aml, daw prif effeithiau rhywogaeth ymledol yn fwyaf amlwg pan byddant yn effeithio ar agweddau ffisegol a strwythurol yr ecosystem. Gelwir rhywogaethau sy'n effeithio ar ecosystem yn y fath fodd yn beirianwyr ecosystem (*ecosystem engineers*, Jones et al., 1994). Achosir newidiadau amlwg gan rai ymledwyr; bydd cimychiaid yr afon, er enghraifft, yn codi gwaddod i'r golofn ddŵr (Creed a Reed 2004), yn addasu prosesau geomorffig a newid strwythur afonydd trwy dyllu i lannau'r afon, gweithred sydd hefyd yn aflonyddu'r swbstrad (Lodge et al., 2000, Williams et al., 2010). Mewn modd tebyg, tylla cranc manegog Tsieina i lannau afonydd mawr gan wneud glan yr afon yn fwy tebygol o gwmpo (Strayer 2010; Williams et al., 2010). Yn ogystal, wrth i'r crancod fudo drwy'r dŵr mewn niferoedd uchel ar eu taith i atgenhedlu yn y môr, gallant nid yn unig amharu ar lif dyfrffyrdd, ond gallant hefyd rwystro pysgod eraill, megis eogiaid, rhag mudo (Strayer 2010, Williams et al., 2010).

Gall anifeiliaid fel y cregyn deuglawr achosi newidiadau mawr i ecosystem estron trwy hidlo maetholion a phlanctonau o'r dŵr (Roy et al., 2014). Mae hyn yn effeithio ar y gadwyn fwyd trwy leihau cystadleuaeth i'r cyanobacteria, sydd wedyn yn ffynnu ac yn gollwng tocsinau i'r dŵr (Strayer 2010, Roy et al., 2014, Aldridge et al., 2014). Er enghraifft, gall cregyn glas rhesog hidlo rhwng 25 a 100% o ddŵr yr afon, sy'n arwain at gwmpo o ~ 80% ym miomas planctonau (Strayer 2010). Yn ogystal, gallant newid strwythur cylchredau carbon, ffosffad a nitrogen drwy ysgarthu maetholion i'w cregyn (Ozersky et al., 2015). Arwain hyn at argaeledd llai o faetholion at ddefnydd rhywogaethau eraill.

## Effeithiau economaidd

Gall goblygiadau economaidd sefydliad rhywogaethau ymledol mewn ecosystem fod yn sylweddol. Er enghraifft, amcangyfrifir bod rheoli rhywogaethau ymledol yn costio dros £1.7 biliwn yn flynyddol ym Mhrydain (Williams et al., 2010). Daw hyn, yn gyntaf, o'r gost o ddelio â chanlyniadau effeithiau negyddol uniongyrchol yr ymledwyr, megis difrod strwythurol. Amcangyfrifir, er enghraifft, bod lliniaru ymddygiad tyllu cimychiaid arwyddol yr afon (Tabl 1) i lannau afonydd yn costio tua £2.7 miliwn y flwyddyn (Williams et al., 2010). Hefyd, ceir costau ynghlwm wrth yr ymdrech i waredu anifeiliaid ymledol. Er enghraifft, mae'r gost o waredu'r llyfrothen uwchsafn (Tabl 1) dros £50,000 y tro (Britton et al., 2006, 2010), ac y mae fel arfer yn broses lwyddiannus.

Yn aml, ac yn arbennig yng nghyd-destun anifeiliaid a gyflwynwyd ar gyfer dyframaethu neu'r farchnad acwaria, gall yr ymledwyr effeithio'n gadarnhaol ar yr economi er eu bod yn peri i fioamrywiaeth ddirywio. Er enghraifft, yn Seland Newydd, mae'r farchnad pysgota brithyll ymledol werth tua \$300 miliwn. Ar yr un pryd, dadleolir pysgod cynhenid sy'n perthyn i deulu'r *Galaxiidae* gan arwain at newid yn y gadwyn fwyd (Simon a Townsend 2003). Ym Mhrydain, gwaharddwyd falwen ddŵr (*Pomacea canaliculata*) yn 2012 am fod potensial iddi achosi niwed drwy ddiffrodi microffyttau (Strayer 2010). Yn draddodiadol, roedd y falwen yn ychwanegiad pwysig a chyffredin iawn i'r fasnach anifeiliaid acwaria. Cafwyd ymateb chwyrn gan y fasnach anifeiliaid acwaria wrth iddynt ddarogan colli incwm sylweddol, a dadlau nad oedd unrhyw dystiolaeth bod y falwen yn cael effaith niweidiol. Mewn achosion o'r fath, mae'n anodd rheoli effeithiau negyddol rhywogaeth ymledol pan fo elwa economaidd yn rhan bwysig o'r hafaliad (Strayer 2010).

## Rheoli ymledwyr

Mae'n anodd iawn gwaredu anifeiliaid ymledol o'u cyflwyno i lynnoedd ac mae bron yn amhosibl gwneud hynny mewn afonydd gan fod y boblogaeth yn cyrraedd lefel uchel iawn. Yn ogystal, bydd y poblogaethau'n aml yn cynnwys nifer o anifeiliaid ifanc, bach, ac amhosibl yw dal holl aelodau'r boblogaeth (Freeman et al., 2010). Tra gellid defnyddio gwenwyn, mae natur amhenodol y tocsinau'n golygu bod nifer o rywogaethau eraill yn cael eu difa ar yr un pryd. Un o'r heriau a wyneba awdurdodau wrth geisio atal symudiad pellach ymledwyr yw diffyg gwybodaeth ymysg y cyhoedd. Er enghraifft, sefydlwyd poblogaeth fwyaf Prydain o gimychiaid crafanc gul yr afon (ymledol) o ganlyniad i lori a dorrodd i lawr ar draffordd yr M25 (Peay et al., 2010). Gyda'r bwriad o'u hachub, rhyddhaodd y gyrrwr yr holl gimychiaid i lyn cyfagos.

Heb amheuaeth, y dull gorau o atal ymlediad rhywogaethau o'r fath yw lleihau'r nifer a fewnforir i'r wlad. Ym mis Awst 2016, cyflwynwyd deddfwriaeth newydd gan yr Undeb Ewropeaidd i reoli 37 rhywogaeth ymledol drwy atal eu marchnata, eu bridio a'u cadw (EU Commission 2016), ond bellach, ansicr yw dyfodol y ddeddfwriaeth ar ôl y bleidlais i adael yr Undeb Ewropeaidd. Er i nifer o'r rhywogaethau sydd ar y rhestr (e.e. cimwch arwyddol yr afon, y llyfrothen uwchsafn a chranc manegog Tsieina) fygwth fflora a ffawna Prydain,



nid felly yn achos rhywogaethau eraill (e.e. yr hwyaden goch). Mae'n debyg y bydd rhaid i Lywodraeth Prydain gyhoeddi ei deddfwriaeth ei hun, gan gydweithio â gwledydd cyfagos cyfandir Ewrop.

Bu darganfod dulliau o atal symudiad anifeiliaid dyfrol ymledol yn flaenoriaeth i Asiantaeth yr Amgylchedd Lloegr a Chyfoeth Naturiol Cymru ers nifer o flynyddoedd. Un trefniant syml, er enghraifft, i atal trosglwyddiad anifeiliaid bach fel yr Amphipoda o un porthladd i'r llall fyddai cyfnewid dŵr balast lled hallt (*brackish*) a gesglir gan longau pan fyddant yn y porthladd â dŵr hallt o ganol y môr. Nid yw'r Amphipoda yn medru goroesi yn y fath lefelau uchel o halen (Rewicz et al., 2014), ac felly mae'r risg o'u cyflwyno drwy ddŵr balast yn llawer is. Yn ogystal, gall ymgyrch megis 'Gwirio, Glanhau, Sychu', a anogir fel ffordd o geisio arafu lledaenu rhywogaethau ymledol, fod yn fodd effeithiol iawn o leihau cyflwyno pellach drwy offer megis esgidiau pysgota (Anderson et al., 2015). Wrth ddilyn y system 'Gwirio, Glanhau a Sychu', dangosodd Anderson et al. (2015) fod 15 munud mewn dŵr poeth (45°C) yn lladd saith rhywogaeth ymledol, tra bu i'r mwyafrif a oedd heb eu trin fyw allan o'r dŵr am dros bythefnos. Yr her fawr a wyneba asiantaethau sy'n ceisio rheoli rhywogaethau ymledol yw sicrhau bod y cyhoedd yn deall pwysigrwydd golchi eu hoffer yn rheolaidd ar ôl eu defnyddio, ynghyd â sylweddoli'r perygl sy'n gysylltiedig â symud anifeiliaid i ardaloedd newydd.

Yn y dyfodol, bydd defnyddio dulliau genetig a molecwlar i adnabod a dilyn hynt a helynt rhywogaethau ymledol yn hanfodol. Trwy ddefnyddio'r dulliau hyn, deuir i ddeall sut mae rhywogaethau ymledol yn cyrraedd ardal newydd, a hefyd o ble y daethant (Comtet et al., 2015). Dangosodd Filipová et al. (2010), er enghraifft, trwy astudiaethau o'r fath, bod poblogaethau ymledol cimwch afon y gogledd (Tabl 1) sydd bellach yn Llundain wedi tarddu o boblogaeth ymledol yn yr Iseldiroedd, yn hytrach nag o'u cartref cynhenid yng Ngogledd America. Hefyd, gellid defnyddio dulliau molecwlar i adnabod rhywogaethau ymledol yn ystod cyfnodau cryptig o'u bywydau (Comtet et al., 2015), neu i ganfod a yw organeb yn cario haint. Defnyddiodd Mrugała et al. (2014) ddulliau genetig o'r fath i sefydlu bod cimychiaid yr afon (addurnol) yn cario dau wahanol fath o haint, y naill a'r llall â'r potensial i ladd rhywogaethau cynhenid. Yn ogystal, gellir defnyddio dulliau eDNA (*environmental-DNA*) i adnabod rhywogaethau ymledol a hynny trwy samplo ychydig iawn o ddŵr y cynefin er mwyn canfod crynodiad isel iawn o DNA rhywogaeth benodol yn y dŵr. Er enghraifft, trwy ddefnyddio dulliau eDNA darganfu Dejean et al. (2012) fod y marchlyffant americanaidd yn bresennol mewn 38 o lynnoedd yn Ffrainc, tra mai mewn saith llyn yn unig yr adnabuwyd presenoldeb y llyffant trwy ddulliau traddodiadol.

## Newid hinsawdd a bygythiadau eraill

Nid rhywogaethau ymledol yw'r unig fygythiad i ecosystemau dŵr croyw Prydain; ceir amryw o ffactorau eraill megis llygredd, gorddefnydd o ddŵr a newid hinsawdd sy'n rhyngweithio â'i gilydd, ac yn effeithio ar rywogaethau cynhenid ac ymledol (Dudgeon et al. 2006). Bydd effeithiau newid hinsawdd, er enghraifft, yn parhau am flynyddoedd i ddod, a dim ond

poblogaethau'r rhywogaethau mwyaf ymaddasol fydd yn goroesi'n llwyddiannus (Bierwagen et al., 2008). Gyda'r hinsawdd yn newid ar raddfa gyflymach nag a welwyd yn ystod y mileniwm diwethaf, ceir darogan y gall tymheredd cyfartalog y blaned, ar y raddfa gyfredol, godi rhwng 1.4°C a 5.8°C dros y ganrif nesaf (Heino et al., 2009). Yn ogystal, cynyddu a wna'r tebygolrwydd o lifogydd a thybir y bydd niferoedd uwch o rywogaethau ymledol dŵr croyw'n cael eu golchi ar hyd afonydd i gynefinoedd newydd (Bierwagen et al., 2008). Ceir prinder sylweddol mewn astudiaethau ymchwil sy'n canolbwyntio ar effeithiau rhyngweithiol newid hinsawdd ar rywogaethau ymledol, er y rhagwelir mewn sawl astudiaeth y bydd rhywogaethau ymledol dŵr cynnes yn ehangu eu dosbarthiad (Heino et al., 2009, Strayer 2010). Credir y gall newid hinsawdd effeithio naill ffordd neu'r llall ar ddosbarthiad rhywogaethau ymledol eraill (Bierwagen et al., 2008, Gallardo ac Aldridge 2013). Er enghraifft, credir y bydd cregyn glas rhesog yn debygol o elwa'n sylweddol o ganlyniad i newid hinsawdd gan y byddant yn ehangu eu dosbarthiad wrth i dymheredd y byd godi (Gallardo ac Aldridge 2013). Tra effeithir ar bob rhywogaeth i ryw raddau gan newid hinsawdd, yn gyffredinol, bydd rhywogaethau ymledol yn medru addasu'n haws na rhywogaethau eraill gan eu bod yn medru goddef amrediad hinsoddol ehangach (Bierwagen et al., 2008, Gallardo ac Aldridge 2013). Mae'n anodd bod yn sicr ynghylch sut y bydd ffactorau megis newid hinsawdd a llygredd yn rhyngweithio â'i gilydd i effeithio ar rywogaethau, ac mae'n debyg y bydd yr effeithiau'n ddibynnol ar y rhywogaeth neu'r ecosystemau sydd o dan sylw. O ran ecosystemau dŵr croyw, bydd ymateb dynoliaeth i'r problemau sy'n gysylltiedig â newid hinsawdd, fel prinder dŵr a llifogydd, yn arddweud i ba raddau y bydd rhywogaethau'n medru goroesi (Strayer 2010).

## Casgliadau

Amcan yr erthygl hon yw crynhoi gwybodaeth am amryw o anifeiliaid anffroddorol sydd wedi llwyddo i gytrefu ecosystemau dŵr croyw Prydain (e.e. cimychiaid yr afon arwyddol, cregyn glas rhesog). Yn ogystal, trafodir yr anifeiliaid hynny sydd naill ai yn y broses o ymledu (e.e. y berdysyn cythreulig a chimwch afon y gogledd), neu sy'n debygol iawn o gael eu cyflwyno i amgylchedd Prydain yn y dyfodol (e.e. cimwch brith yr afon). Amlygir effeithiau sylweddol yr anifeiliaid hyn ar yr ecosystemau; mae'r rhain yn cynnwys lleihau bioamrywiaeth gynhenid, newidiadau ffisegol, a lledaenu heintiau a pharasitiaid. Heb amheuaeth, bydd rhywogaethau ymledol yn parhau i fod yn heriol dros y blynyddoedd i ddod wrth i systemau trafndiaeth y byd ehangu a gwella, yn enwedig yng ngwledydd llai datblygedig y byd. Yn ogystal, gan mai system ddeinamig yw ymlediad rhywogaethau, gyda rhai'n gwasgaru'n arafach na'i gilydd, mae'n rhaid derbyn nad yw'r nifer o rywogaethau sydd yn y broses o ymledu ar hyn o bryd, na'u heffeithiau, yn gwbl amlwg eto (Strayer 2010). Tra bod systemau rheolaeth yn cael eu darparu i ddelio â rhywogaethau ymledol, bydd yr effeithiau negyddol yn anodd i'w hosgoi heb sicrhau dealltwriaeth a chydweithrediad y cyhoedd. Bydd ffactorau eraill megis newid hinsawdd, llygredd a cholli cynefinoedd hefyd yn effeithio ar rywogaethau ymledol (Strayer 2010), gan arwain at effeithiau negyddol sylweddol ar fioamrywiaeth ecosystemau dŵr croyw Prydain.

Gan edrych i'r dyfodol, mae ymchwil arbrofol pellach i gynyddu ein dealltwriaeth o lwyddiant anifeiliaid ymledol yn hanfodol wrth geisio rhagfynegi eu dosbarthiad ym Mhrydain dros y degawdau nesaf. Yn ogystal, dylid ceisio profi defnyddioldeb gwahanol dechnegau (megis dulliau eDNA) er mwyn gallu eu defnyddio i ddarganfod anifeiliaid ymledol yn gyflym ynghyd â delio â'r bygythiad yn sydyn ac yn effeithlon. O ddweud hyn, atal cyflwyno anifeiliaid yn y lle cyntaf – ac nid eu gwaredu ar ôl iddynt gyrraedd – yw'r modd hawsaf a'r mwyaf cost-ffeithiol o ddelio ag anifeiliaid ymledol.

## Llyfryddiaeth

- Aldridge, D. C. (2013), *GB Non-native Organism Rapid Risk Assessment for *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald, 1841)*, <<http://www.nonnativespecies.org/index.cfm?pageid=143>> [Cyrchwyd: 4 Awst 2017].
- Aldridge, D. C., Ho, S., a Froufe, E. (2014), 'The Ponto-Caspian quagga mussel, *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov, 1897), invades Great Britain', *Aquatic Invasions*, 9 (4), 529–35.
- Almeida, D., et al. (2014), 'Interspecific aggressive behaviour of invasive pumpkinseed *Lepomis gibbosus* in Iberian freshwaters', *PLoS One*, e88038.
- Anderson, L. G., et al. (2015), 'Invaders in hot water: a simple decontamination method to prevent the accidental spread of aquatic invasive non-native species', *Biological Invasions*, 17 (8), 2287–97.
- Arundell, K., et al. (2015), 'Enemy release and genetic founder effects in invasive killer shrimp populations of Great Britain', *Biological Invasions*, 17 (5), 1439–51.
- Bellard, C., Cassey, P., a Blackburn, T. M. (2016), 'Alien species as a driver of recent extinctions', *Biology Letters*, 12 (2), 0150623.
- Beyer, K., et al. (2005), 'A potential role for invasive sunbleak in the further dissemination of a non-native parasite', *Journal of Fish Biology*, 67 (6), 1730–33.
- Bierwagen, B. G., Rahel, F. J., a Thomas, R. (2008), 'Special section: A synthesis of climate change effect son aquatic invasive species', *Conservation Biology*, 22 (3), 518–20.
- Blackburn, T. M., ac Ewen, J. G. (2016), 'Parasites as drivers and passengers of human-mediated biological invasions', *EcoHealth*, 14 (1), 1–13.
- Boonman-Berson, S., Turnhout, E., a van Tatenhove, J. (2014), 'Invasive species: The categorization of wildlife in science, policy, and wildlife management', *Land Use Policy*, 38 (2014), 204–12.
- Booy, O., Wade, M., a Roy, H. (2015), *Field guide to invasive plants and animals in Britain*, argraffiad 1<sup>af</sup> (Llundain: Bloomsbury Natural History).
- Brazier, M. (2014), *Topmouth gudgeon eradication programme*, <<https://www.google.co.uk/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjS08TN0sPWAhVrDsAKHcQACHgQFggTMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.nonnativespecies.org%2FdownloadDocument.cfm%3Fid%3D1133&usq=AFQjCNGWgkRRdwW4CkInVAsPfUlaP6OWhQ>> [Cyrchwyd: 15 Medi 2016].

- Britton, J. R., a Brazier, M. (2006), 'Eradicating the invasive topmouth gudgeon, *Pseudorasbora parva*, from a recreational fishery in northern England', *Fisheries Management and Ecology*, 13 (5), 329–35.
- Britton, J. R., a Davies, G. D. (2010), 'Trophic interactions and consequent impacts of the invasive fish *Pseudorasbora parva* in a native aquatic foodweb: a field investigation in the UK', *Biological Invasions*, 12 (6), 1533–42.
- Cadi, A., a Joly, P. (2004), 'Impact of the introduction of the red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*) on survival rates of the European pond turtle (*Emys orbicularis*)', *Biodiversity and Conservation*, 13 (13), 2511–8.
- Cardinale, B. J., et al. (2012), 'Biodiversity loss and its impact on humanity', *Nature*, 486 (7401), 59–67.
- Chucholl, C. (2014), 'Predicting the risk of introduction and establishment of an exotic aquarium animal in Europe: insights from one decade of Marmorkrebs (Crustacea, Astacida, Cambaridae) releases', *Management of Biological Invasions*, 5 (4), 309–18.
- Collins, L. M., et al. (2014), 'Squirrelpox virus: assessing prevalence, transmission and environmental degradation', *PLoS ONE*, 9 (2), e89521.
- Comtet, T., et al. (2015), 'DNA meta-barcoding of biological invasions: a powerful tool to elucidate invasion processes and help managing aliens', *Biological Invasions*, 17 (3), 905–22.
- Copp, G. H., et al. (2004), 'Life-time growth patterns of pumpkinseed *Lepomis gibbosus* introduced to Europe, relative to native North American populations', *Folia Zoologica*, 53 (3), 237–54.
- Creed, R. P. Jr., a Reed, J. M. (2004), 'Ecosystem engineering by crayfish in a headwater stream community', *Journal of the North American Benthological Society*, 23 (2), 224–36.
- Davis, M. A., et al. (2011), 'Don't judge species on their origins', *Nature*, 474 (7350), 153–4.
- Dejean, T., et al. (2012), 'Improved detection of an alien invasive species through environmental DNA barcoding: the example of the American bullfrog *Lithobates catesbeianus*', *Journal of Applied Ecology*, 49 (4), 953–9.
- Dick, J. T. A., Platvoet, D., a Kelly, D. W. (2002), 'Predatory impact of the freshwater invader *Dikerogammarus villosus* (Crustacea: Amphipoda)', *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59 (6), 1078–84.
- Dittel, A. I., ac Epifanio, C. E. (2009), 'Invasion biology of the Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*: a brief review', *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 374 (2), 79–92.
- Dodd, J. A., et al. (2014), 'Predicting the ecological impacts of a new freshwater invader: functional responses and prey selectivity of the 'killer shrimp', *Dikerogammarus villosus*, compared to the native *Gammarus pulex*', *Freshwater Biology*, 59 (2), 337–52.
- Dudgeon, D., et al. (2006), 'Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges', *Biological Reviews*, 81 (2), 163–82.

- Elliott, P., ac Ermgassen, P. S. E. (2008), 'The Asian clam (*Corbicula fluminea*) in the River Thames, London, England', *Aquatic Invasions*, 3 (1), 54–60.
- Elton, C. S. (1958), *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*, argraffiad 1<sup>af</sup> (Efrog Newydd: Springer US).
- EU Commission (2016), *Commission Implementing Regulation (EU) 2016/1141 of 13 July 2016 adopting a list of invasive alien species of Union concern pursuant to Regulation (EU) No 1143/2014 of the European Parliament and of the Council*, <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A32016R1141>> [Cyrchwyd: 20 Medi 2016]
- Filipová, L., et al. (2010), 'Cryptic diversity within the invasive virile crayfish *Orconectes virilis* (Hagen, 1870) species complex: new lineages recorded in both native and introduced ranges', *Biological Invasions*, 12 (5), 983–9.
- Fialho, C., Banha, F., ac Anastácio, P. M. (2016), 'Factors determining active dispersal capacity of adult Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* (Decapoda, Varunidae)', *Hydrobiologia*, 767 (1), 321–31.
- Freeman, M. A., et al. (2010), 'Prospects for management strategies of invasive crayfish populations with an emphasis on biological control', *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 20 (2), 211–23.
- Gallardo, B., Errea, M. P., ac Aldridge, D. C. (2012), 'Application of bioclimatic models coupled with network analysis for risk assessment of the killer shrimp, *Dikerogammarus villosus*, in Great Britain', *Biological Invasions*, 14 (6), 1265–78.
- Gallardo, B., ac Aldridge, D. C. (2013), 'Evaluating the combined threat of climate change and biological invasions on endangered species', *Biological Conservation*, 160 (2013), 225–33.
- Griffiths, S. W., Collen, P., ac Armstrong, J. D. (2004), 'Competition for shelter among overwintering signal crayfish and juvenile Atlantic salmon', *Journal of Fish Biology*, 65 (2), 436–47.
- Heino, J., Virkkala, R., a Toivonen, H. (2009), 'Climate change and freshwater biodiversity: detected patterns, future trends and adaptations in northern regions', *Biological Reviews*, 84 (1), 39–54.
- Herborg, L. M., et al. (2005), 'Spread of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis* H. Milne Edwards) in Continental Europe: analysis of a historical data set', *Hydrobiologia*, 503 (3), 21–8.
- Hill, M., et al. (2005), 'Audit of non-native species in England', *English Nature Research Reports*, 662, 1–81.
- Holdich, D. M., et al. (2009), 'A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species', *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 11 (401), 394–5.
- Hudina, S., Hock, K., a Žganec, K. (2014), 'The role of aggression in range expansion and biological invasions', *Current Zoology*, 60 (3), 401–9.

- Hulme, P. E. (2009), 'Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization', *Journal of Applied Ecology*, 46 (1), 10–18.
- James, J., et al. (2014), 'Comparing the ecological impacts of native and invasive crayfish: could native species' translocation do more harm than good?', *Oecologia*, 178 (1), 309–16.
- James, J., et al. (2015a), 'Over-invasion in a freshwater ecosystem: newly introduced virile crayfish (*Orconectes virilis*) outcompete established invasive signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*)', *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 49 (1), 9–18.
- James, J., et al. (2015b), *The distribution of crayfish species in the UK*, <<http://tinyurl.com/gnxq8ge>> [Cyrchwyd: 30 Tachwedd 2016].
- Jones, C. G., Lawton, J. H., a Shachak, M. (1994), 'Organisms as ecosystem engineers', *Oikos*, 69 (3), 373–86.
- Keane, R. M., a Crawley, M. J. (2002), 'Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis', *Trends in Ecology and Evolution*, 17 (4), 164–9.
- Lodge, D. M., et al. (2000), 'Nonindigenous crayfishes threaten North American freshwater biodiversity', *Fisheries*, 25 (8), 7–20.
- MacNeil, C., Boets, P., a Platvoet, D. (2012), 'Killer shrimps', dangerous experiments and misguided introductions: how freshwater shrimp (Crustacea: Amphipoda) invasions threaten biological water quality monitoring in the British Isles', *Freshwater Reviews*, 5 (1), 21–35.
- MacNeil, C., et al. (2013), 'Potential effects of the invasive 'killer shrimp' (*Dikerogammarus villosus*) on macroinvertebrate assemblages and biomonitoring indices', *Freshwater Biology*, 58 (1), 171–82.
- Marchant, J. (2012a), *American Bullfrog, Lithobates catesbeianus*, <<http://www.nonnativespecies.org/factsheet/factsheet.cfm?speciesId=2040>> [Cyrchwyd: 15 Medi 2016].
- Marchant, J. (2012b), *Ruddy duck, Oxyura jamaicensis*, <<http://www.nonnativespecies.org/factsheet/downloadFactsheet.cfm?speciesId=2486>> [Cyrchwyd: 15 Medi 2016].
- Mrugała, A., et al. (2014), 'Trade of ornamental crayfish in Europe as a possible introduction pathway for important crustacean disease: crayfish plague and white spot syndrome', *Biological Invasions*, 17 (5), 1313–26.
- Ozersky, T., Evans, D. O., a Ginn, B. K. (2015), 'Invasive mussels modify the cycling, storage and distribution of nutrients and carbon in a large lake', *Freshwater Biology*, 60 (4), 827–43.
- Peay, S., Holdich, D. M., a Brickland, J. (2010), 'Risk assessments of non-indigenous crayfish in Great Britain', *Freshwater Crayfish*, 17 (1), 109–22.
- Pinder, A. C., a Gozlan, R. E. (2005), 'Dispersal of the invasive topmouth gudgeon, *Pseudorasbora parva* in the UK: a vector for an emergent infectious disease', *Fisheries Management and Ecology*, 12 (6), 411–14.
- Reshetnikov, A. N., a Karyagina, A. S. (2015), 'Further evidence of naturalization of the invasive fish *Percottus glennii* Dybowski, 1877 (Perciformes: Odontobutidae) in Germany and necessity of urgent management response', *Acta Zoologica Bulgarica*, 67 (4), 553–6.
- Rewicz, T., et al. (2014), 'The profile of a 'perfect' invader – the case of killer shrimp, *Dikerogammarus villosus*', *Aquatic Invasions*, 9 (3), 267–88.

- Roy, H. E., et al. (2014), 'Horizon scanning for invasive alien species with the potential to threaten biodiversity in Great Britain', *Global Change Biology*, 20 (12), 3859–71.
- Simberloff, D. (2006), 'Invasional meltdown 6 years later: important phenomenon, unfortunate metaphor, or both?', *Ecology Letters*, 9 (8), 912–19.
- Simon, K. S., Townsend, C. R. (2003), 'Impacts of freshwater invaders at different levels of ecological organisation, with emphasis on salmonids and ecosystem consequences', *Freshwater Biology*, 48 (6), 982–94.
- Strayer, D. L. (2010), 'Alien species in fresh waters: ecological effects, interactions with other stressors, and prospects for the future', *Freshwater Biology*, 55 (s1), 152–74.
- Strayer, D. L., a Dudgeon, D. (2010), 'Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges', *Journal of the North American Benthological Society*, 29 (1), 344–58.
- Vilcinskas, A. (2015), 'Pathogens as biological weapons of invasive species', *PLoS Pathogens*, 11 (4), e1004714.
- Wilkinson, J. W. (2012) 'Red-eared terrapin, *Trachemys scripta*', <<http://www.nonnativespecies.org/factsheet/downloadFactsheet.cfm?speciesId=3566>> [Cyrchwyd: 4 Awst 2017].
- Williams, F., et al. (2010), '*The Economic Cost of Invasive Non-Native Species in Great Britain*', <<http://www.nonnativespecies.org/index.cfm?sectionid=14>> [Cyrchwyd: 23 Tachwedd 2016].
- Williamson, M., a Fitter, A. (1996), 'The varying success of invaders', *Ecology*, 77 (6), 1661–6.
- Zięba, G., et al. (2010), 'Recent releases and dispersal of non-native fishes in England and Wales, with emphasis on sunbleak *Leucaspis delineates* (Heckel, 1843)', *Aquatic Invasions*, 5 (2), 155–61.