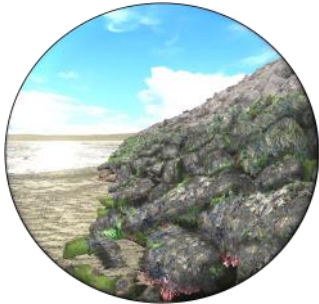


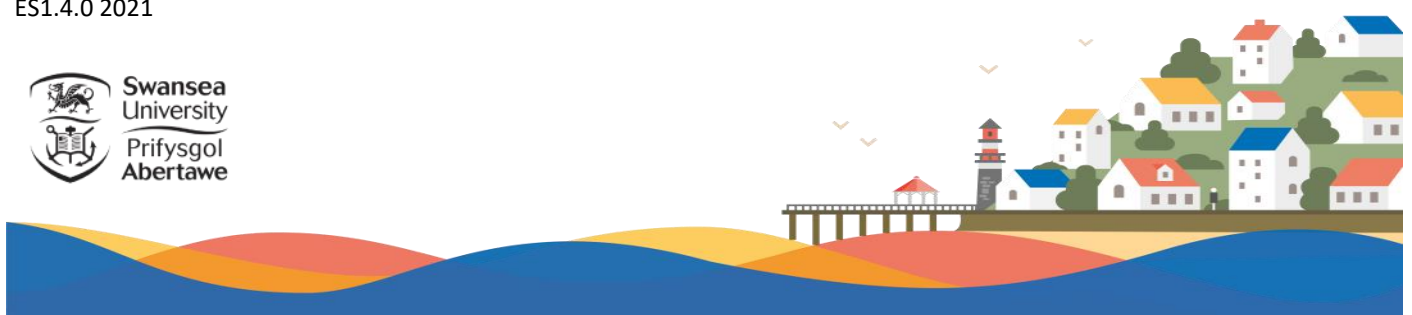
Swyddogaethau a Gwasanaethau **Ecosystem:** **Astudiaethau Achos Cynefinoedd**



Datblygwyd yr offeryn EFPREDICT gan Dr Tom Fairchild a Dr John Griffin o Brifysgol Abertawe i ragfynegi dangosyddion gwasanaethau a chyfraddau swyddogaethol ecosystemau, fel rhan o Brosiect Ecostructure. Ceir rhagor o wybodaeth am brosiect Ecostructure ar <https://www.ecostructureproject.eu/>.

Caiff Ecostructure ei ariannu'n rhannol gan Gronfa Datblygu Rhanbarthol Ewrop (ERDF) trwy gyfrwng Rhaglen Gydweithredu Iwerddon Cymru 2014-2020

ES1.4.0 2021



Swyddogaethau a Gwasanaethau Ecosystem Crynodeb

Mae swyddogaethau a gwasanaethau ecosystem yn hollbwysig o ran ysgogi iechyd ecosystemau a'r manteision a ddaw i ran pobl yn sgil y cymunedau ecolegol sy'n byw ynddynt. Cydnabyddir yn fwyfwy ei bod hi'n bwysig i'r swyddogaethau a'r gwasanaethau gael eu hintegreiddio mewn fframweithiau rheoli amgylcheddol er mwyn sicrhau hyfywedd hirdymor systemau naturiol, yn hytrach na chael targedau bioamrywiaeth ar wahân. Un her fawr o ran integreiddio swyddogaethau a gwasanaethau ecosystem mewn prosesau cynllunio a phrosesau polisi yw diffyg gwybodaeth am y modd y gall rhywogaethau a chymunedau cyfan gyfrannu at ddarparu amryfal swyddogaethau a gwasanaethau, ac mae'r diffyg gwybodaeth hwn yn arbennig o wir yn achos amgylchedd y môr, lle mae'r data am elfennau swyddogaethol yn brin.

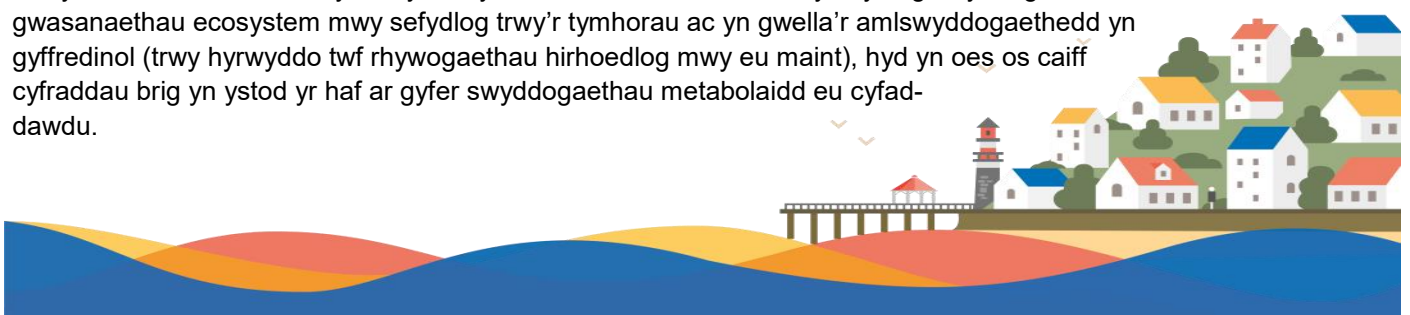
Mae offer modelu, gan gynnwys yr offeryn EFPREDICT a gyflwynir yma, yn cynnig ffordd o allosod ein gwybodaeth gyfyngedig am rywogaethau i'r rhai lle nad oes data ar gael ar eu cyfer trwy ddefnyddio modelau sy'n seiliedig ar briodoleddau, a gallant ein galluogi i ddeall y byd o'n cwrpas a gwneud rhagfynegiadau ar gyfer amodau amgylcheddol neu gynefinoedd newydd. Dengys senarios ein hastudiaethau achos modelu ar gyfer morlinau rhynglanwol, sy'n seiliedig ar leoliadau gwirioneddol a adolygwyd, pa mor bwysig yw hyrwyddo cymunedau arfordirol llawndwf, cymhleth trwy gynlluniau traethlin naturiolaid, a'r modd y gall hyn gyfrannu at ecosystemau iach a chadarn ar draws y tymhorau.

Y prif ganfyddiadau

- Mae cymunedau a chanddynt nifer helaethach o rywogaethau hirhoedlog, mwy eu maint, gyda chyfraddau swyddogaethol brig is yn ystod yr haf, ond maent yn arddangos gwell sefydlogrwydd tymhorol na'r cymunedau hynny sydd â nifer helaeth o rywogaethau dros dro, a hynny gan fod rhywogaethau hirach eu hoes yn goroesi trwy'r gaeaf, tra mae rhywogaethau dros dro neu fyrhoedlog – sydd, yn aml, â chyfraddau swyddogaethol brig rywfaint yn uwch yn ystod yr haf oherwydd eu natur oportiwnistaidd – fel arfer yn edwino i raddau helaeth dros y gaeaf.
- O blith y rhywogaethau hirhoedlog hyn, gall organebau fel rhywogaethau gwymon y graig (*Fucus*) gael y llaw uchaf ar y swyddogaethau; naill ai trwy gronni biomas sylweddol sy'n amsugno maetholion ac sy'n ocsigenu trwy ffotosynthesis, neu drwy hwyluso cymunedau amrywiol o rywogaethau isdyfiant ac epibiontau sy'n cyfrannu'n fawr at swyddogaethau unigol ac amlswyddogaethedd y system.
- Mae'n llawer mwy tebygol y bydd modd dod o hyd i'r cymunedau amrywiol, hirhoedlog hyn ar lannau creigiog naturiol yn hytrach nag ar lannau artiffisial sydd, fel arfer, â chyfran uwch o rywogaethau dros dro oportiwnistaidd, oherwydd mae glannau naturiol yn tueddu i fod yn fwy cymhleth yn ffisegol, ac maent yn cynnig mwy o gyfleoedd i rywogaethau ymsefydlu a goroesi.
- O'r herwydd, mae glannau naturiol a chanddynt rywogaethau hirhoedlog yn debygol o fod â chyfraddau swyddogaethol uwch gydol y flwyddyn, ac mae ganddynt gyfraddau swyddogaethol uwch o lawer yn ystod y gaeaf. Gall hyn fod yn bwysig, oherwydd mae mwy o wlybaniaeth a dŵr ffo arwyneb yn arwain yn aml at ostwng ansawdd y dŵr dros y gaeaf, a gellir lliniaru hyn i ryw raddau gan gymunedau sy'n cyflawni swyddogaethau'n dda dros y gaeaf.
- Ymhellach, mae cymunedau ar lannau naturiolaid yn tueddu i gael eu ffafrio mewn termau esthetig gan bobl o gymharu ag analogau artiffisial, a hynny gan eu bod yn fwy amrywiol a chan fod pobl yn ffafrio strwythurau gwaelodol sy'n llai artiffisial yr olwg.

Neges bwysig

Yn ogystal ag esgor ar fanteision yn ymwneud yn gyfan gwbl â bioamrywiaeth, yn ôl pob tebyg bydd cyfoethogi strwythurau artiffisial er mwyn iddynt ddynwared traethlinau naturiol yn cynnig swyddogaethau a gwasanaethau ecosystem mwy sefydlog trwy'r tymhorau ac yn gwella'r amlswyddogaethedd yn gyffredinol (trwy hyrwyddo twf rhywogaethau hirhoedlog mwy eu maint), hyd yn oes os caiff cyfraddau brig yn ystod yr haf ar gyfer swyddogaethau metabolaidd eu cyfaddawdu.















Swyddogaethau a Gwasanaethau Ecosystem Sut i ddeall y ddogfen hon

Mae'r ddogfen hon yn crynhoi'r prif wahaniaethau rhwng mathau gwahanol o gymunedau sy'n byw ar strwythurau naturiol ac artiffisial, a hefyd mae'n crynhoi sut y gall y cymunedau hyn weithredu mewn modd gwahanol iawn gan ddibynnu at y swbstrad ac ar y tymor y byddwn yn eu hystyried. Mae'r canlyniadau a gyflwynir yn yr astudiaethau achos hyn wedi deillio o arolygon a gynhaliwyd ar gymunedau a model rhagfynegol seiliedig ar briodoleddau er mwyn deall yr effeithiau y gall cymunedau ecolegol eu cael ar amrywiaeth o ddangosyddion swyddogaethau a gwasanaethau ecosystem allweddol. Gwnaed y gwaith hwn fel rhan o brosiect Ecostructure, sef prosiect sy'n ystyried ymaddasu i newid hinsawdd trwy beirianeg arfordirol ecolegol sensitif. Gellir cael rhagor o wybodaeth am brosiect Ecostructure yma.

Ar y tudalennau canlynol fe welwch astudiaethau achos yn ymwneud ag amrywiaeth o gymunedau rhynglanwol cyffredin, a'r modd y mae'r dangosyddion swyddogaethau a gwasanaethau ecosystem yn amrywio ar eu cyfer. Yn achos yr holl gymunedau a gynhwysir yn yr astudiaethau achos, cyflwynir tudalen grynhoi lle ceir manylion ynghylch perthnasedd a dosbarthiad y cymunedau, llifoedd a chyfraddau swyddogaethol unigol y cymunedau ar draws y tymhorau, a chymhariaeth lle tynnir sylw at y modd y gall glannau naturiol ac analogau artiffisial gyflawni swyddogaethau'n wahanol. Caiff y cyfraddau swyddogaethol eu harddangos mewn matricesau swyddogaethol (isod), lle eir ati i gymharu cyfraddau haf a gaeaf glannau naturiol, a chyfraddau swyddogaethol brig glannau artiffisial yn ystod yr haf. Ar gyfer pob cymuned, ceir ffigur cymharu hefyd, lle dangosir y lleihad mewn cyfraddau swyddogaethol dros y gaeaf (ar ffurf canran) o gymharu â'r haf.

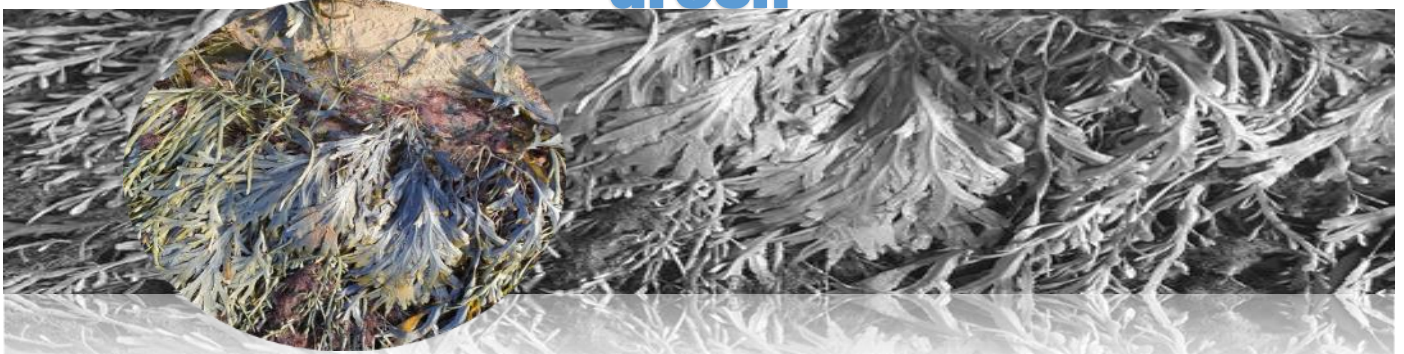
Cymuned nodweddiadol yn ystod yr haf

Cyfradd gynhyrchiant sylfaenol					Cyfradd clirio dŵr
Cyfradd amsugno nitradau					Cyfanswm biomas y gymuned (pwysau sych)
Cyfradd llif amoniwm					Sgôr esthetig

Mae'r matricesau swyddogaethol yn cynnig golwg gyffredinol ar gyfraddau cynhyrchiant sylfaenol, cyfraddau amsugno nitradau, cyfraddau llif amoniwm, cyfraddau clirio dŵr, cyfanswm y biomas sych a'r gwerth esthetig. Mae pob paramedr wedi'i godio ar sail "goleuadau traffig", gyda **Gwyrdd** yn arwydd o gyfradd swyddogaethol uchel, **Oren** yn arwydd o gyfradd swyddogaethol ganolig a **Choch** yn arwydd o gyfradd swyddogaethol isel.



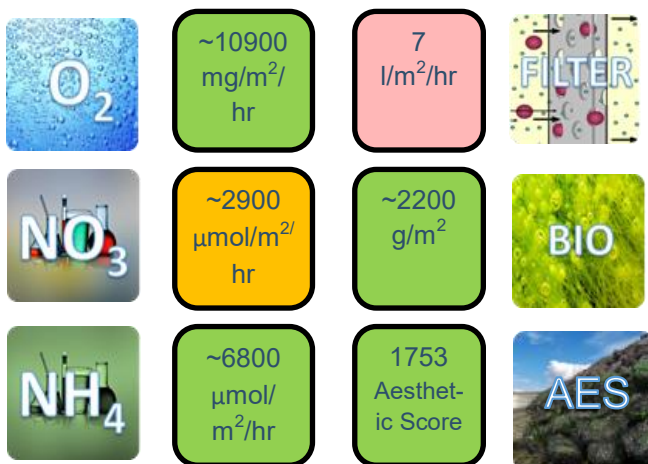
Glannau lle mae gwymonau (Fucoid) yn drech



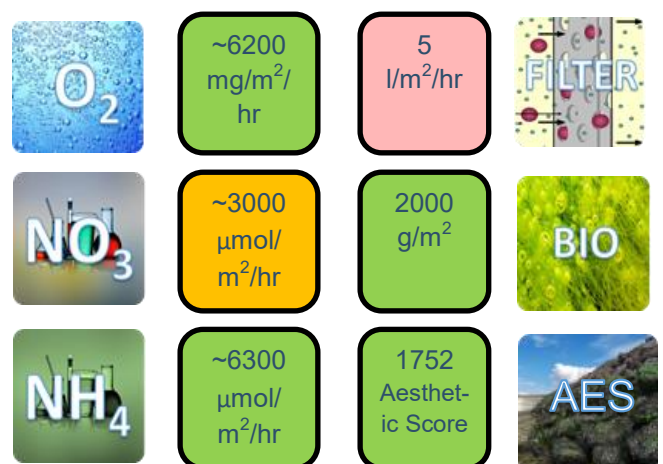
Glan lle mae gwymonau (Fucoid) yn drech gyda chymysgedd o rywogaethau gwymon y graig (*Fucus*), *Ascophylum nodulosum* a *Pelvetia caniculata* yn gorchuddio cymuned isdyfiant amrywiol o rywogaethau gwymon llai eu maint, fel *Cladophora rupestris*, *Palmaria palmata* a rhywogaethau *Plocamium* ar lannau naturiol. Yn aml, ceir amrywiaeth o rywogaethau malwod, brennig a chregyn llong ymhlith y gwymonau. Mae'r math hwn o gynefin yn gyffredin mewn mannau rhynglanwol canol ar lannau creigiog naturiol, yn ogystal ag ar strwythurau amddiffynfeydd môr, er mae'r rhain yn tueddu i fod â biomas is o wymonau a biomas uwch o dacsonau dros dro, fel rhywogaethau *Ulva*.

Gall y cynefinoedd hyn ddarparu prosesau a swyddogaethau ecosystem pwysig, gan gynnwys cynhyrchiant sylfaenol ar lefelau uchel ac amsugno maetholion yn gyflym, yn enwedig oherwydd y biomas uchel o algâu a gynhaliant. Mae hyn yn helpu i gynnal ecosystemau iach trwy ddarparu dŵr o ansawdd da ar draws y tymhorau, a gall atal achosion o ewtroffigedd mewn ardaloedd lle ceir crynodiadau uchel o faetholion trwy gael gwared â ffynonellau nitradau ac amoniwm a all arwain at ordyfiant algâu. Fodd bynnag, mae'r niferoedd isel o anifeiliaid hidlo bwyd a geir yn y cynefinoedd hyn fel arfer yn eu gwneud yn llai abl i gael gwared â ffytoplankton a deunydd gronynnol o'r dŵr. Hefyd, mae'r cynefinoedd hyn, yn enwedig y rhai sy'n tyfu ar lannau naturiol, yn tueddu i gynnal llawer iawn o fioamrywiaeth a chreu stociau biomas mawr y gall anifeiliaid llai – a rhywogaethau gwymon – eu defnyddio fel ffynhonnell ar gyfer bwyd a lloches, a gallant fod yn sail i gadwyni bwyd pwysig. Ymhellach, mae amrywiaeth y cynefinoedd hyn a'u gallu i orchuddio strwythurau glannau yn llwyr yn eu gwneud yn werthfawr mewn termau diwylliannol ar hyd arfordiroedd naturiol, gan gynnig apêl esthetig, mannau tawel a diddordeb posibl; a chynnal gwasanaethau addysgol, gwasanaethau hamdden a gwasanaethau llesiant.

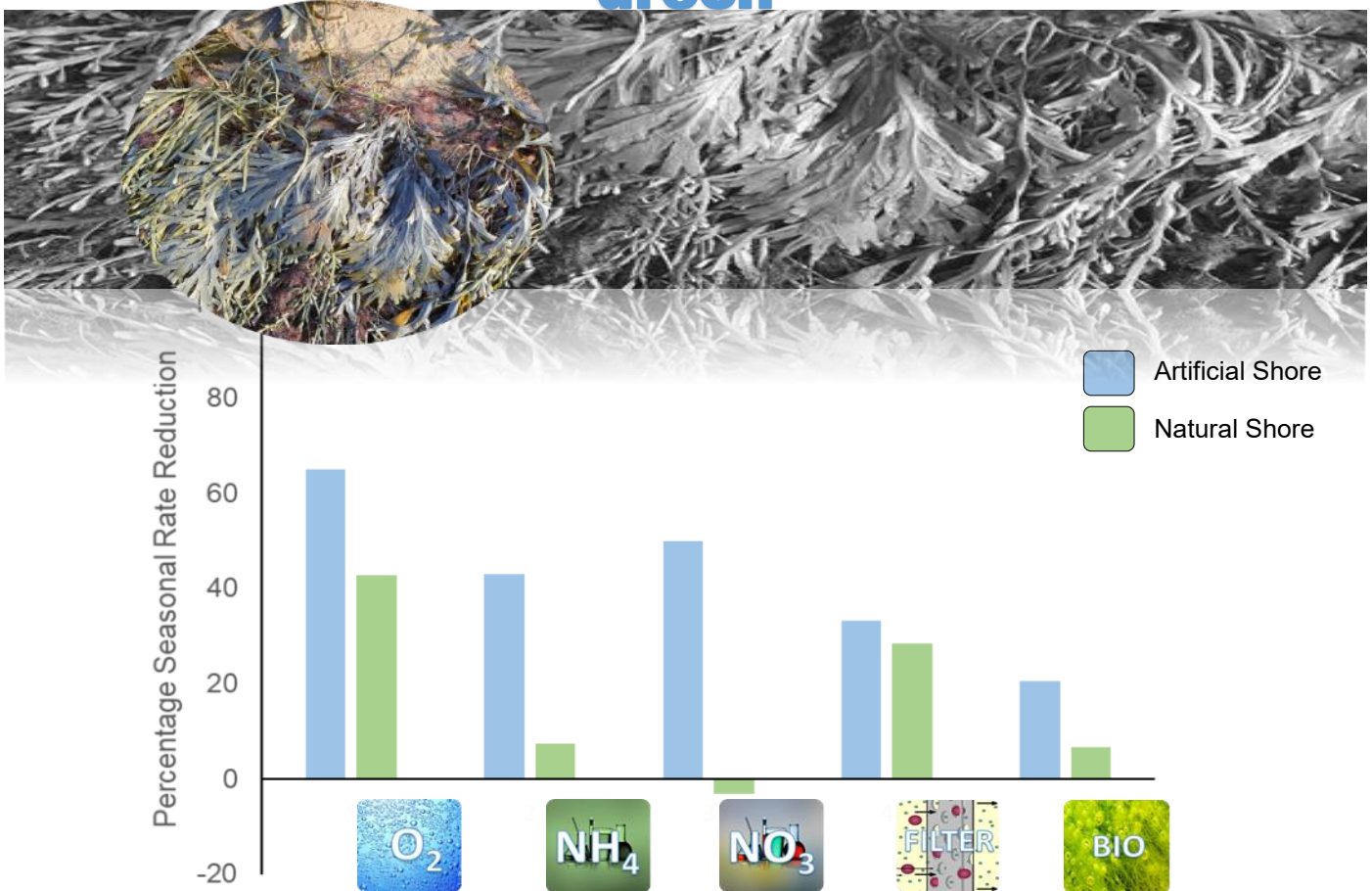
Typical Summer Community



Typical Winter Community

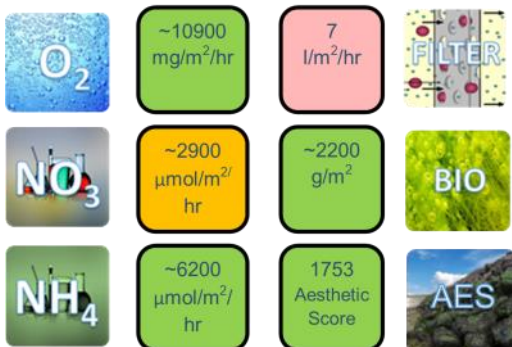


Glannau lle mae gwymonau (Furoid) yn drech

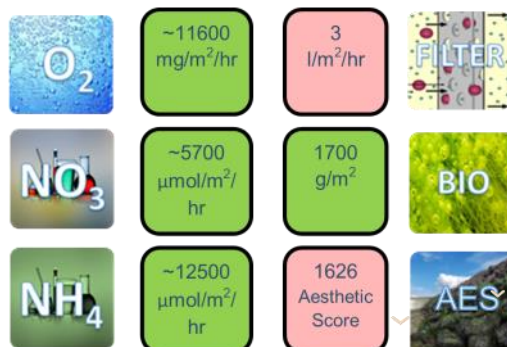


Ar lannau lle mae gwymon y graig (Fucus) yn drech, gwelir llai o amrywioldeb tymhorol mewn swyddogaethau ecosystem metabolaidd allweddol nag a welir mewn sawl math arall o gymuned, oherwydd mae rhywogaethau gwymon y graig (Fucus) trech yn goroesi, heb edwino rhyw lawer yn ystod misoedd y gaeaf. Yn ystod yr haf, mae'r cyfraddau cynhyrchiant a'r cyfraddau ailgylchu maetholion yn uchel iawn, a gallant fod yn uwch fyth hyd yn oed ar strwythurau artiffisial gan fod rhywogaethau dros dro mor niferus arnynt. Fodd bynnag, gan fod cymunedau ar strwythurau artiffisial (glas) fel arfer yn cynnwys cyfran uwch o rywogaethau dros dro na'u hanalogau naturiol (gwyrrdd), maent yn fwy tebygol o weld lleihad tymhorol mwy yn eu cyfraddau swyddogaethol metabolaidd yn ystod y gaeaf o ganlyniad i hyn (~50-60%). Yn ddiddorol, mae yna arwydd y gall cyfraddau amsugno nitradau ar lannau naturiol yn ystod y gaeaf fod yn uwch na chyfraddau amsugno yn ystod yr haf, oherwydd gall cynnydd o ran crynodiadau nitradau mewn dŵr yn ystod y gaeaf wella'r cyfraddau amsugno mewn gwymonau er bod y tymheredd is yn lleihau'r gineteg amsugno.

Typical Natural Shore (Summer)



Typical Artificial Shore (Summer)



Glan lle mae cregyn llong yn drech



Glan lle mae cregyn llong yn drech gyda chymysgedd o rywogaethau brennig, gastropodau sy'n pori a rhywogaethau Ulva, yn ogystal â rhywogaethau gwymon dros dro llai cyffredin fel *Cladophora rupestris*, rhywogaethau *Porphyra*, clystyrau tenau o wymon y graig (*Fucus*) a llyngyr achlysurol (fel rhywogaethau *Eulalia*). Mae'r math hwn o gynefin yn gyffredin mewn mannau rhynglanwol canol-uchel ar lannau creigiog naturiol, yn enwedig ar safleoedd noeth, ac yn aml mae'n drech ar amddiffynfeydd arfordirol.

Cyfyngedig yn unig yw prosesau a swyddogaethau ecosystem y cynefinoedd hyn gan amlaf; nid ydynt yn cynnal rhyw lawer o gynhyrchiant sylfaenol ac nid ydynt yn amsugno llawer o faetholion oherwydd natur drech yr anifeiliaid a biomas algâu isel. Ymhellach, mae helaethrwydd y rhywogaethau dros dro sydd hefyd yn tyfu yn y cynefinoedd hyn yn arwain at amrywiad mawr mewn cyfraddau cynhyrchiant sylfaenol a chyfraddau amsugno maetholion o dymor i dymor, gyda'r cyfraddau yn ystod y gaeaf yn is o lawer gan fod y rhywogaethau'n edwino i raddau helaeth. Er gwaethaf y nifer helaeth o gregyn llong sy'n hidlo bwyd, mae'r cyfraddau clirio hefyd yn tueddu i fod yn isel, ac o'r herwydd mae'r cymunedau hyn yn wael am dynnu ffyttoplanton a deunydd gronynnol o'r dŵr, ac nid ydynt mor abl i gynnal neu wella ansawdd y dŵr.

Gall glannau lle mae cregyn llong yn drech ar lannau naturiol fod yn eithaf amrywiol, ond hefyd maent yn dueddol o gynnwys nifer isel o anifeiliaid a biomas algâu isel. Mae'r amrywiaeth ganfyddadwy hon, ond gyda natur drech y rhywogaethau, yn eu gwneud yn eithaf atyniadol i ymwelwyr a thrigolion lleol, gan gynnig rhywfaint o apêl esthetig, mannau tawel a diddordeb posibl; ond eto i gyd, gallant achosi peryglon o ran mynediad i'r arfordir.

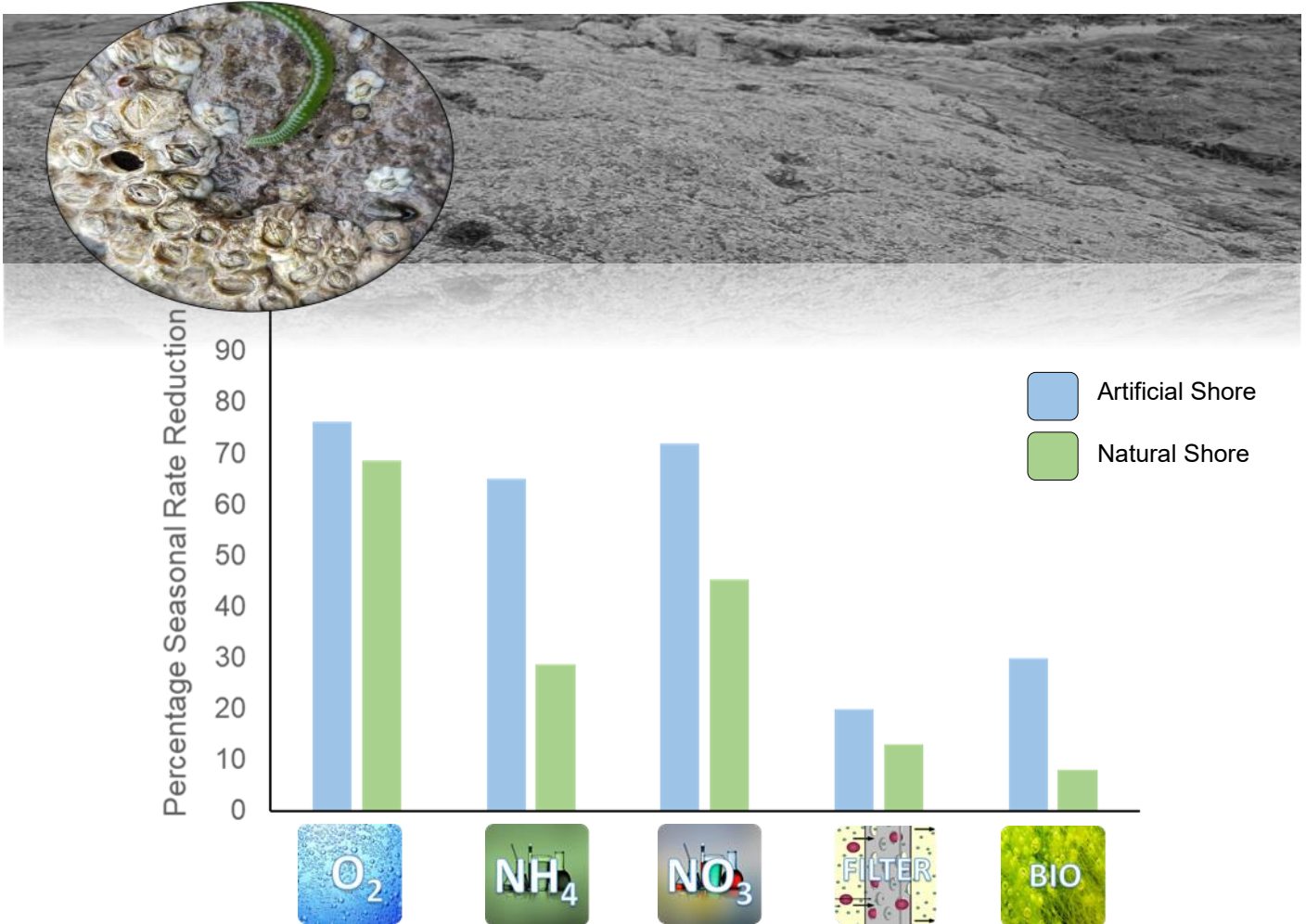
Typical Summer Community



Typical Winter Community



Glan lle mae cregyn llong yn drech

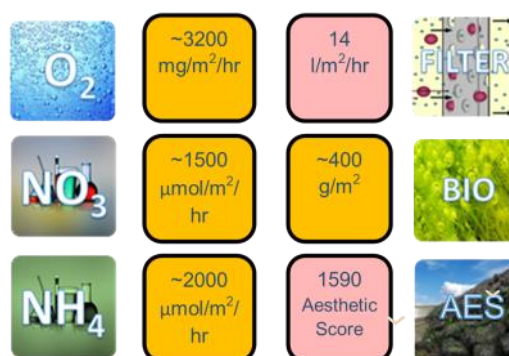


Ar lannau lle mae cregyn llong yn drech, gwelir amrywioldeb tymhorol mawr mewn swyddogaethau ecosystem metabolaidd allweddol oherwydd cyfran uchel o rywogaethau algâu dros dro sydd, yn aml, yn edwino yn ystod misoedd y gaeaf. Yn ystod yr haf, mae'r cyfraddau cynhyrchiant a'r cyfraddau ailgylchu maetholion fel arfer yn isel, ond gallant fod yn uwch ar strwythurau artiffisial oherwydd helaethrwydd y rhywogaethau dros dro. Fodd bynnag, gan fod cymunedau ar strwythurau artiffisial (glas) fel arfer yn cynnwys cyfran uwch o rywogaethau dros dro, gyda nifer y rhywogaethau hyn yn llai na'u hanalogau naturiol (gwyrd) yn ystod y gaeaf, maent yn fwy tebygol o weld lleihad tymhorol mwy yn eu cyfraddau swyddogaethol metabolaidd yn ystod y gaeaf o ganlyniad i hyn (~65-75%).

Typical Natural Shore (Summer)



Typical Artificial Shore (Summer)



Glan lle mae cregyn gleision yn drech

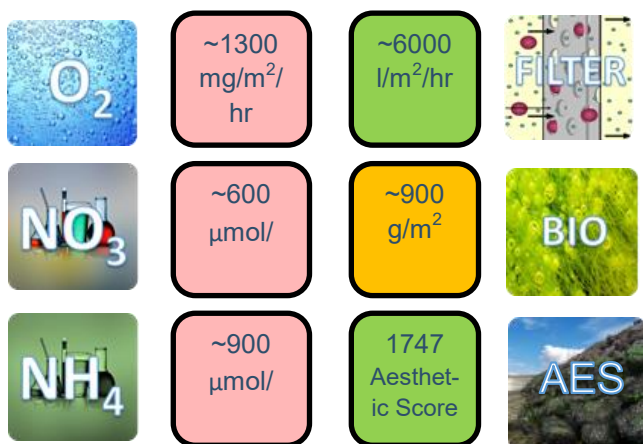


Glan lle mae cregyn gleision yn drech, gyda llecynnau mawr o *Mytilus edulis*, clystyrau tenau o wymonau, rhywfaint o wymonau coch a gwymonau gwyrdd dros dro, ac amrywiaeth o gastropodau sy'n pori, gastropodau ysglyfaethus, hydroidau a rhywogaethau sbyngau. Gall y cynefinoedd hyn greu riffiau mawr o gregyn gleision ar hyd glannau naturiol, neu gallant fyw mewn craciau ac agennau mewn creigiau ar hyd ardaloedd arfordirol naturiol ac artiffisial.

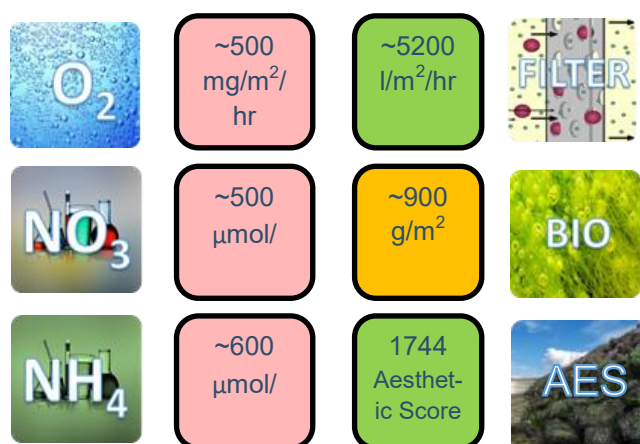
Mae natur drech y cregyn gleision hyn sy'n hoffi tyfu mewn gwagleoedd fel arfer yn golygu bod gan y cynefinoedd hyn gyfraddau cynhyrchiant a chyfraddau amsugno maetholion canolig i uchel, ond gallant esgor ar gyfraddau clirio dŵr uchel trwy gyfrwng biomas mawr o organebau sy'n hidlo bwyd, yn enwedig ar hyd traethlinau naturiol. Gall hyn helpu i dynnu deunydd gronynnol o'r dŵr a chyfrannu at gynnal ansawdd da y dŵr. Ar hyd strwythurau artiffisial, mae'r cydgasgliadau o gregyn gleision yn tueddu i fod yn llai dwys, a gall cynnydd mewn rhywogaethau dros dro fel *Ulva lactuca* wella'r cyfraddau cynhyrchiant a'r cyfraddau ailgylchu maetholion, ar draul cyfraddau hidlo.

Gall y cynefinoedd hyn fod yn eithaf amrywiol, oherwydd yn aml gall cregyn gleision weithredu fel rhywogaeth sylfaenol ar gyfer amrywiaeth o wymonau ac anifeiliaid, yn enwedig ar hyd morlinau naturiol. Gall yr amrywiaeth hon gyfoethogi nodweddion esthetig lleol y lan, a gall y gwerthfawrogiad esthetig fod yn fawr; er, mae'n bosibl y bydd y gwerthfawrogiad hwn yn llai ar hyd strwythurau artiffisial yn sgil llai o amrywiaeth yn y cymunedau a chan fod strwythurau artiffisial, ar y cyfan, â gwerthoedd esthetig sylfaenol is.

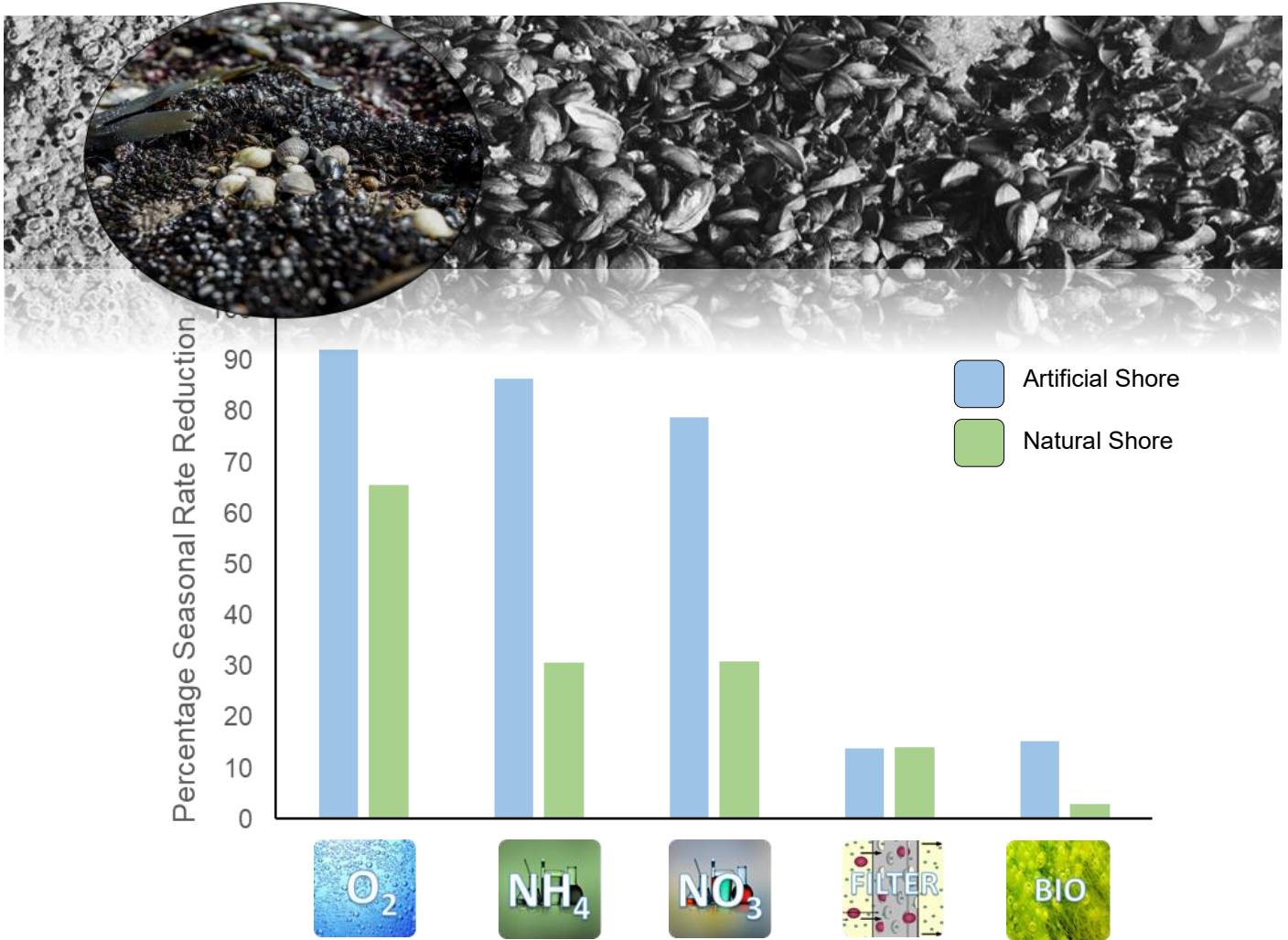
Typical Summer Community



Typical Winter Community

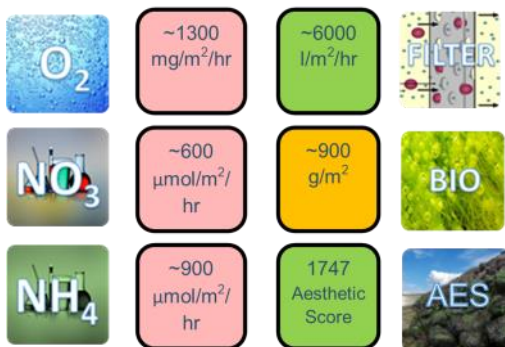


Glan lle mae cregyn gleision yn drech

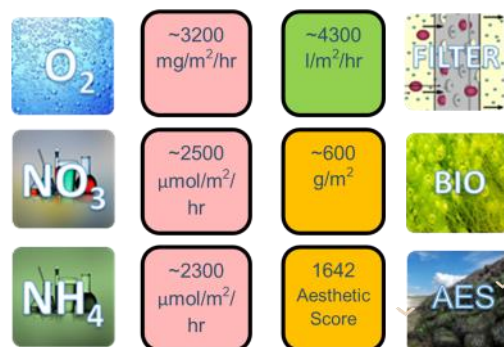


Ar lannau lle mae cregyn gleision yn drech, gwelir amrywioldeb tymhorol mawr mewn swyddogaethau ecosystem metabolaidd allweddol oherwydd biomas mawr o rywogaethau algâu dros dro sydd, yn aml, yn edwino yn ystod misoedd y gaeaf. Yn ystod yr haf, mae'r cyfraddau cynhyrchiant a'r cyfraddau ailgylchu maetholion yn ganolig, a gallant fod yn uwch ar strwythurau artiffisial oherwydd helaethrwydd y rhywogaethau dros dro. Fodd bynnag, gan fod cymunedau ar strwythurau artiffisial (glas) fel arfer yn cynnwys cyfran uwch o rywogaethau dros dro na'u hanalogau naturiol (gwyrd), maent yn fwy tebygol o weld lleihad tymhorol mwy yn eu cyfraddau swyddogaethol metabolaidd yn ystod y gaeaf o ganlyniad i hyn (~79-92%).

Typical Natural Shore (Summer)



Typical Artificial Shore (Summer)



Glan lle mae rhywogaethau dros dro yn drech



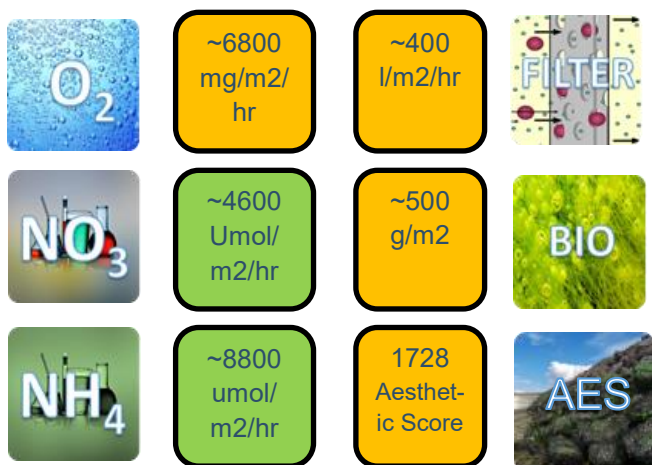
Fel arfer, mae glannau lle mae rhywogaethau dros dro yn drech yn cynnwys rhywogaethau unflwydd cyflym eu twf, fel rhywogaethau Ulva, rhywogaethau Porphyra, Cladophora a rhywogaethau Ceramium, yn ogystal â rhywogaethau ffilamentog eraill sy'n ffurfio tyweirch yn ystod yr haf, ond bydd eu helaethrwydd yn lleihau'n fawr dros fisoedd y gaeaf. Hefyd, maent yn tueddu i gynnal rhywogaethau pori llai eu maint, fel malwod Rissoa a littorinid sy'n bwydo ar algâu dros dro. Yn aml, gellir gweld y cymunedau hyn ar lannau a gaiff eu cyffroi'n aml, lle gall gormod o faetholion yn y dŵr beri i rywogaethau cyflym eu twf fynd yn drech, neu ar hyd amddiffynfeydd arfordirol modern lle mae'r cynefin yn llai addas i rywogaethau gwymonau mwy eu maint allu cydio ynddynt.

Mae natur oportiwnistaidd rhywogaethau dros dro yn golygu y gallant amsugno amoniwm, ac yn enwedig nitradau, yn gyflym o'r dŵr, ac yn aml hefyd mae ganddynt werth cynhyrchiant uchel fesul màs uned yn ystod misoedd yr haf.

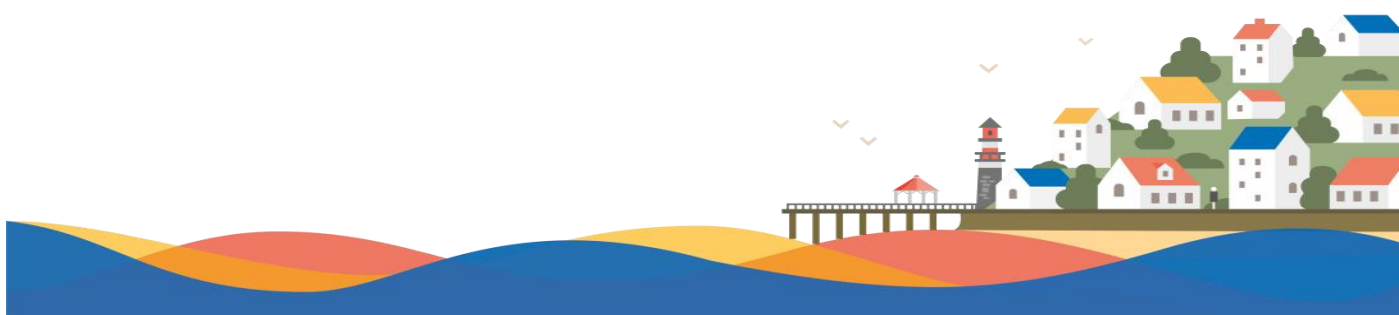
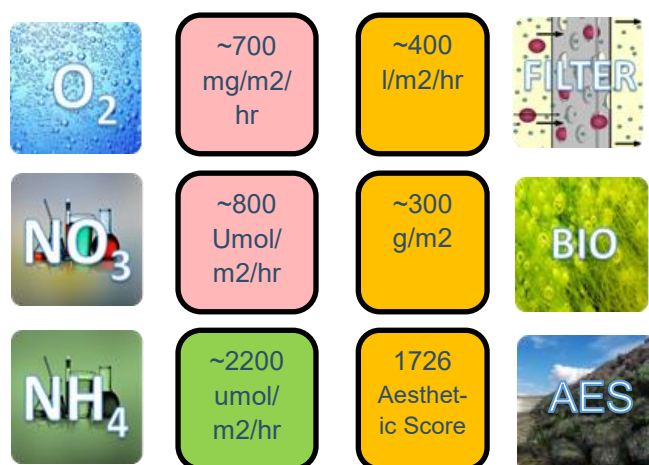
Fodd bynnag, mae'r rhywogaethau hyn hefyd yn cronni llawer llai o fïomas, ac maent yn fwy byrhoedlog eu tymhorau na glannau â gwymonau mwy eu maint sy'n tyfu'n araf, ac mae hyn yn eu gwneud yn llai effeithiol o ran ailgylchu maetholion a chynhyrchu ocsigen yn ystod y gaeaf o gymharu â chymunedau fel gwymon y graig (Fucus) sy'n goroesi gydol y flwyddyn. Fodd bynnag, mae glannau naturiol lle mae rhywogaethau dros dro yn drech yn aml yn cynnal poblogaethau o gregyn gleision mewn craciau ac agennau yn y graig, a gallant esgor ar gyfraddau hidlo dŵr canolog gydol y flwyddyn.

Yn aml, mae'r cymunedau hyn yn llai amrywiol na chymunedau o fath arall, ac o'r herwydd maent yn tueddu i fod yn llai diwylliannol werthfawr na chymunedau eraill. Hefyd, gall dirnadaeth negyddol o rywogaethau gwyrdd a choch dros dro arwain at werthfawrogiad esthetig isel ymhlith pobl.

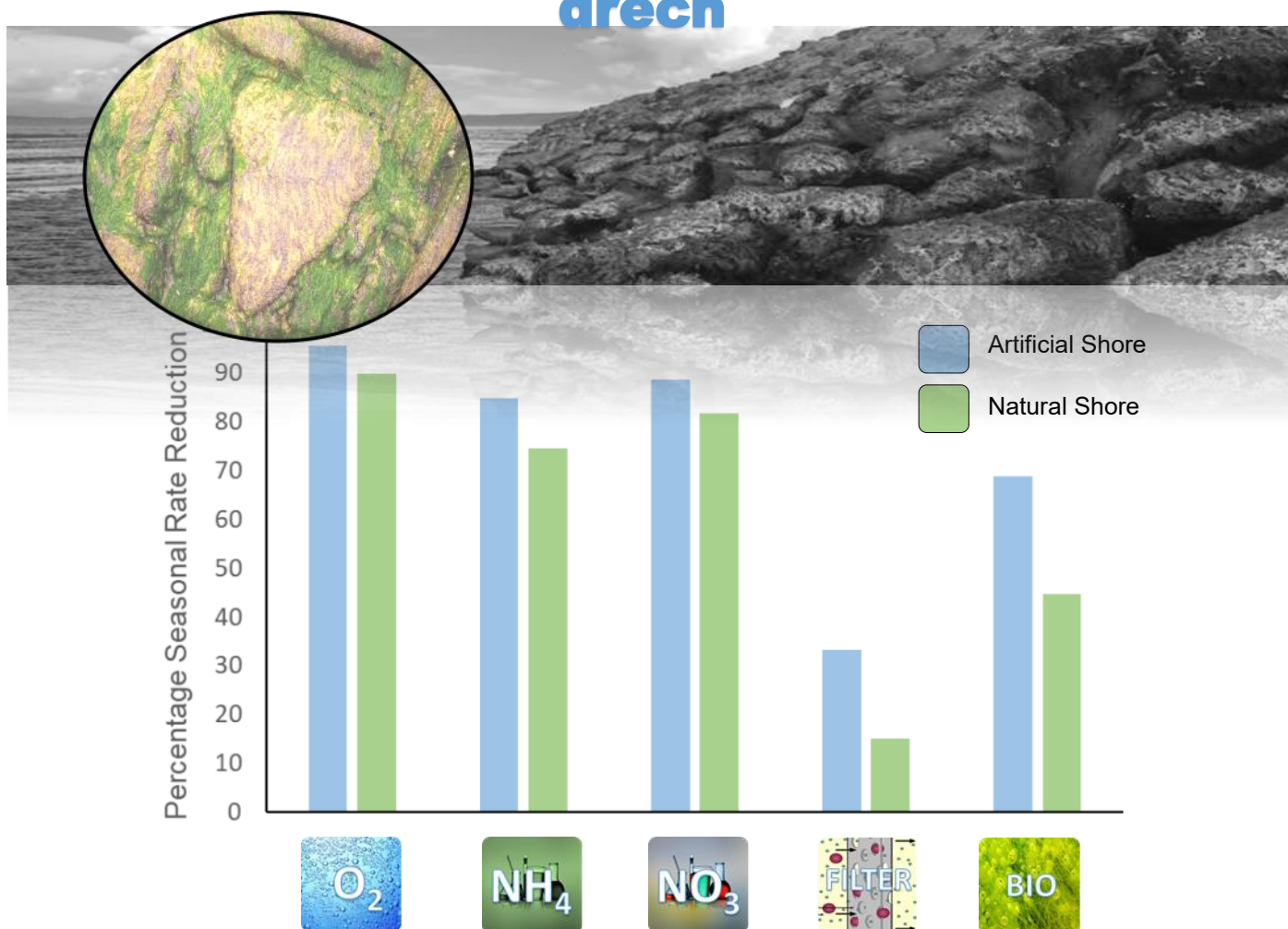
Typical Summer Community



Typical Winter Community

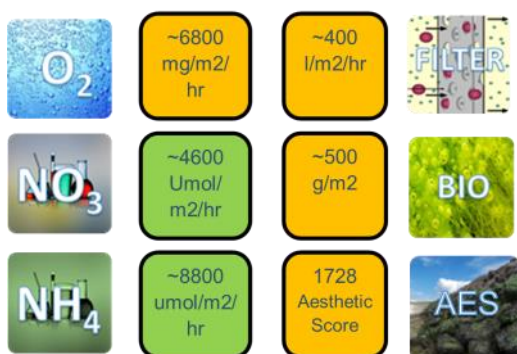


Glan lle mae rhywogaethau dros dro yn drech

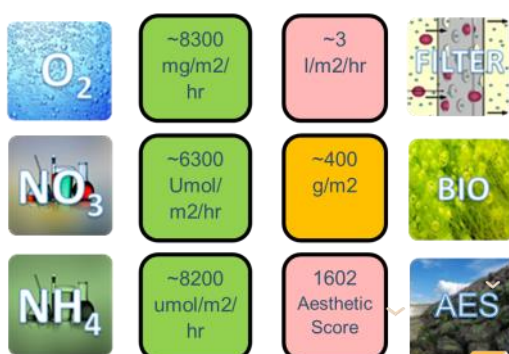


Ar lannau lle mae rhywogaethau dros dro yn drech, gwelir amrywioldeb tymhorol mawr mewn swyddogaethau ecosystem metabolaidd allweddol oherwydd biomas mawr o rywogaethau algâu dros dro sydd, yn aml, yn edwino yn ystod misoedd y gaeaf. Yn ystod yr haf, mae'r cyfraddau cynhyrchiant a'r cyfraddau ailgylchu maetholion yn uchel, a gallant fod yn uwch ar strwythurau artiffisial oherwydd helaethrwydd y rhywogaethau dros dro. Oherwydd helaethrwydd y rhywogaethau dros dro tymhorol, gall yr edwino yn ystod y gaeaf arwain at leihad mawr mewn swyddogaethau metabolaidd a biomas mewn morluniau naturiol ac artiffisial fel ei gilydd. Fodd bynnag, gan fod cymunedau ar strwythurau artiffisial (glas) fel arfer yn cynnwys cyfran rywfaint yn uwch o rywogaethau dros dro na'u hanalogau naturiol (gwyrdd), maent yn fwy tebygol o weld lleihad tymhorol mwy yn eu cyfraddau swyddogaethol metabolaidd (~86-95%) a'u biomas (69%) yn ystod y gaeaf o ganlyniad i hyn.

Typical Natural Shore (Summer)



Typical Artificial Shore (Summer)



Glan gymysg



Yn aml, mae cymunedau rhynglanwol cymysg yn cynnwys cymysgedd eang o wyonau sy'n ffurfio canopi, gyda rhywogaethau lluosflwydd fel *Chondrus crispus*, *Palmaria palmata*, a rhywogaethau *Osmundea*; rhywogaethau dros dro fel *Ulva*, *Ceramium* a rhywogaethau *Cladophora*, sy'n lleihau'n fawr yn eu niferoedd dros y gaeaf; a chymunedau amrywiol o anifeiliaid yn cynnwys *Sabellaria alveolata*, *Nucella lapillus*, *Mytilus edulis*, a rhywogaethau cregyn llong.

Maent yn gyffredin ar hyd glannau naturiol ar lethr a strwythurau amddiffynfeydd arfordirol hŷn a wnaed o garreg ac a adeiladwyd ar lethr.

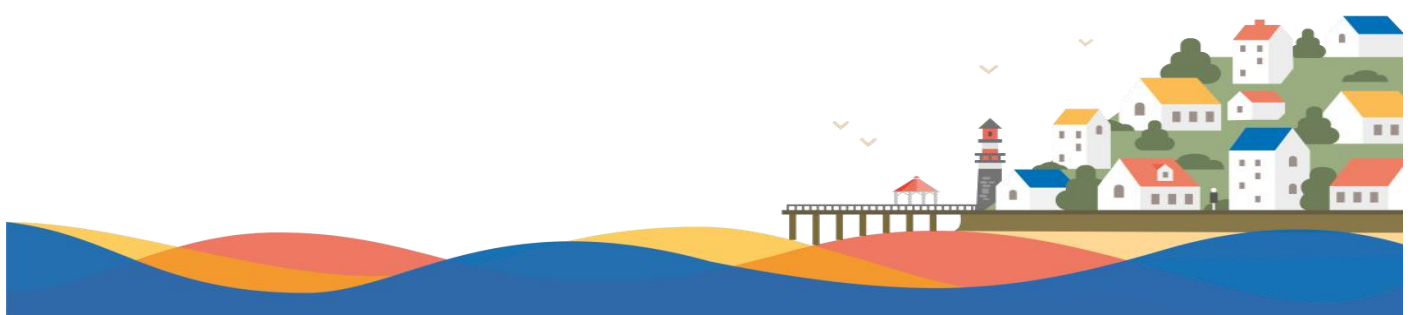
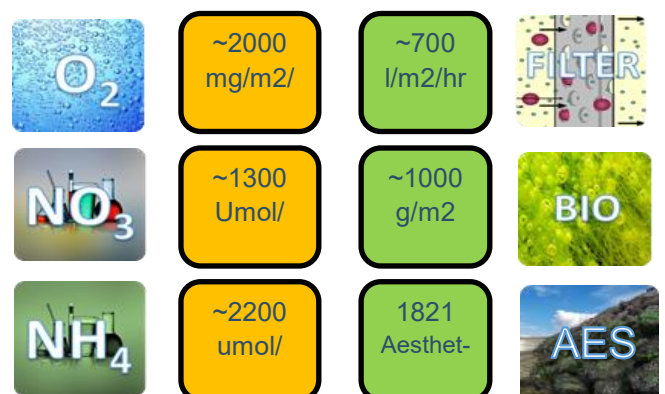
Gall y cymunedau hyn ddangos cyfraddau cynhyrchiant a chyfraddau amsugno maetholion canolig yn ystod yr haf oherwydd cyfuniad o fïomas uchel yn sgil rhywogaethau gwynon mwy eu maint sy'n tyfu'n araf, a chyfraddau amsugno cyflym fesul uned yn sgil rhywogaethau gwyrdd a choch dros dro sy'n tyfu'n gyflymach. Fodd bynnag, mae'r edwino a ddaw i ran rhywogaethau dros dro yn ystod y gaeaf yn gostwng cyfraddau metabolaidd cymunedau, fel amsugno maetholion, ond mae goroesiad rhywogaethau canopi mwy eu maint yn lleihau rhywfaint ar yr effeithiau dros gymunedau dros dro mwy byrhoedlog. Ymhellach, gall niferoedd nodweddiadol fawr o epibiontau a rhywogaethau 'hidlo bwyd' sylfaenol arwain at gyfraddau clirio gweddol uchel, gan hwyluso'r broses o dynnu deunydd gronynnol o'r dŵr a chyfrannu at wella neu gynnal ansawdd y dŵr.

Gall amrywiaeth y rhywogaethau a'r ffurfiau swyddogaethol yn y cymunedau hyn, ynghyd â'r biomas cymharol uchel, gynnal amrywiaeth eang o organebau eilaidd, a hefyd gallant beri i bobl werthfawrogi'r cynefin mewn modd cadarnhaol. Mae'r apêl esthetig yn debygol o fod yn uchel iawn o gymharu â mathau eraill o gymunedau, gan eu gwneud yn ddiwylliannol werthfawr ar hyd arfordiroedd naturiol a chan gynnal gwasanaethau addysgol, gwasanaethau hamdden a gwasanaethau llesiant.

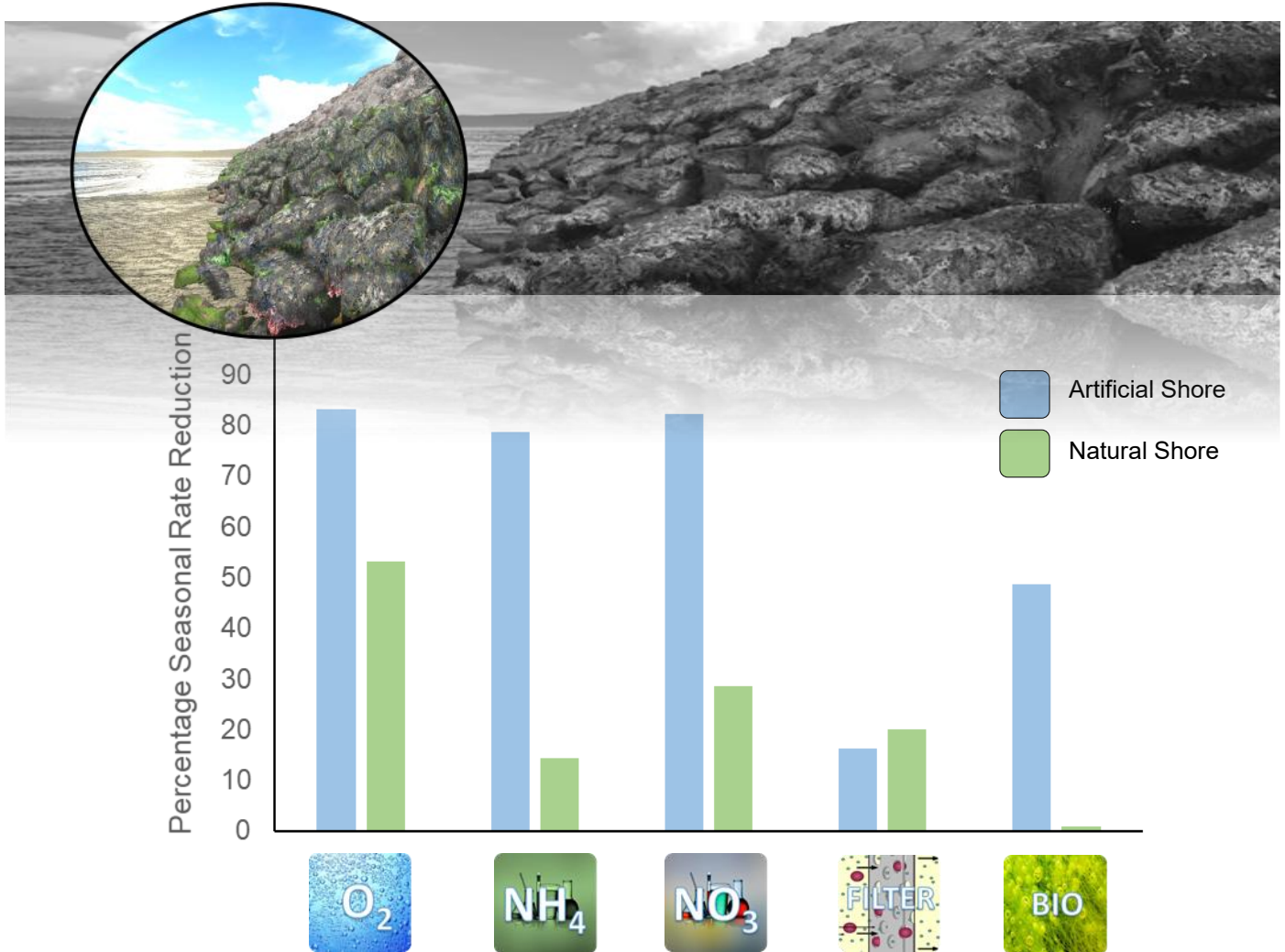
Typical Summer Community



Typical Winter Community

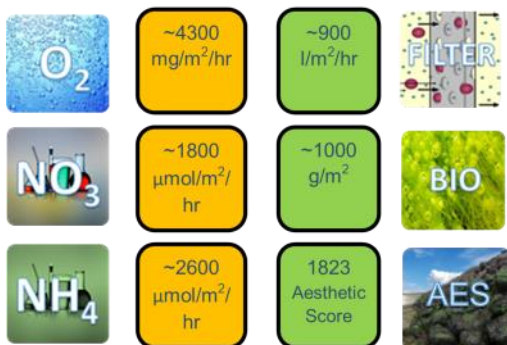


Glan gymysg

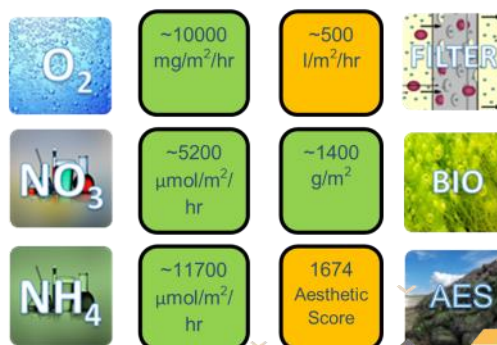


Mewn cymunedau cymysg, gwelir amrywioldeb tymhorol mawr mewn swyddogaethau ecosystem metabolaidd, yn enwedig yn achos glannau artiffisial, oherwydd y biomas canolog o rywogaethau algâu dros dro sydd, yn aml, yn edwino yn ystod misoedd y gaeaf. Yn ystod yr haf, mae'r cyfraddau cynhyrchiant a'r cyfraddau ailgylchu maetholion yn ganolog ar lannau naturiol, ond gallant fod yn uchel iawn ar strwythurau artiffisial oherwydd helaethrwydd y rhywogaethau dros dro. Fodd bynnag, mae'r helaethrwydd hwn o rywogaethau dros dro ar strwythurau artiffisial (glas), o gymharu â'u hanalogau naturiol (gwyrdd), yn golygu eu bod yn fwy tebygol o weld lleihad tymhorol mwy yn eu cyfraddau swyddogaethol metabolaidd (~79-84%) a'u biomas (55%) yn ystod y gaeaf o ganlyniad i hyn. Fodd bynnag, mae'r helaethrwydd hwn o rywogaethau lluosflwydd mawr eu maint ar lannau naturiol yn arwain at leihad llawer llai mewn swyddogaethau gan eu bod yn parhau â phrosesau metabolaidd dros y gaeaf.

Typical Natural Shore (Summer)



Typical Artificial Shore (Summer)



Tablau crynhoi swyddogaethau ecosystem – fesul metr sgwâr – ar gyfer cyfraddau cynhyrchiant sylfaenol (NPP), cyfraddau amsugno amoniwm a nitradau, cyfraddau hidlo (clirio) dŵr, cyfanswm biomas y cymunedau, sgôr Esthetig, cyfoeth y rhywogaethau a mynegai amlswyddogaethedd seiliedig ar PCA. Caiff mathau cyffredin o gymunedau, a chanddynt gyfansoddiad sy'n deillio o ddata a arolygwyd, eu cynrychioli ar draws y tymhorau (haf a gaeaf) ac ar draws cymunedau nodweddiadol ar strwythurau a thraethlinau naturiol ac artiffisial. Gellir gweld y methodolegau cyfrifo yn yr atodiad "Dulliau" ar ddiwedd y ddogfen.

	NPP (mg DO ₂ /m ² / hr)	Amsugno amoniwm (μmol/m ² / hr)	Amsugno nitradau (μmol/m ² / hr)	Cyfradd clirio dŵr (l/ m ² /hr)	Biomas (g/m ²)	Sgôr es- thetig (ELO)	Cyfoeth y rhywo- gaethau	Mynegai am- lswyddogaeth- edd
--	--	---	--	---	-------------------------------	-----------------------------	--------------------------------	-------------------------------------

Glan naturiol, Haf:

4 μmol crynodiad nitradau ac amoniwm, 17c, 1000μmol PAR

Furoid	10900	6800	2900	7	2200	1753	25	1.892
Glan gymysg	4300	2600	1800	900	1000	1823	40	1.212
Gwyran	2100	2100	1000	100	500	1771	23	0.699
Cregyn gleision	1300	900	600	6000	900	1747	26	1.114
Byrhoedlog	6800	8800	4600	400	500	1728	17	1.451

Glan artiffisial, Haf:

4 μmol crynodiad nitradau ac amoniwm, 17c, 1000μmol PAR

Furoid	11600	12500	5700	3	1700	1626	16	2.002
Glan gymysg	10000	11700	5200	500	1400	1674	25	1.915
Gwyran	3200	2000	1500	15	400	1590	10	0.355
Cregyn gleision	3200	2300	2500	4300	600	1642	22	0.995
Byrhoedlog	8300	8200	6300	3	400	1602	14	1.304

Glan naturiol, gaeaf:

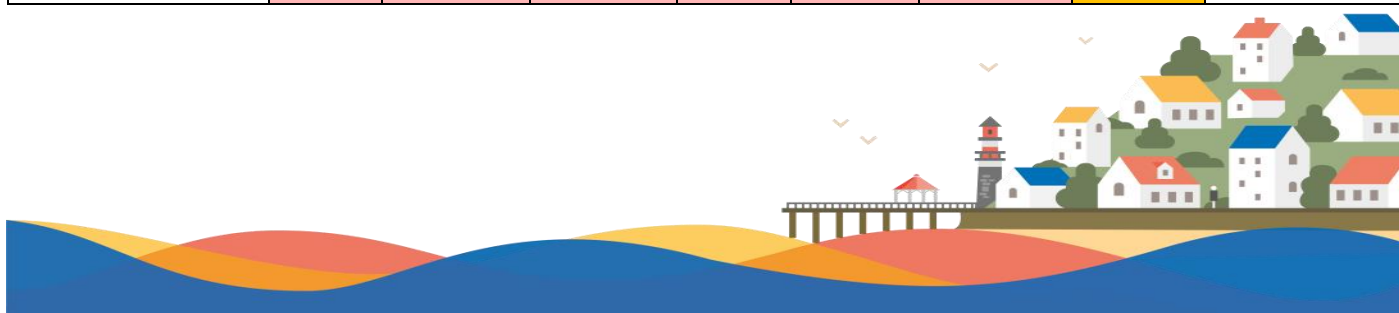
10 μmol crynodiad nitradau ac amoniwm 7μmol, 10c, 300 μmol PAR

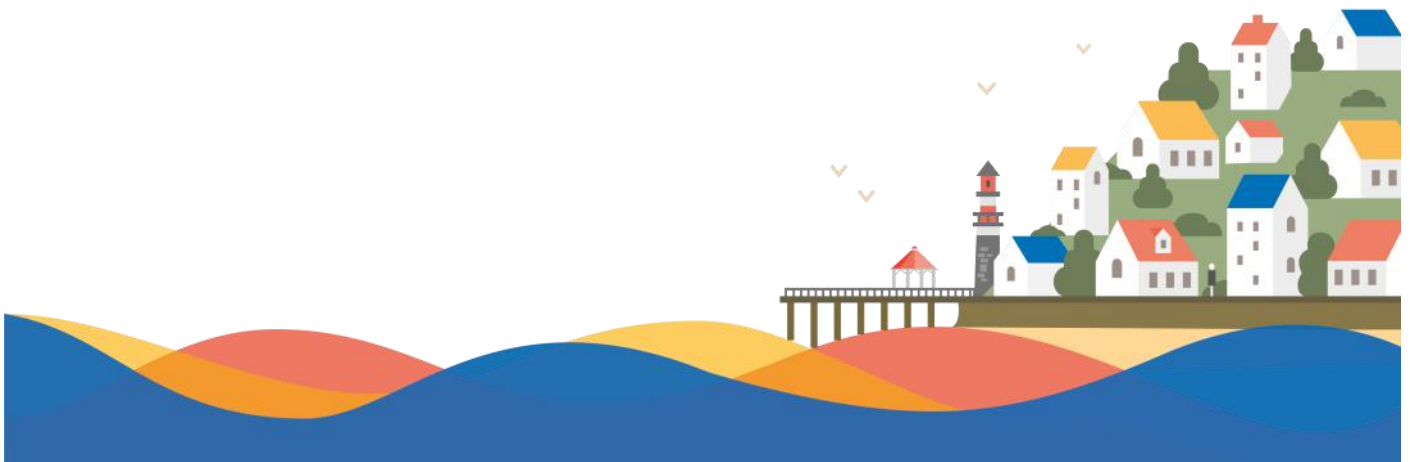
Furoid	6200	6300	3000	5	2000	1752	25	1.612
Glan gymysg	2000	2200	1300	700	1000	1821	40	1.026
Gwyran	700	1500	600	100	400	1770	23	0.544
Cregyn gleision	500	600	500	5200	900	1744	26	1.009
Byrhoedlog	700	2200	800	400	300	1726	17	0.494

Glan artiffisial, gaeaf:

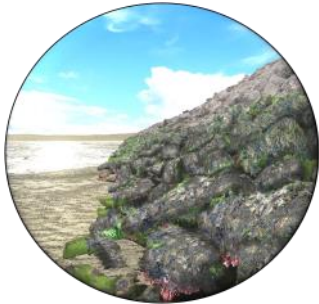
10 μmol crynodiad nitradau ac amoniwm 7μmol, 10c, 300 μmol PAR

Furoid	4000	7100	2800	2	1400	1620	16	1.074
Glan gymysg	1700	2500	1000	400	700	1670	25	0.559
Gwyran	800	700	500	11	300	1589	10	0.073
Cregyn gleision	200	300	500	3700	500	1636	22	0.505
Byrhoedlog	400	1300	700	2	100	1631	14	0.135





Swyddogaethau a Gwasanaethau **Ecosystem**: **Atodiad: canllaw offer**



EFPREDICT Tool

EFPREDICT R Package

Enw'r pecyn: EFPREDICT

Fersiwn pecyn: 0.0.0.9 (Beta)

Awduron: Tom Fairchild, John Griffin (Swansea University)

rheoli gan: Tom Fairchild <t.fairchild@swansea.ac.uk>

Datblygwyd yr offeryn EFPREDICT gan Dr Tom Fairchild a Dr John Griffin o Brifysgol Abertawe i ragfynegi dangosyddion gwasanaethau a chyfraddau swyddogaethol ecosystemau, fel rhan o Brosiect Ecostructure. Ceir rhagor o wybodaeth am brosiect Ecostructure ar <https://www.ecostructureproject.eu/>.

Caiff Ecostructure ei ariannu'n rhannol gan Gronfa Datblygu Rhanbarthol Ewrop (ERDF) trwy gyfrwng Rhaglen Gydweithredu Iwerddon Cymru 2014-2020

Sylwer: bydd y data a gyflwynir fel rhan o'r offer yn cael ei gyhoeddi gan aelodau tîm prosiect Ecostructure. Os ydych yn bwriadu cyhoeddi unrhyw ddata trwy ddefnyddio allbynnau'r offeryn hwn, yn rhannol neu'n gyfan gwbl, rhaid ichi ofyn caniatâd yr awduron. Ymhellach, os ydych yn cael trafferth i gael gafael ar yr offeryn, neu'n cael trafferth i'w ddefnyddio, cysylltwch â t.fairchild@swansea.ac.uk.

Offer cysylltiedig

Yn ychwanegol at yr offeryn hwn ar gyfer rhagfynegi swyddogaethau ecosystem, mae Dr Peter Lawrence wedi datblygu offeryn arall sy'n anelu at ragfynegi bioamrywiaeth a chyfansoddiad posibl y cymunedau ar gyfer gwahanol strwythurau artiffisial mewn amrywiaeth o gyd-destunau amgylcheddol, fel rhan o brosiect Ecostructure. Gallwch gael gafael ar yr offeryn yma <https://rstudio.bangor.ac.uk/BioPredict/>

Yn olaf, gall yr offeryn Tystiolaeth Cadwraeth gynorthwyo penderfynwyr yn y maes amgylcheddol trwy gyflwyno tystiolaeth yn ymwneud â gwahanol ymyriadau ar gyfer llunio a rheoli strwythurau arfordirol rhynglanwol ac islanwol, a all gyfoethogi bioamrywiaeth y strwythurau hyn. Gellir dod o hyd i ragor o wybodaeth yma <https://www.conservationevidence.com/>



EFPREDICT Tool Guide

EFPREDICT R Package

Enw'r pecyn: EFPREDICT

Fersiwn pecyn: 0.0.0.9 (Beta)

Awduron: Tom Fairchild, John Griffin (Swansea University)

rheoli gan: Tom Fairchild <t.fairchild@swansea.ac.uk>

Cyn dechrau:

Mae'r pecyn hwn yn defnyddio templedi excel i lenwi'r meysydd data angenrheidiol ar sail amrywiaeth o fformatau arolygu gwahanol. Cynhwysir y templed excel "Inputs.xlsx" yn y pecyn, gweler <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.5505186>, lle ceir meysydd y gellir eu llenwi (gellir dod o hyd i gyfarwyddiadau ar gyfer y templed mewnbynnau ar dudalen X y canllawiau hyn). Cyn dechrau, a wnewch chi gadw copi o'r templed hwn – lle gallwch gofnodi data'n ymwneud â rhywogaethau a data amgylcheddol – yn eich cyfeiriadur gwaith. Yna, gallwch ailenwi'r ffeil ar sail eich anghenion. Hefyd, dylid ychwanegu copi o'r ffeil "Outputs.xlsx" at eich cyfeiriadur gwaith, ond ni ddylech addasu'r ffeil hon.

Er mwyn i'r pecyn hwn weithio, mae'n ofynnol ichi fod â phecynnau eraill, ac efallai na fydd modd gosod y pecynnau hyn yn awtomatig – mae hyn yn dibynnu ar ba fersiwn o R neu R-Studio sydd gennych. Fe'ch cynghorir i osod y pecynnau canlynol gan Cran cyn gosod pecyn EFPREDICT:

```
<vegan> <readxl> <openxlsx>
```

Swyddogaeth EFPREDICT:

Disgrifiad: Mae EFPREDICT yn cyfrifo amrywiaeth o brosesau a swyddogaethau ecosystem ar gyfer cymunedau rhynglanwol o anifeiliaid ac algâu. Mae'r pecyn hwn yn addas i'w ddefnyddio hefyd ar gyfer strwythurau arfordirol artiffisial a chynefinoedd rhynglanwol naturiol, fel riffiau creigiog. Gellir ei ddefnyddio i ragfynegi llifoedd ocsigen (anadlu, cynhyrchiant sylfaenol), llifoedd maetholion (amsugno/gollwng amoniwm a nitradau), effeithlonrwydd hidlo (cyfradd glirio), llif carbon, biomas, a'r dangosydd gwasanaethau ecosystem diwylliannol sy'n berthnasol i apêl esthetig.

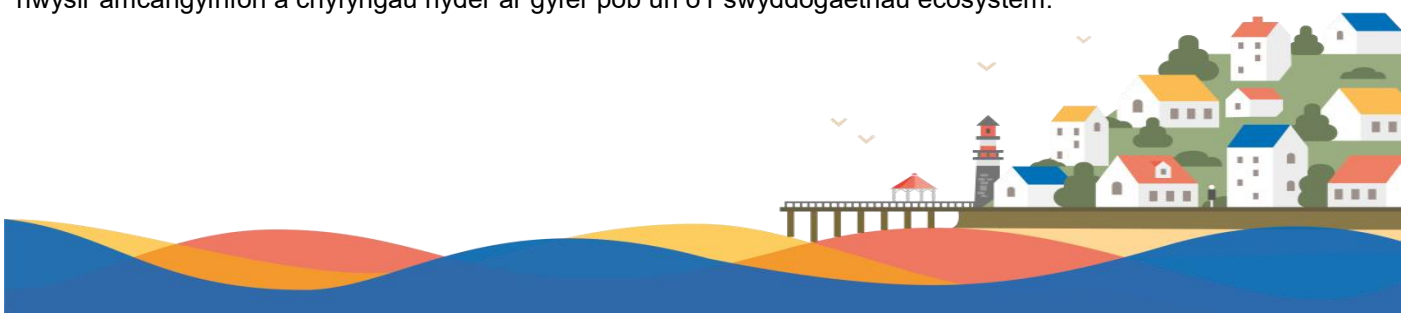
Fformat cystrawen: **EFPREDICT** (ffeil mewnbynnau, ffeil allbynnau)

- Ffeil mewnbynnau: dylai fod yn fersiwn wedi'i haddasu gan y defnyddiwr o'r templed "Inputs.xlsx". Defnyddiwr hon i nodi enw'r ffeil mewnbynnau y dymunwch ei dadansoddi; cynhwyswch yr ôl-ddodiad .xlsx, a defnyddiwrch ddyfynodau o boptu'r enw ("xxxx.xlsx").
- Ffeil allbynnau: enw ffeil y gall y defnyddiwr ei ddewis. Teipiwrch yr enw y dymunwch ei ddefnyddio ar gyfer y ffeil; cynhwyswch yr ôl-ddodiad .xlsx, a defnyddiwrch ddyfynodau o boptu'r enw ("xxxx.xlsx").

Er enghraifft, os caiff y ffeil mewnbynnau ei chadw dan yr enw "MumblesPierA1.xlsx", ac os ydym yn dymuno enwi'r ffeil allbynnau yn "MumPierRESULTSA1.xlsx", byddai'r swyddogaeth yn cael ei llenwi fel a ganlyn:

EFPREDICT("MumblesPierA1.xlsx", "MumPierRESULTSA1.xlsx")

Bydd hyn yn cynhyrchu ffeil canlyniadau excel wedi'i fformatio gyda'r enw "MumPierRESULTSA1.xlsx", lle cynhwysir amcangyfrifon a chyfyngau hyder ar gyfer pob un o'r swyddogaethau ecosystem.



Y daflen mewnbynnau

EFPREDICT R Package

Taxonomic classification				Quantitative Abundance Data			Environmental Parameters				
Type	Phylum	Group	Taxa	Measured_Density(gAFDW/DW)/m ³ _If Known	Percentage_Cover_(algae/colonial_animals)	Animal_Count	Water_Temperature (°C)	Nutrient_Nitrate (µmol/l)	Nutrient_Ammonium (µmol/l)	Salinity (PSU)	Light_availability (µmol/sec/m ²) PAR
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
							Structure_Type	Natural Shore	Name of Sample	A123	1000
							13				14

Taxonomic classification			
Type	Phylum	Group	Taxa
1	2	3	4
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

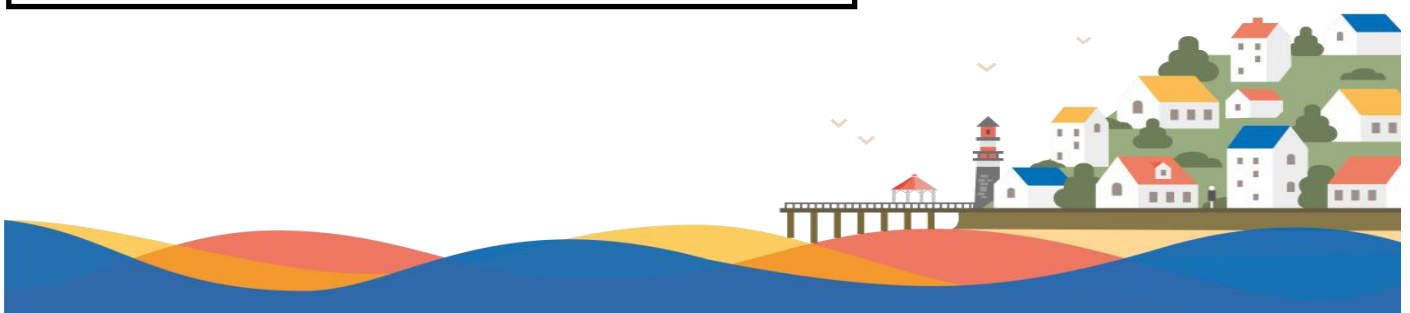
Defnyddir y meysydd dosbarthu tacsonomaidd i fewnbynnu data'n ymwneud â chymunedau ar y modelau. Bydd y meysydd data'n cynnwys cwymplenni er mwyn ichi allu dewis eich ymatebion, a bydd y dewisiadau o ran celloedd yn rhoadru o 1-4, a rhaid eu llenwi yn eu trefn.

Quantitative Abundance Data		
Measured_Density(gAFDW/DW)/m ³ _If Known	Percentage_Cover_(algae/colonial_animals)	Animal_Count
5	6	7

Ar ôl i'r meysydd tacsonomaidd gael eu llenwi, rhaid mewnbynnu data am helaethrwydd. Gellir bod rhywfaint yn hyblyg o ran y math o ddata a fewnbynnir, a gall yr offeryn naill ai dderbyn data biomas (5: y dewis hwn a fydd yn esgor ar y canlyniad gorau), neu ddata ar ffurf canran (6) a data o ran niferoedd anifeiliaid fesul m2 (7) pan na fo'r data biomas ar gael. Caiff y mathau priodol o ddata eu hamlygu mewn gwyrdd ar gyfer y tacsonau dan sylw.

Environmental Parameters					
Water_Temperature (°C)	Nutrient_Nitrate (µmol/l)	Nutrient_Ammonium (µmol/l)	Salinity (PSU)	Light_availability (µmol/sec/m ²) PAR	
8	9	10	11	12	
Structure_Type	Natural Shore	Name of Sample	A123		
	13			14	

Yn olaf, rhaid mewnbynnu data ar gyfer y senario dan sylw, oherwydd mae cryn dipyn o gyfraddau swyddogaethol yn ddibynnol iawn ar dymheredd, halwynedd, golau neu grynodiadau maetholion. Gellir cael canllawiau ar baramedrau amgylcheddol yn y tab 'canllawiau' ar y daflen mewnbynnau. Hefyd, gallwch ddewis y math o lan (13) ar gyfer cyfrifo apêl esthetig, a gallwch nodi maint y sampl (14: er gwybodaeth).



Y daflen allbynnau

EFPREDICT R Package

Ecosystem Function Run Output Sheet				Magnitude	Confidence	Significance
Ecosystem Processes	Estimate	Lower (5% CI) Estimate	Upper (95% CI) Estimate			
Community Oxygen Flux (mg O ₂ /m ² /hr ⁻¹)	0	0	0	0 No Detectable Oxygen flux (1)	Not Applicable	The community on the structure is providing no net oxygenation or oxygen uptake effects
Community Respiration Rate (mg O ₂ /m ² /hr ⁻¹)	0	0	0	0 No Detectable Respiration (1)	Not Applicable	No measurable oxygen production is occurring
Community Primary Productivity Rate (mg O ₂ /m ² /hr ⁻¹)	0	0	0	0 No Detectable Productivity (1)	Not Applicable	No measurable oxygen production is occurring
Community Ammonium Flux (μmol NH ₄ /m ² /hr ⁻¹)	0	0	0	0 No Detectable Ammonium Flux (1)	Not Applicable	The community on the structure is providing no net ammonium excretion or uptake
Community Ammonium Excretion Rate (μmol NH ₄ /m ² /hr ⁻¹)	0	0	0	0 No detectable Ammonium Excretion (1)	Not Applicable	The community on the structure is providing no ammonium excretion
Community Ammonium Uptake Rate (μmol NH ₄ /m ² /hr ⁻¹)	0	0	0	0 No detectable Ammonium Uptake (1)	Not Applicable	The community on the structure is providing no net ammonium excretion or uptake
Community Nitrate Uptake Rate (μmol NO ₃ /m ² /hr ⁻¹)	0	0	0	0 No Detectable Nitrate Uptake (1)	Not Applicable	The community on the structure is providing no net nitrate excretion or uptake
Metabolic Carbon Flux (mg C/m ² /hr ⁻¹)	0	0	0	0 No Detectable Oxygen flux (1)	Not Applicable	The community on the structure is providing no net carbon uptake or output effects
Community Clearance Rate (Litres cleared/hr ⁻¹)	0	0	0	0 No detectable Clearance (1)	Not Applicable	The community on the structure is providing no particulate removal clearance function
Community Algal Biomass (g DW/m ²)	0	0	0	0 No Algal Biomass (1)	Not Applicable	The community on the structure is providing no algal biomass
Community Animal Biomass (g AFDW/m ²)	0	0	0	0 No Animal Biomass (1)	Not Applicable	The community on the structure is providing no animal biomass
Aesthetic Services	Estimate	Lower (5% CI) Estimate	Upper (95% CI) Estimate	Value	Confidence	Significance
Community aesthetic Preference Score (ELO)	0	0	0	Could Not Be Calculated, Insufficient Inform	Not Applicable	Insufficient information has been supplied to calculate aesthetics. Please check the input file
Community Diversity Metrics	Estimate					
Species Richness	0					
Species Evenness	0.00					
Species Diversity (Shannon)	0.00					

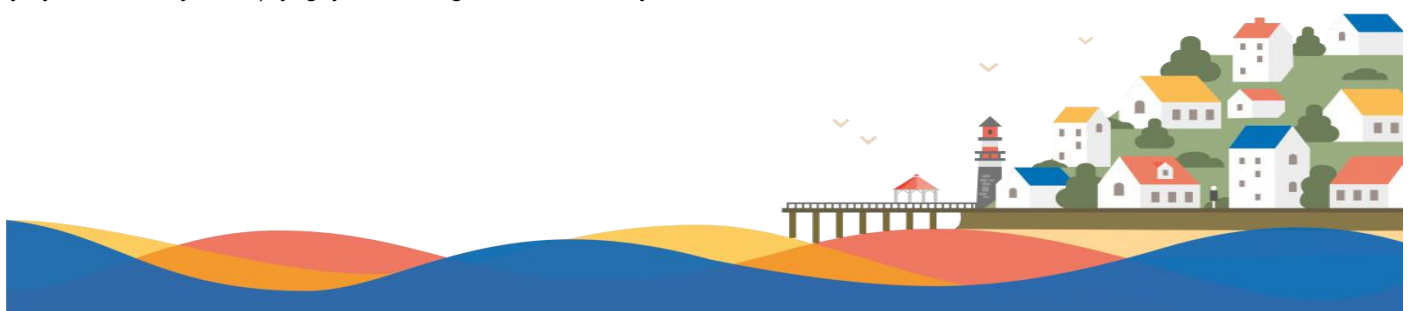


Ecosystem Function Run Output Sheet			
Ecosystem Processes	Estimate	Lower (5% CI) Estimate	Upper (95% CI) Estimate
Community Oxygen Flux (mg O ₂ /m ² /hr ⁻¹)	0	0	0
Community Respiration Rate (mg O ₂ /m ² /hr ⁻¹)	0	0	0
Community Primary Productivity Rate (mg O ₂ /m ² /hr ⁻¹)	0	0	0
Community Ammonium Flux (μmol NH ₄ /m ² /hr ⁻¹)	0	0	0
Community Ammonium Excretion Rate (μmol NH ₄ /m ² /hr ⁻¹)	0	0	0
Community Ammonium Uptake Rate (μmol NH ₄ /m ² /hr ⁻¹)	0	0	0
Community Nitrate Uptake Rate (μmol NO ₃ /m ² /hr ⁻¹)	0	0	0
Metabolic Carbon Flux (mg C/m ² /hr ⁻¹)	0	0	0
Community Clearance Rate (Litres cleared/hr ⁻¹)	0	0	0
Community Algal Biomass (g DW/m ²)	0		
Community Animal Biomass (g AFDW/m ²)	0		
Aesthetic Services	Estimate	Lower (5% CI) Estimate	Upper (95% CI) Estimate
Community aesthetic Preference Score (ELO)	0	0	0
Community Diversity Metrics	Estimate		
Species Richness	0		
Species Evenness	0.00		
Species Diversity (Shannon)	0.00		

Bydd holl ddangosyddion pwysig y swyddogaethau, y prosesau neu'r gwasanaethau ecosystem a ragfyngir gan y model yn cael eu cynrychioli ar y daflen allbynnau, a hefyd ceir amcangyfrif wedi'i fodelu ar gyfer pob swyddogaeth, ynghyd â therfyn uchaf (95% CI) a therfyn isaf (5% CI) ar gyfer yr amcangyfrif (pan fo hynny'n berthnasol).

Magnitude	Confidence	Significance
No Detectable Oxygen flux (1)	Not Applicable	The community on the structure is providing no net oxygenation or oxygen uptake effects
No Detectable Respiration (1)	Not Applicable	No measurable oxygen production is occurring
No Detectable Productivity (1)	Not Applicable	No measurable oxygen production is occurring
No Detectable Ammonium Flux (1)	Not Applicable	The community on the structure is providing no net ammonium excretion or uptake
No detectable Ammonium Excretion (1)	Not Applicable	The community on the structure is providing no ammonium excretion
No detectable Ammonium Uptake (1)	Not Applicable	The community on the structure is providing no net ammonium excretion or uptake
No Detectable Nitrate Uptake (1)	Not Applicable	The community on the structure is providing no net nitrate excretion or uptake
No Detectable Oxygen flux (1)	Not Applicable	The community on the structure is providing no net carbon uptake or output effects
No detectable Clearance (1)	Not Applicable	The community on the structure is providing no particulate removal clearance function
No Algal Biomass (1)		The community on the structure is providing no algal biomass
No Animal Biomass (1)		The community on the structure is providing no animal biomass
Value	Confidence	Significance
Could Not Be Calculated, Insufficient Inform	Not Applicable	Insufficient information has been supplied to calculate aesthetics. Please check the input file

Ynghyd â'r amcangyfrifon ar gyfer pob paramedr, bydd allbwn yr offeryn hefyd yn cyflwyno crynodeb bras o'r canlyniadau; gan nodi maint a chyfeiriad y broses (yn cynnwys dangosyddion 'goleuadau traffig' hawdd eu deall ar ffurf uchel-canolig-isel), a'r lefel hyder mewn perthynas â'r rhagfyngiadau (yn seiliedig ar berfformiad rhywogaethau unigol ac ymdriniaeth o dactonau cyfwerth yn y set ddata hyfforddi), ynghyd â dehongliad bras o'r canlyniadau.



Crynodeb o'r fethodoleg

EFPREDICT R Package

Bwriedir i becyn EFPREDICT ragfynegi amrywiaeth o ddangosyddion yn ymwneud â swyddogaethau, prosesau a gwasanaethau ecosystem. Er mwyn gwneud hyn, mae'n defnyddio cyfres o fodelau rhagfynegi sy'n gwneud defnydd o briodoleddau organebau i ymdrin ag amrywiaeth eang o rywogaethau, a gall ryngosod swyddogaethau ar gyfer rhywogaethau eraill na chânt eu cynrychioli'n ddigonol neu ar gyfer rhywogaethau nad oes gennym fesuriadau swyddogaethol ar eu cyfer.

Er mwyn deall y berthynas rhwng priodoleddau organebau a swyddogaethau/prosesau, cynhaliwyd adolygiad llenyddiaeth systematig i goladu data ymateb swyddogaethol ar gyfer yr holl baramedrau y byddid yn eu defnyddio wrth fodelu. Ar ôl pennu'r ffynonellau data posibl, aethpwyd ati i archwilio pob eitem data neu eitem llenyddiaeth er mwyn sicrhau bod methodolegau cyffelyb yn cael eu defnyddio, a hefyd er mwyn sicrhau yr adroddid am y paramedrau amgylcheddol angenrheidiol ochr yn ochr â'r cyfraddau swyddogaethol. Dim ond y rhai a oedd yn bodloni'r meini prawf a gynhwyswyd yn y set ddata ddadansoddi. O blith y llenyddiaeth a ddewiswyd, tynnwyd data o'r setiau data, y tablau neu'r ffigurau, ynghyd ag unrhyw wybodaeth a oedd ar gael am briodoleddau (os oedd gwybodaeth o'r fath wedi'i chynnwys) a data amgylcheddol, a chafodd yr unedau eu safoni.

Pan oedd gwybodaeth am briodoleddau ar goll, aethpwyd ati i gyfartaleddu'r priodoleddau trwy ddefnyddio data gan Mauffrey et al., 2020 a data a gasglwyd gan yr awduron fel rhan o'u gwaith. Yn achos paramedrau lle ceid cynrychiolaeth wael ar draws rhywogaethau (ar draws grwpiau swyddogaethol neu o fewn y cyfaint priodoleddau disgwylidig) neu gyd-destunau amgylcheddol (e.e. tymheredd, golau), cynhaliwyd arbrofion mesocosm ychwanegol yn y labordy i feintoli cyfraddau swyddogaethol fel y gellid llenwi unrhyw fylchau mawr yn yr wybodaeth. Cafodd cyfanswm o ~6500 o bwyntiau data eu mesur neu eu tynnu ar gyfer y set ddata hyfforddi, a neilltuwyd 500 yn ychwaneg ar gyfer eu dilysu. Yn ychwanegol at y dadansoddiad fesul rhywogaeth o gyfraddau swyddogaethol a chyfraddau proses, cynhaliwyd dadansoddiad ar wahân i ddisgrifio gwerthoedd esthetig pob cymuned, yn seiliedig ar amrywiaeth, gwastadrwydd a lleoliad amgylcheddol, trwy ddefnyddio data gan Fairchild et al., (wrthi'n cael ei adolygu) ynglŷn ag estheteg cymunedau.

Ar ôl cwblhau'r set ddata, defnyddiwyd atchwel llinol (log, neu log-log) neu fodelau adiol cyffredinoliedig (GAM) i ddisgrifio'r berthynas rhwng priodoleddau organebau a swyddogaethau ecosystem. Caiff y priodoleddau a ddefnyddiwyd ar gyfer pob model eu cyflwyno yn Nhabl 1 (tudalen X). Aseswyd y modelau mewn perthynas ag ansawdd y ffit, ac fe'u gwrthodwyd os oedd gwerthoedd r^2 y model yn llai na 0.75 neu os oedd y gwahaniaeth rhwng y gwerthoedd disgwylidig a'r gwerthoedd gwirioneddol yn fwy na $\pm 10\%$. Yna, cafodd modelau a optimeiddiwyd eu dilysu yn erbyn set ddata ddilysu ar wahân er mwyn profi atgynrychioldeb y canlyniadau a chywirdeb y rhagfynegi ar draws amodau amgylcheddol neu rywogaethau newydd. Gweithiodd pob un o'r modelau'n dda, gan ddangos cyfraddau gwall isel a gwerthoedd r^2 gwirioneddol-disgwylidig rhwng 0.79 a 0.94 – mae hyn yn arwydd bod y modelau wedi'u ffitio'n dda ar gyfer data newydd.

Er mwyn gallu cyflwyno rhagfynegiadau ar sail y modelau rhywogaethau dilysedig hyn, defnyddiwyd swyddogaeth ragfynegi i amcangyfrif pob paramedr ar gyfer rhywogaethau newydd a fewnbynwyd ar sail data cyfansoddiad cymunedau, ac aethpwyd ati i luosi data rhywogaethau gyda biomas rhywogaethau, ac adiwyd y cyfraddau fesul rhywogaeth i gyfrifo'r cyfraddau swyddogaethol ar lefel y gymuned gyfan.

Cyfyngiadau

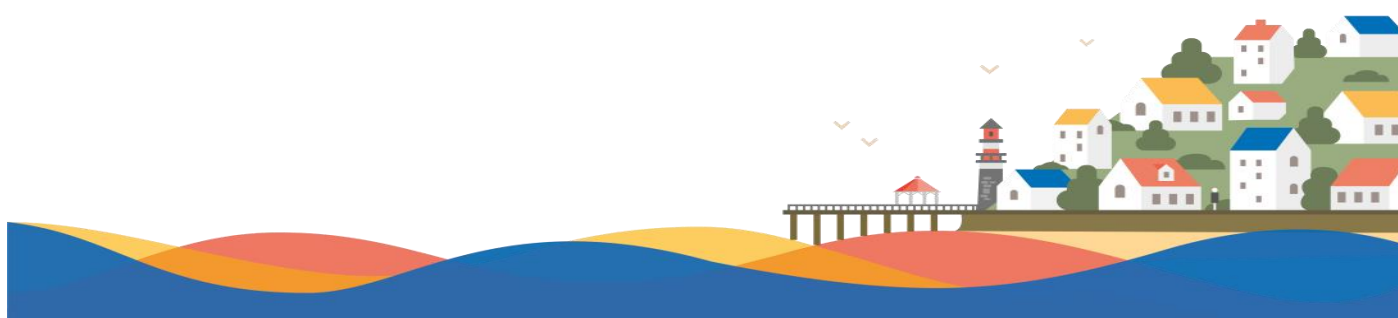
Er y dylai'r offeryn a gyflwynir yma esgor ar amcangyfrif da ar gyfer cyfraddau swyddogaethol posibl dan amodau delfrydol, efallai na fydd y modelau fesul rhywogaeth a ddefnyddiwyd yn egluro rhyngweithiadau ar draws ac o fewn rhywogaethau – sef rhyngweithiadau a all newid y swyddogaethau gwirioneddol ar lefel y gymuned gyfan. Er enghraifft, ni chynhwyswyd swyddogaethau dibynnol ar ddwysedd oherwydd diffyg gwybodaeth hylaw, ond gallent arwain at eu cysgodi eu hunain a rhywogaethau isdyfiant, ac fe allai hynny leihau cyfraddau cynhyrchiant yn sgil llai o heulwen, neu fe allai clystyrau o wyon leihau effeithlonrwydd hidlwyr bwyd trwy arafu cyflymder y dŵr a'r gronynnau sy'n mynd heibio i organebau hidlo bwyd. Ychwaith, ni fu modd inni gyfleu'r ystod lawn o baramedrau amgylcheddol sy'n cyfrannu at rai swyddogaethau, ac o'r herwydd ni chawsant eu cynnwys yn y modelau; er enghraifft, cyflymder llif dŵr, amser ailymddangos, neu baramedrau cemeg dŵr. Fodd bynnag, er gwaethaf y cyfyngiadau hyn, dylai'r modelau gynnig arwydd da o botensial swyddogaethol ynghyd â chymhariaeth rhwng gwahanol gynefinoedd neu fathau o gymunedau.

Crynodeb o'r fethodoleg

EFPREDICT R Package

Tabl 2: Y priodoeddau a'r paramedrau amgylcheddol allweddol sy'n ysgogi dangosyddion gwasanaethau neu gyfraddau swyddogaethol ar gyfer yr holl baramedrau a fodelwyd, a'r unedau terfynol cymwys a ddeilliodd o'r modelau.

Paramedr	Unedau	Rhagfynegwyr
Cyfradd gynhyrchiant sylfaenol	mg/m ² /hr	Priodoled: Lliw, Trwch, Cymhareb arwynebedd i gyfaint (SAV), Arwynebedd thalws penodol (STA), Grŵp swyddogaethol; Amgylcheddol: Tymheredd, Halwynedd, Argaeledd golau
Resbiradaeth (gwymon)	mg/m ² /hr	Priodoled: Lliw, Cymhareb arwynebedd i gyfaint (SAV), Arwynebedd thalws penodol (STA), Grŵp swyddogaethol; Amgylcheddol: Tymheredd, Halwynedd
Resbiradaeth (Anifeiliaid)	mg/m ² /hr	Priodoled: biomas unigol (AFDW), Grŵp swyddogaethol, Teipio; Amgylcheddol: Tymheredd, Halwynedd
Cyfradd amsugno nitradau	μmol/m ² /hr	Priodoled: Lliw, Trwch, Cymhareb arwynebedd i gyfaint (SAV), Arwynebedd thalws penodol (STA), Grŵp swyddogaethol, Nitrogen a gynhwysir yn y meinwe; Amgylcheddol: Tymheredd, Halwynedd, Argaeledd golau, Crynodiad nitradau yn y dŵr
Cyfradd amsugno amoniwm	μmol/m ² /hr	Priodoled: Lliw, Trwch, Cymhareb arwynebedd i gyfaint (SAV), Arwynebedd thalws penodol (STA), Grŵp swyddogaethol, Nitrogen a gynhwysir yn y meinwe; Amgylcheddol: Tymheredd, Halwynedd, Argaeledd golau, Crynodiad amoniwm yn y dŵr
Ysgarthiad amoniwm	μmol/m ² /hr	Priodoled: biomas unigol (AFDW), Grŵp swyddogaethol, Teipio; Amgylcheddol: Tymheredd, Halwynedd
Cyfradd clirio dŵr	Litres/m ² /hr	Priodoled: biomas unigol (AFDW), Grŵp swyddogaethol, Teipio; Amgylcheddol: Tymheredd, Halwynedd, crynodiad gronynnol
Sgôr esthetig	ELO score	Cymuned: Cyfoeth rhywogaethau, Gwastadrwydd rhywogaethau, Gwastadrwydd swyddogaethol (F.Eve), Dargyfeiriad swyddogaethol (Rao's Q); Amgylcheddol: Math o lan



Ffynonellau data

EFPREDICT R Package

Ammonium Uptake (Ahn *et al.*, 1998; Amat & Braud, 1990; Aníbal *et al.*, 2014; Bigelow, 1978; D'Elia & DeBoer, 1978; Grote, 2016; Hein *et al.*, 1995; Luo *et al.*, 2012; Martínez *et al.*, 2012; Peckol *et al.*, 1994; Rees *et al.*, 2007; Rosenberg & Ramus, 1984; Subandar *et al.*, 1993; R. B. Taylor *et al.*, 1998; Wallentinus, 1984; Fairchild *et al.* (Unpublished))

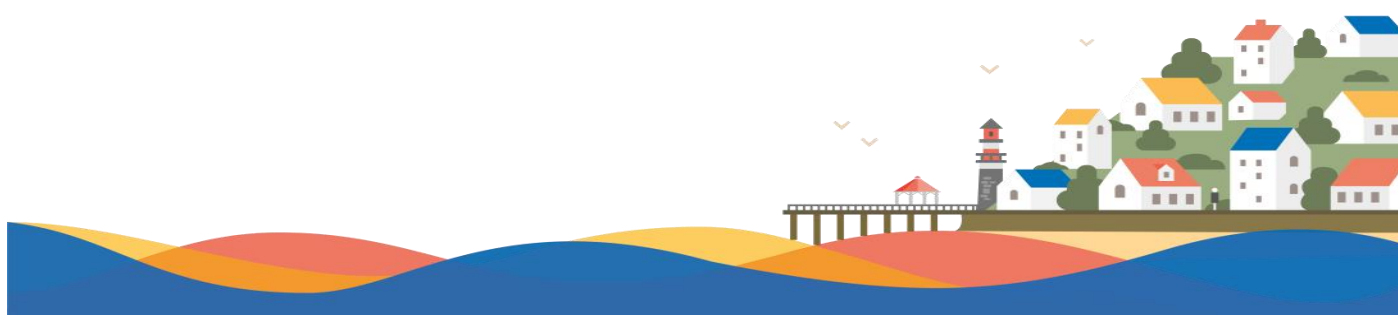
Nitrate Uptake (Ahn *et al.*, 1998; Aníbal *et al.*, 2014; Benes & Bracken, 2016; Brenchley *et al.*, 1997; Gordillo *et al.*, 2002; Luo *et al.*, 2012; Martínez *et al.*, 2012; Martínez & Rico, 2004; Naldi & Viaroli, 2002; Nguyen *et al.*, 2020; A. Pedersen *et al.*, 2004; M. F. Pedersen & Borum, 1997; Rees *et al.*, 2007; Sun *et al.*, 2015)

Primary Productivity (Mauffrey *et al.*, 2020; Blain *et al.*, 2020; Skene, 2004; Skene & Raven, 1998; Bäck & Ruuskanen, 2000; Rodgers *et al.*, 2015; Xiao *et al.*, 2016; Johansson & Snoeijs, 2002; Egilsdottir *et al.*, 2016; Haïkali *et al.*, 2004; Levavasseur, 1988; Rosenberg & Ramus, 1982; Arnold & Murray, 1980; Migné *et al.*, 2015; Mathieson & Norall, 1975; Piñeiro-Corbeira *et al.*, 2018; Vidondo & Duarte, 1995; Fairchild *et al.* (Unpublished))*

Ammonium excretion (Barange Corachan *et al.*, 1989; Barrento *et al.*, 2013; Bracken *et al.*, 2018; Davy *et al.*, 2002; Durand & Regnault, 1998; Fang *et al.*, 2015; Grant & Thorpe, 1991; Haberfield *et al.*, 1975; Honda & Kikuchi, 2002; Hurd *et al.*, 1994, 2000; Jiang *et al.*, 2008; Jiménez & Ribes, 2007; Jobling, 1981; Kemp *et al.*, 2009; Markus & Lambert, 1983; Martin *et al.*, 2006; Matsakis, 1992; Migné *et al.*, 2012; Migné & Davoult, 1997; Nithart *et al.*, 1999; Regnault, 1981, 1994; Sabourin & Stickle, 1981; Sadok *et al.*, 1999; Shirley & Stickle, 1982; Sma & Baggaley, 1976; Smaal *et al.*, 1997; Spaargaren, 1982; Tagliarolo, Clavier, *et al.*, 2013; Tagliarolo *et al.*, 2012; Tagliarolo, Grall, *et al.*, 2013; E. W. Taylor & Butler, 1978; Thomsen *et al.*, 2016; Thomsen & Melzner, 2010; Vinther & Holmer, 2008; Weihrach *et al.*, 1999; White & Walker, 1981; Widdows, 1978; Widdows *et al.*, 1984; Williamson & Rees, 1994; Wright *et al.*, 1995; Fairchild *et al.* (Unpublished))

Respiration rate (Allan *et al.*, 2006; Arnold & Murray, 1980; Bäck & Ruuskanen, 2000; Barnes & Barnes, 1969; Barrento *et al.*, 2013; Barthel, 1988; Bayne *et al.*, 1973; Blain *et al.*, 2020; Calder-Potts *et al.*, 2015; Campbell, 1975; Chaoyuan *et al.*, 1984; Clapin, 1996; Collard *et al.*, 2013; Coma, 2002; Dales, 1961; P. S. Davies, 1966; Egilsdottir *et al.*, 2016; Emson, 1977; Fisher, 1976; Fitt, 1982; Ghedini *et al.*, 2018; Gilman *et al.*, 2013; Haïkali *et al.*, 2004; Hamburger *et al.*, 1983; Harland & Davies, 1995; Houlihan & Newton, 1978; Hu *et al.*, 2014; Hughes *et al.*, 1986; Johansen & Petersen, 1971; Johansson & Snoeijs, 2002; Jungblut *et al.*, 2016, 2018; Kettle & Lucas, 1987; Kübler & Raven, 1996; Laming *et al.*, 1982; Landes *et al.*, 2015; Y. S. Leung *et al.*, 2013; Mauffrey *et al.*, 2020; McMahon *et al.*, 1995; Melatunan *et al.*, 2011; Migné *et al.*, 2015; Milton, 1971; E. Navarro *et al.*, 1981; J. M. Navarro & Chaparro, 2002; Newell *et al.*, 1972; Newell & Northcroft, 1965; Nielsen *et al.*, 1995; Nishizaki & Carrington, 2014; Nithart *et al.*, 1999; Otero-Villanueva *et al.*, 2004; Petersen & Petersen, 1990; Piñeiro-Corbeira *et al.*, 2018; Regnault, 1981; Riisgard, 1991; Riisgård & Ivarsson, 1990; Rosenberg & Ramus, 1982; Sassaman & Mangum, 1970; Segelken-Voigt *et al.*, 2018; Shumway, 1978a, 1978b; Shumway *et al.*, 1988; Skene, 2004; Skene & Raven, 1998; Stickle & Sabourin, 1979; E. W. Taylor & Butler, 1978; Thomassen & Riisgård, 1995; Tyler & Davies, 1984; Van Donk & De Wilde, 1981; von Oertzen, 1983; Vopel *et al.*, 2003; Webster & Giese, 1975; YAMAMOTO, 1992; Zotin & Ozernyuk, 2016; Fairchild *et al.* (Unpublished))

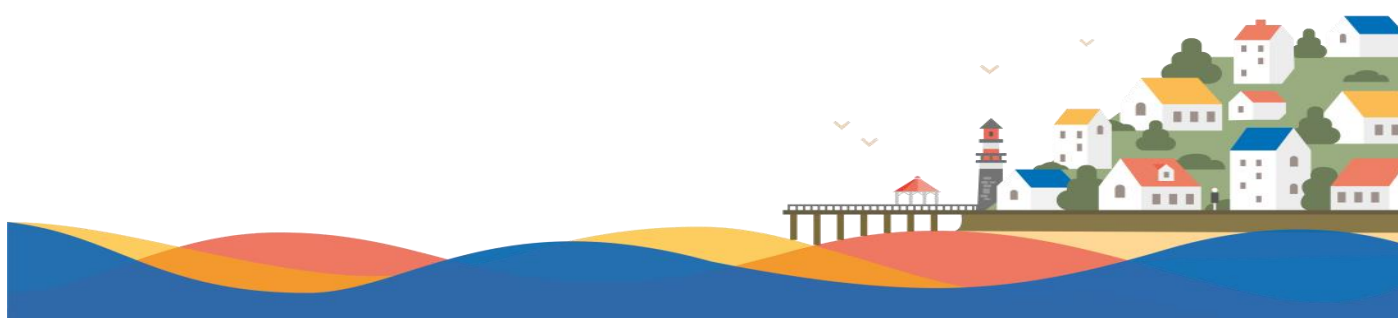
Clearance Rate (Dales, 1957; B. R. Davies *et al.*, 1989; Denis *et al.*, 2007; Diederich *et al.*, 2015; Dubois *et al.*, 2006; Hily, 1991; Laing, 2004; Lesser *et al.*, 1992; J. Y. S. Leung & Cheung, 2017; Lisbjerg & Petersen, 2000; Møhlenberg & Riisgård, 1979; Nakai *et al.*, 2018; J. M. Navarro & Chaparro, 2002; Noisette *et al.*, 2016; Petersen & Riisgård, 1992; Pleissner *et al.*, 2013; Randløv & Riisgård, 1979; Ribes *et al.*, 2003; Riisgard, 1991; Riisgård *et al.*, 1993, 2011, 2014; Riisgård & Goldson, 1997; Riisgård & Møhlenberg, 1979; Savina & Pouvreau, 2004; Shumway *et al.*, 1988; Strohmeier *et al.*, 2009; Thomassen & Riisgård, 1995; Vedel & Riisgård, 1993; Fairchild *et al.* (Unpublished))



Ffynonellau data

EFPREDICT R Package

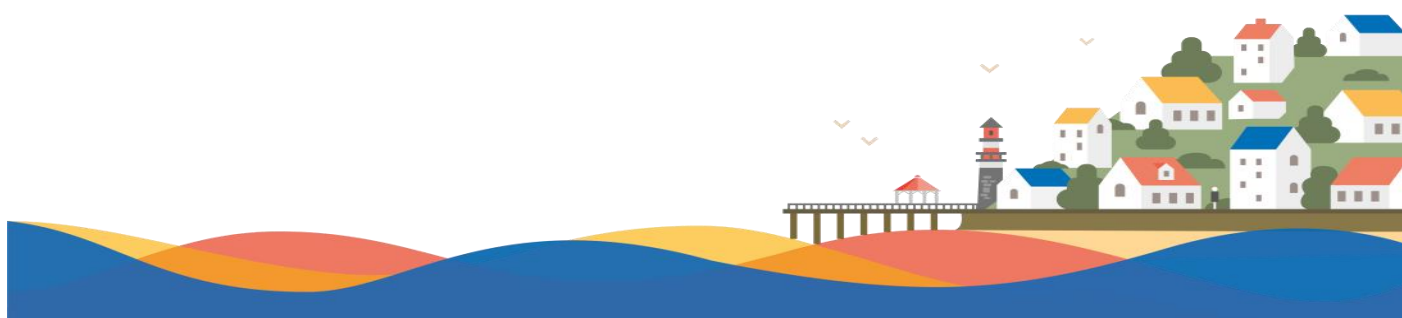
- Ahn, O., Petrell, R. J., & Harrison, P. J. (1998). Ammonium and nitrate uptake by *Laminaria saccharina* and *Nereocystis luetkeana* originating from a salmon sea cage farm. *Journal of Applied Phycology*, 10(4), 333–340. <https://doi.org/10.1023/A:1008092521651>
- Allan, E. L., Froneman, P. W., & Hodgson, A. N. (2006). Effects of temperature and salinity on the standard metabolic rate (SMR) of the caridean shrimp *Palaemon peringueyi*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 337(1), 103–108. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2006.06.006>
- Amat, M. A., & Braud, J.-P. (1990). Ammonium uptake by *Chondrus crispus* Stackhouse (Gigartinales, Rhodophyta) in culture. *Hydrobiologia*, 204(1), 467–471. <https://doi.org/10.1007/BF00040272>
- Aníbal, J., Madeira, H. T., Carvalho, L. F., Esteves, E., Veiga-Pires, C., & Rocha, C. (2014). Macroalgae mitigation potential for fish aquaculture effluents: An approach coupling nitrogen uptake and metabolic pathways using *Ulva rigida* and *Enteromorpha clathrata*. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(23), 13324–13334. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2427-x>
- Arnold, K. E., & Murray, S. N. (1980). Relationships between irradiance and photosynthesis for marine benthic green algae (Chlorophyta) of differing morphologies. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 43(2), 183–192. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(80\)90025-8](https://doi.org/10.1016/0022-0981(80)90025-8)
- Bäck, S., & Ruuskanen, A. (2000). Distribution and maximum growth depth of *Fucus vesiculosus* along the Gulf of Finland. *Marine Biology*, 136(2), 303–307. <https://doi.org/10.1007/s002270050688>
- Barange Corachan, M., Zabala i Limousin, M., Riera, T., & Gili, J. M. (1989). *A general approach to the in situ energy budget of Eudendrium racemosum (Cnidaria, Hydrozoa) in the Western Mediterranean*. <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/32431>
- Barnes, H., & Barnes, M. (1969). Seasonal changes in the acutely determined oxygen consumption and effect of temperature for three common cirripedes, *Balanus balanoides* (L.), *B. Balanus* (L.) and *Chthamalus stellatus* (Poli). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 4(1), 36–50. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(69\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0022-0981(69)90022-7)
- Barrento, S., Lupatsch, I., Keay, A., & Christophersen, G. (2013). Metabolic rate of blue mussels (*Mytilus edulis*) under varying post-harvest holding conditions. *Aquatic Living Resources*, 26(3).
- Barthel, D. (1988). On the ecophysiology of the sponge *Halichondria panicea* in Kiel Bight. 2. Biomass, production, energy budget and integration in environmental processes. *Marine Ecology Progress Series. Oldendorf*, 43(1), 87–93.
- Bayne, B. L., Thompson, R. J., & Widdows, J. (1973). Some Effects of Temperature and Food on the Rate of Oxygen Consumption by *Mytilus edulis* L. In W. Wieser (Ed.), *Effects of Temperature on Ectothermic Organisms: Ecological Implications and Mechanisms of Compensation* (pp. 181–193). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-65703-0_15
- Benes, K. M., & Bracken, M. E. S. (2016). Nitrate uptake varies with tide height and nutrient availability in the intertidal seaweed *Fucus vesiculosus*. *Journal of Phycology*, 52(5), 863–876. <https://doi.org/10.1111/jpy.12454>
- Bigelow, J. A. T. (1978). Nitrogen Uptake by *Fucus Spiralis* (phaeophyceae)^{1,2}. *Journal of Phycology*, 14(3), 241–247. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1978.tb00292.x>



Ffynonellau data

EFPREDICT R Package

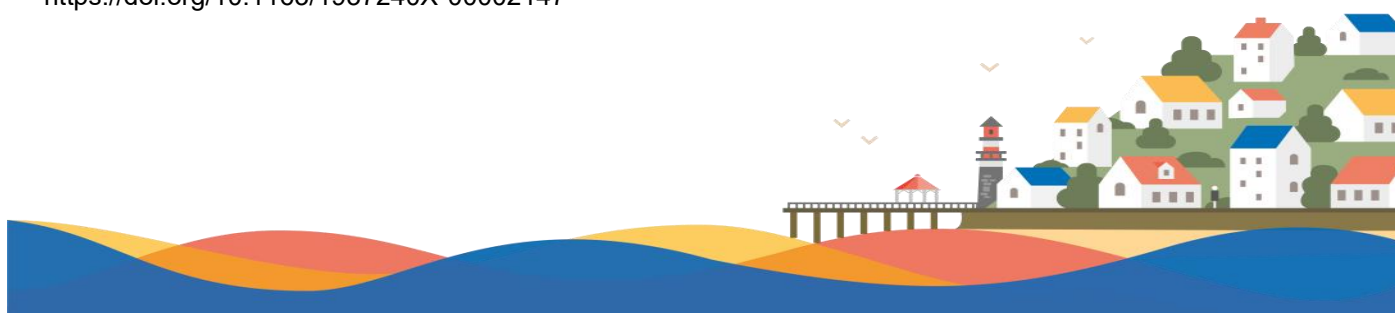
- Blain, C. O., Rees, T. A. V., Hansen, S. C., & Shears, N. T. (2020). Morphology and photosynthetic response of the kelp *Ecklonia radiata* across a turbidity gradient. *Limnology and Oceanography*, 65(3), 529–544. <https://doi.org/10.1002/lno.11321>
- Bracken, M. E. S., Oates, J. M., Badten, A. J., & Bernatchez, G. (2018). Predicting rates of consumer-mediated nutrient cycling by a diverse herbivore assemblage. *Marine Biology*, 165(10), 165. <https://doi.org/10.1007/s00227-018-3422-z>
- Brenchley, J. L., Raven, J. A., & Johnston, A. M. (1997). Resource acquisition in two intertidal fucoid seaweeds, *Fucus serratus* and *Himantalia elongata*: Seasonal variation and effects of reproductive development. *Marine Biology*, 129(2), 367–375. <https://doi.org/10.1007/s002270050177>
- Calder-Potts, R., Spicer, J. I., Calosi, P., Findlay, H. S., & Widdicombe, S. (2015). A mesocosm study investigating the effects of hypoxia and population density on respiration and reproductive biology in the brittlestar *Amphiu-
ra filiformis*. *Marine Ecology Progress Series*, 534, 135–147. <https://doi.org/10.3354/meps11379>
- Campbell, C. M. (1975). *Effect of temperature and other environmental variables on the metabolism of Blennius pholis L.* [Ph.D., University of Glasgow (United Kingdom)]. <https://www.proquest.com/docview/2023114408/abstract/A14DA588C948412DPQ/1>
- Chaoyuan, W., Zongcun, W., Zuosheng, P., & Jingpu, Z. (1984). A preliminary comparative study of the productivity of three economic seaweeds. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2(1), 97–101. <https://doi.org/10.1007/BF02888397>
- Clapin, G. (1996). The Filtration Rate, Oxygen Consumption and Biomass of the Introduced Polychaete *Sabella Spallanzanii* Gmelin Within Cockburn Sound: Can it Control Phytoplankton Levels and is it an Efficient Filter Feeder? *Theses : Honours*. https://ro.ecu.edu.au/theses_hons/321
- Collard, M., Catarino, A. I., Bonnet, S., Flammang, P., & Dubois, P. (2013). Effects of CO₂-induced ocean acidification on physiological and mechanical properties of the starfish *Asterias rubens*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 446, 355–362. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2013.06.003>
- Coma, R. (2002). Seasonality of in situ respiration rate in three temperate benthic suspension feeders. *Limnology and Oceanography*, 47(1), 324–331. <https://doi.org/10.4319/lo.2002.47.1.0324>
- Dales, R. P. (1957). Some quantitative aspects of feeding in sabellid and serpulid fan worms. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 36(2), 309–316. <https://doi.org/10.1017/S0025315400016817>
- Dales, R. P. (1961). Observations on the respiration of the sabellid polychaete *schizobranchia insignis*. *The Biological Bulletin*, 121(1), 82–91. <https://doi.org/10.2307/1539461>
- Davies, B. R., Stuart, V., & de Villiers, M. (1989). The filtration activity of a serpulid polychaete population (*Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel)) and its effects on water quality in a coastal marina. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 29(6), 613–620. [https://doi.org/10.1016/0272-7714\(89\)90014-0](https://doi.org/10.1016/0272-7714(89)90014-0)
- Davies, P. S. (1966). Physiological ecology of *Patella*. I. The effect of body size and temperature on metabolic rate. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 46(3), 647–658. <https://doi.org/10.1017/S0025315400033397>



Ffynonellau data

EFPREDICT R Package

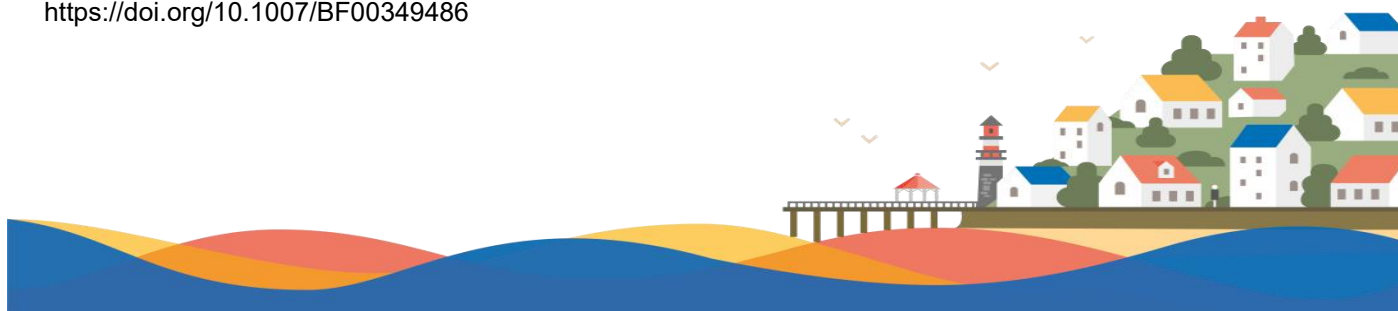
- Davy, S. K., Trautman, D. A., Borowitzka, M. A., & Hinde, R. (2002). Ammonium excretion by a symbiotic sponge supplies the nitrogen requirements of its rhodophyte partner. *Journal of Experimental Biology*, 205(22), 3505–3511.
- D'Elia, C. F., & DeBoer, J. A. (1978). Nutritional Studies of Two Red Algae. II. Kinetics of Ammonium and Nitrate Uptake1, 2. *Journal of Phycology*, 14(3), 266–272. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1978.tb00297.x>
- Denis, L., Desroy, N., & Ropert, M. (2007). Ambient flow velocity and resulting clearance rates of the terebellid polychaete *Lanice conchilega* (Pallas, 1766). *Journal of Sea Research*, 58(3), 209–219. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2007.03.005>
- Diederich, C. M., Chaparro, O. R., Mardones-Toledo, D. A., Garrido, G. P., Montory, J. A., & Pechenik, J. A. (2015). Differences in feeding adaptations in intertidal and subtidal suspension-feeding gastropods: Studies on *Crepidula fornicata* and *Crepidipatella peruviana*. *Marine Biology*, 162(5), 1047–1059. <https://doi.org/10.1007/s00227-015-2648-2>
- Dubois, S., Commito, J. A., Olivier, F., & Retière, C. (2006). Effects of epibionts on *Sabellaria alveolata* (L.) biogenic reefs and their associated fauna in the Bay of Mont Saint-Michel. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68(3), 635–646.
- Durand, F., & Regnault, M. (1998). Nitrogen metabolism of two portunid crabs, *Carcinus maenas* and *Necora puber*, during prolonged air exposure and subsequent recovery: A comparative study. *Journal of Experimental Biology*, 201(17), 2515–2528.
- Egilsdottir, H., Olafsson, J., & Martin, S. (2016). Photosynthesis and calcification in the articulated coralline alga *Ellisolandia elongata* (Corallinales, Rhodophyta) from intertidal rock pools. *European Journal of Phycology*, 51(1), 59–70. <https://doi.org/10.1080/09670262.2015.1101165>
- Emson, R. H. (1977). THE POLYCHAETE *Eulalia viridis* (O.F. Müller) AS AN ELEMENT IN THE ENERGY DYNAMICS OF INTERTIDAL MUSSEL CLUMPS. In B. F. Keegan, P. O. Ceidigh, & P. J. S. Boaden (Eds.), *Biology of Benthic Organisms* (pp. 209–214). Pergamon. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-021378-1.50026-9>
- Fang, J., Zhang, J., Jiang, Z., Zhao, X., Jiang, X., Du, M., Gao, Y., & Fang, J. (2015). Tolerance, oxygen consumption and ammonia excretion of *Ophiopholis sarsii vadicola* in different temperatures and salinities. *Journal of Ocean University of China*, 14(3), 549–556. <https://doi.org/10.1007/s11802-015-2513-4>
- Fisher, T. R. (1976). Oxygen uptake of the solitary tunicate *Styela plicata*. *The Biological Bulletin*, 151(2), 297–305. <https://doi.org/10.2307/1540662>
- Fitt, W. K. (1982). Photosynthesis, respiration, and contribution to community productivity of the symbiotic sea anemone *Anthopleura elegantissima* (Brandt, 1835). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 61(3), 213–232. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(82\)90070-3](https://doi.org/10.1016/0022-0981(82)90070-3)
- Ghedini, G., White, C. R., & Marshall, D. J. (2018). Metabolic scaling across succession: Do individual rates predict community-level energy use? *Functional Ecology*, 32(6), 1447–1456. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13103>
- Gilman, S. E., Wong, J. W. H., & Chen, S. (2013). Oxygen Consumption in Relation to Body Size, Wave Exposure, and Cirral Beat Behavior in the Barnacle *Balanus glandula*. *Journal of Crustacean Biology*, 33(3), 317–322. <https://doi.org/10.1163/1937240X-00002147>



Ffynonellau data

EFPREDICT R Package

- Gordillo, F. J. L., Dring, M. J., & Savidge, G. (2002). Nitrate and phosphate uptake characteristics of three species of brown algae cultured at low salinity. *Marine Ecology Progress Series*, 234, 111–118. <https://doi.org/10.3354/meps234111>
- Grant, J., & Thorpe, B. (1991). Effects of Suspended Sediment on Growth, Respiration, and Excretion of the Soft-Shell Clam (*Mya arenaria*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48(7), 1285–1292. <https://doi.org/10.1139/f91-154>
- Grote, B. (2016). Bioremediation of aquaculture wastewater: Evaluating the prospects of the red alga *Palmaria palmata* (Rhodophyta) for nitrogen uptake. *Journal of Applied Phycology*, 28(5), 3075–3082. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0848-x>
- Haberfield, E. C., Haas, L. W., & Hammen, C. S. (1975). Early ammonia release by a polychaete *Nereis virens* and a crab *Carcinus maenas* in diluted sea water. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 52(3), 501–503. [https://doi.org/10.1016/S0300-9629\(75\)80072-7](https://doi.org/10.1016/S0300-9629(75)80072-7)
- Haïkali, B. E., Bensoussan, N., Romano, J. C., & Bousquet, V. (2004). Estimation of photosynthesis and calcification rates of *Corallina elongata* Ellis and Solander, 1786, by measurements of dissolved oxygen, pH and total alkalinity. *Scientia Marina*, 68(1), 45–56. <https://doi.org/10.3989/scimar.2004.68n145>
- Hamburger, K., Møhlenberg, F., Randløv, A., & Riisgård, H. U. (1983). Size, oxygen consumption and growth in the mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, 75(2), 303–306. <https://doi.org/10.1007/BF00406016>
- Harland, A. D., & Davies, P. S. (1995). Symbiont photosynthesis increases both respiration and photosynthesis in the symbiotic sea anemone *Anemonia viridis*. *Marine Biology*, 123(4), 715–722. <https://doi.org/10.1007/BF00349114>
- Hein, Pedersen, F. M., & Sand-Jensen. (1995). Size-dependent nitrogen uptake in micro- and macroalgae. *Marine Ecology Progress Series*, 118, 247–253. <https://doi.org/10.3354/meps118247>
- Hily, C. (1991). Is the activity of benthic suspension feeders a factor controlling water quality in the Bay of Brest?. *Marine Ecology Progress Series*. Oldendorf, 69(1), 179–188.
- Honda, H., & Kikuchi, K. (2002). Nitrogen budget of polychaete *Perinereis nuntia vallata* fed on the feces of Japanese flounder. *Fisheries Science*, 68(6), 1304–1308. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2002.00568.x>
- Houlihan, D. F., & Newton, J. R. L. (1978). RESPIRATION OF PATELLA VULGATA ON THE SHORE. In D. S. McLUSKY & A. J. Berry (Eds.), *Physiology and Behaviour of Marine Organisms* (pp. 39–46). Pergamon. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-021548-8.50011-5>
- Hu, M. Y., Casties, I., Stumpp, M., Ortega-Martinez, O., & Dupont, S. (2014). Energy metabolism and regeneration are impaired by seawater acidification in the infaunal brittlestar *Amphiura filiformis*. *Journal of Experimental Biology*, 217(13), 2411–2421. <https://doi.org/10.1242/jeb.100024>
- Hughes, D. J., Hughes, R. N., Harper, J. L., Rosen, B. R., & White, J. (1986). Metabolic implications of modularity: Studies on the respiration and growth of *Electra pilosa*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 313(1159), 23–29. <https://doi.org/10.1098/rstb.1986.0023>
- Hurd, C. L., Durante, K. M., Chia, F.-S., & Harrison, P. J. (1994). Effect of bryozoan colonization on inorganic nitrogen acquisition by the kelps *Agarum fimbriatum* and *Macrocystis integrifolia*. *Marine Biology*, 121(1), 167–173. <https://doi.org/10.1007/BF00349486>



Ffynonellau data

EFPREDICT R Package

- Hurd, C. L., Durante, K. M., & Harrison, P. J. (2000). Influence of bryozoan colonization on the physiology of the kelp *Macrocystis integrifolia* (Laminariales, Phaeophyta) from nitrogen-rich and -poor sites in Barkley Sound, British Columbia, Canada. *Phycologia*, 39(5), 435–440. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-39-5-435.1>
- Jiang, A., Lin, J., & Wang, C. (2008). Physiological energetics of the ascidian *Styela clava* in relation to body size and temperature. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 149(2), 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2006.08.047>
- Jiménez, E., & Ribes, M. (2007). Sponges as a source of dissolved inorganic nitrogen: Nitrification mediated by temperate sponges. *Limnology and Oceanography*, 52(3), 948–958. <https://doi.org/10.4319/lo.2007.52.3.0948>
- Jobling, M. (1981). Some effects of temperature, feeding and body weight on nitrogenous excretion in young plaice *Pleuronectes platessa* L. *Journal of Fish Biology*, 18(1), 87–96. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1981.tb03763.x>
- Johansen, K., & Petersen, J. A. (1971). Gas exchange and active ventilation in a starfish, *Pteraster tessellatus*. *Zeitschrift Für Vergleichende Physiologie*, 71(4), 365–381. <https://doi.org/10.1007/BF00302373>
- Johansson, G., & Snoeijs, P. (2002). Macroalgal photosynthetic responses to light in relation to thallus morphology and depth zonation. *Marine Ecology Progress Series*, 244, 63–72. <https://doi.org/10.3354/meps244063>
- Jungblut, S., Boos, K., McCarthy, M. L., Saborowski, R., & Hagen, W. (2018). Invasive versus native brachyuran crabs in a European rocky intertidal: Respiratory performance and energy expenditures. *Marine Biology*, 165(3), 54. <https://doi.org/10.1007/s00227-018-3313-3>
- Jungblut, S., Boos, K., Saborowski, R., & Hagen, W. (2016, September 28). Energetic demand of the invasive crab *Hemigrapsus sanguineus* and the native *Carcinus maenas* at Helgoland, North Sea. *EPIC351st European Marine Biology Symposium, Rhodes, Greece, 2016-09-26-2016-09-30 Rhodes, Greece, Hellenic Centre for Marine Research*. 51st European Marine Biology Symposium, Rhodes, Greece. <https://epic.awi.de/id/eprint/42265/>
- Kemp, J. O. G., Britz, P. J., & Cockcroft, A. C. (2009). Ammonia excretion dynamics in the east coast rock lobster *Panulirus homarus rubellus*. *Aquaculture*, 286(3–4), 296–300.
- Kettle, B. T., & Lucas, J. S. (1987). Biometric Relationships Between Organ Indices, Fecundity, Oxygen Consumption and Body Size in *Acanthaster Planci* (L.) (Echinodermata; Asteroidea). *Bulletin of Marine Science*, 41(2), 541–551.
- Kübler, J. E., & Raven, J. A. (1996). Nonequilibrium Rates of Photosynthesis and Respiration Under Dynamic Light Supply1. *Journal of Phycology*, 32(6), 963–969. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1996.00963.x>
- Laing, I. (2004). Filtration of king scallops (*Pecten maximus*). *Aquaculture*, 240(1), 369–384. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.02.002>
- Laming, P. R., Funston, C. W., Roberts, D., & Armstrong, M. J. (1982). Behavioural, physiological and morphological adaptations of the shanny (*Blennius pholis*) to the intertidal habitat. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 62(2), 329–338. <https://doi.org/10.1017/S0025315400057313>
- Landes, A., Dolmer, P., Poulsen, L. K., Petersen, J. K., & Vismann, B. (2015). Growth and Respiration in Blue Mussels (*Mytilus* spp.) from Different Salinity Regimes. *Journal of Shellfish Research*, 34(2), 373–382. <https://doi.org/10.2983/035.034.0220>



Ffynonellau data

EFPREDICT R Package

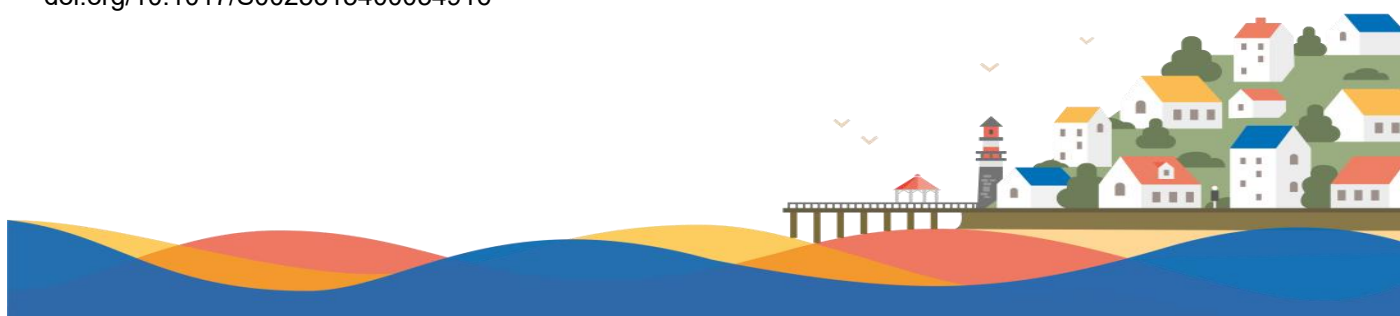
- Lesser, M. P., Shumway, S. E., Cucci, T., & Smith, J. (1992). Impact of fouling organisms on mussel rope culture: Interspecific competition for food among suspension-feeding invertebrates. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 165(1), 91–102. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(92\)90291-H](https://doi.org/10.1016/0022-0981(92)90291-H)
- Leung, J. Y. S., & Cheung, N. K. M. (2017). Feeding behaviour of a serpulid polychaete: Turning a nuisance species into a natural resource to counter algal blooms? *Marine Pollution Bulletin*, 115(1), 376–382. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.12.035>
- Leung, Y. S., Shin, P. K. S., Qiu, J. W., Ang, P. O., Chiu, J. M. Y., Thiagarajan, V., & Cheung, S. G. (2013). Physiological and behavioural responses of different life stages of a serpulid polychaete to hypoxia. *Marine Ecology Progress Series*, 477, 135–145. <https://doi.org/10.3354/meps10175>
- Levavasseur, G. (1988). *Stratégie de production de Sargassum muticum (Yendo) Fensholt. Etude écophysiological de la composition pigmentaire et de la capacité photosynthétique*. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00077/18827/>
- Lisbjerg, D., & Petersen, J. K. (2000). Clearance capacity of *Electra bellula* (Bryozoa) in seagrass meadows of Western Australia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 244(2), 285–296. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(99\)00147-1](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(99)00147-1)
- Luo, M. B., Liu, F., & Xu, Z. L. (2012). Growth and nutrient uptake capacity of two co-occurring species, *Ulva prolifera* and *Ulva linza*. *Aquatic Botany*, 100, 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2012.03.006>
- Markus, J. A., & Lambert, C. C. (1983). Urea and ammonia excretion by solitary ascidians. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 66(1), 1–10. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(83\)90023-0](https://doi.org/10.1016/0022-0981(83)90023-0)
- Martin, S., Thouzeau, G., Chauvaud, L., Jean, F., Guérin, L., & Clavier, J. (2006). Respiration, calcification, and excretion of the invasive slipper limpet, *Crepidula fornicata* L.: Implications for carbon, carbonate, and nitrogen fluxes in affected areas. *Limnology and Oceanography*, 51(5), 1996–2007. <https://doi.org/10.4319/lo.2006.51.5.1996>
- Martínez, B., Pato, L. S., & Rico, J. M. (2012). Nutrient uptake and growth responses of three intertidal macroalgae with perennial, opportunistic and summer-annual strategies. *Aquatic Botany*, 96(1), 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2011.09.004>
- Martínez, B., & Rico, J. M. (2004). Inorganic Nitrogen and Phosphorus Uptake Kinetics in *Palmaria Palmata* (rhodophyta)1. *Journal of Phycology*, 40(4), 642–650. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2004.03116.x>
- Mathieson, A. C., & Norall, T. L. (1975). Photosynthetic studies of *Chondrus crispus*. *Marine Biology*, 33(3), 207–213. <https://doi.org/10.1007/BF00390924>
- Matsakis, S. (1992). Ammonia excretion rate of *Clytia* spp. hydromedusae (Cnidaria, Thecata): Effects of individual dry weight, temperature and food availability. *Marine Ecology Progress Series*, 87, 55–63. <https://doi.org/10.3354/meps087055>
- Mauffrey, A. R. L., Cappelatti, L., & Griffin, J. N. (2020). Seaweed functional diversity revisited: Confronting traditional groups with quantitative traits. *Journal of Ecology*, 108(6), 2390–2405. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13460>



Ffynonellau data

EFPREDICT R Package

- McMahon, R. F., Russell-Hunter, W. D., & Aldridge, D. W. (1995). Lack of metabolic temperature compensation in the intertidal gastropods, *Littorina saxatilis* (Olivi) and *L. obtusata* (L.). In P. J. Mill & C. D. McQuaid (Eds.), *Advances in Littorinid Biology* (pp. 89–100). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-0435-7_9
- Melatunan, S., Calosi, P., Rundle, S. D., Moody, A. J., & Widdicombe, S. (2011). Exposure to Elevated Temperature and Pco₂ Reduces Respiration Rate and Energy Status in the Periwinkle *Littorina littorea*. *Physiological and Biochemical Zoology*, 84(6), 583–594. <https://doi.org/10.1086/662680>
- Migné, A., & Davoult, D. (1997). Ammonium excretion in two benthic cnidarians: *Alcyonium digitatum* (Linnaeus, 1758) and *Urticina felina* (Linnaeus, 1767). *Journal of Sea Research*, 37(1), 101–107. [https://doi.org/10.1016/S1385-1101\(97\)00002-6](https://doi.org/10.1016/S1385-1101(97)00002-6)
- Migné, A., Delebecq, G., Davoult, D., Spilmont, N., Menu, D., & Gévaert, F. (2015). Photosynthetic activity and productivity of intertidal macroalgae: In situ measurements, from thallus to community scale. *Aquatic Botany*, 123, 6–12. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2015.01.005>
- Migné, A., Riera, P., Janquin, M. A., Leroux, C., Muths, D., & Davoult, D. (2012). Carbon and nitrogen assimilation by the suspensionfeeding brittle-star *Ophiothrix fragilis* from two localities in the English Channel. *Vie et Milieu / Life & Environment*, 62(2), 47–53.
- Milton, P. (1971). Oxygen consumption and osmoregulation in the shanny, *Blennius pholis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 51(2), 247–265. <https://doi.org/10.1017/S0025315400031763>
- Møhlenberg, F., & Riisgård, H. U. (1979). Filtration rate, using a new indirect technique, in thirteen species of suspension-feeding bivalves. *Marine Biology*, 54(2), 143–147. <https://doi.org/10.1007/BF00386593>
- Nakai, S., Shibata, J., Umehara, A., Okuda, T., & Nishijima, W. (2018). Filtration Rate of the Ascidian *Ciona savignyi* and Its Possible Impact. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 34(2), 271–277. <https://doi.org/10.1007/s41208-017-0061-y>
- Naldi, M., & Viaroli, P. (2002). Nitrate uptake and storage in the seaweed *Ulva rigida* C. Agardh in relation to nitrate availability and thallus nitrate content in a eutrophic coastal lagoon (Sacca di Goro, Po River Delta, Italy). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 269(1), 65–83. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(01\)00387-2](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(01)00387-2)
- Navarro, E., Ortega, M. M., & Madariaga, José M. (1981). Effect of body size, temperature and shore level on aquatic and aerial respiration of *Actinia equina* (L.) (Anthozoa). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 53(2), 153–162. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(81\)90016-2](https://doi.org/10.1016/0022-0981(81)90016-2)
- Navarro, J. M., & Chaparro, O. R. (2002). Grazing–filtration as feeding mechanisms in motile specimens of *Crepidula fecunda* (Gastropoda: Calyptraeidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 270(1), 111–122. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(02\)00013-8](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(02)00013-8)
- Newell, R. C., Ahsanullah, M., & Pye, V. I. (1972). Aerial and aquatic respiration in the shore crab *Carcinus maenas* (L.). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 43(2), 239–252. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(72\)90182-X](https://doi.org/10.1016/0300-9629(72)90182-X)
- Newell, R. C., & Northcroft, H. R. (1965). The relationship between cirral activity and oxygen uptake in *Balanus balanoides*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 45(2), 387–403. <https://doi.org/10.1017/S0025315400054916>



Ffynonellau data

EFPREDICT R Package

Nguyen, H. T., Pritchard, D. W., & Hepburn, C. D. (2020). Nitrogen and phosphorus ecophysiology of coralline algae. *Journal of Applied Phycology*, 1–15.

Nielsen, A., Eriksen, E., Iversen, J., & Riisgård, H. (1995). Feeding, growth and respiration in the polychaetes *Nereis diversicolor* (facultative filter-feeder) and *N. virens* (omnivorous)-a comparative study. *Marine Ecology Progress Series*, 125, 149–158. <https://doi.org/10.3354/meps125149>

Nishizaki, M. T., & Carrington, E. (2014). The effect of water temperature and flow on respiration in barnacles: Patterns of mass transfer versus kinetic limitation. *Journal of Experimental Biology*, 217(12), 2101–2109. <https://doi.org/10.1242/jeb.101030>

Nithart, M., Alliot, E., & Salen-Picard, C. (1999). Production, respiration and ammonia excretion of two polychaete species in a north Norfolk saltmarsh. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 79(6), 1029–1037. <https://doi.org/10.1017/S0025315499001265>

Noisette, F., Bordeyne, F., Davoult, D., & Martin, S. (2016). Assessing the physiological responses of the gastropod *Crepidula fornicata* to predicted ocean acidification and warming. *Limnology and Oceanography*, 61(2), 430–444. <https://doi.org/10.1002/lno.10225>

Otero-Villanueva, M. del M., Kelly, M. S., & Burnell, G. (2004). How diet influences energy partitioning in the regular echinoid *Psammechinus miliaris*; constructing an energy budget. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 304(2), 159–181. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2003.12.002>

Peckol, P., DeMeo-Anderson, B., Rivers, J., Valiela, I., Maldonado, M., & Yates, J. (1994). Growth, nutrient uptake capacities and tissue constituents of the macroalgae *Cladophora vagabunda* and *Gracilaria tikvahiae* related to site-specific nitrogen loading rates. *Marine Biology*, 121(1), 175–185. <https://doi.org/10.1007/BF00349487>

Pedersen, A., Kraemer, G., & Yarish, C. (2004). The effects of temperature and nutrient concentrations on nitrate and phosphate uptake in different species of *Porphyra* from Long Island Sound (USA). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 312(2), 235–252. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.05.021>

Pedersen, M. F., & Borum, J. (1997). Nutrient control of estuarine macroalgae: Growth strategy and the balance between nitrogen requirements and uptake. *Marine Ecology Progress Series*, 161, 155–163. <https://doi.org/10.3354/meps161155>

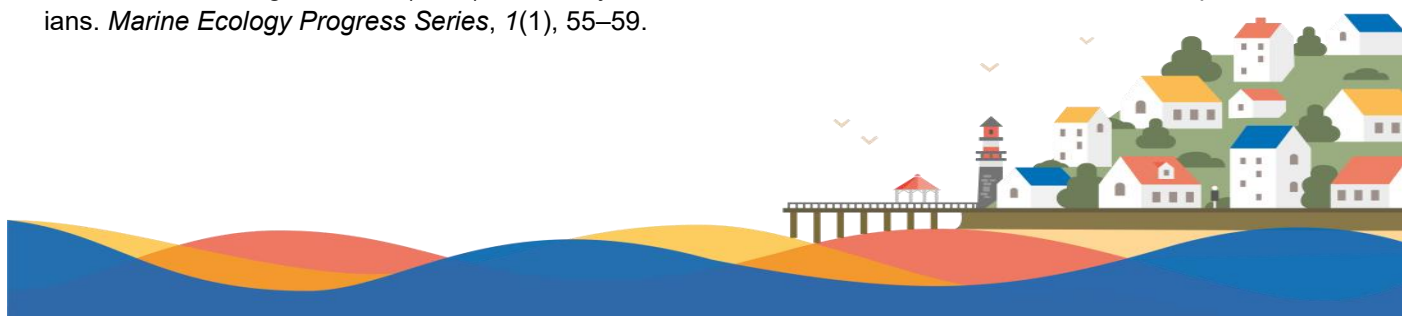
Petersen, J. K., & Petersen, G. I. (1990). Tolerance, behaviour and oxygen consumption in the sand goby, *Pomatoschistus minutus* (Pallas), exposed to hypoxia. *Journal of Fish Biology*, 37(6), 921–933. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1990.tb03596.x>

Petersen, J. K., & Riisgård, H. U. (1992). Filtration capacity of the ascidian *Ciona intestinalis* and its grazing impact in a shallow fjord. *Marine Ecology Progress Series*, 88(1), 9–17.

Piñeiro-Corbeira, C., Barreiro, R., Cremades, J., & Arenas, F. (2018). Seaweed assemblages under a climate change scenario: Functional responses to temperature of eight intertidal seaweeds match recent abundance shifts. *Scientific Reports*, 8(1), 12978. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31357-x>

Pleissner, D., Lundgreen, K., Lüsow, F., & Riisgård, H. U. (2013). Fluorometer Controlled Apparatus Designed for Long-Duration Algal-Feeding Experiments and Environmental Effect Studies with Mussels. *Journal of Marine Biology*, 2013, e401961. <https://doi.org/10.1155/2013/401961>

Randløv, A., & Riisgård, H. U. (1979). Efficiency of Particle Retention and Filtration Rate in Four Species of Ascidians. *Marine Ecology Progress Series*, 1(1), 55–59.



Ffynonellau data

EFPREDICT R Package

Rees, T. a. V., Dobson, B. C., Bijl, M., & Morelissen, B. (2007). Kinetics of nitrate uptake by New Zealand marine macroalgae and evidence for two nitrate transporters in *Ulva intestinalis* L. *Hydrobiologia*, 586(1), 135–141. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0569-2>

Regnault, M. (1981). Respiration and ammonia excretion of the shrimp *Crangon crangon* L.: Metabolic response to prolonged starvation. *Journal of Comparative Physiology*, 141(4), 549–555. <https://doi.org/10.1007/BF01101478>

Regnault, M. (1994). Effect of air exposure on ammonia excretion and ammonia content of branchial water of the crab *Cancer pagurus*. *Journal of Experimental Zoology*, 268(3), 208–217. <https://doi.org/10.1002/jez.1402680305>

Ribes, M., Coma, R., & Rossi, S. (2003). Natural feeding of the temperate asymbiotic octocoral-gorgonian *Leptogorgia sarmentosa* (Cnidaria: Octocorallia). *Marine Ecology Progress Series*, 254, 141–150. <https://doi.org/10.3354/meps254141>

Riisgård, H. U. (1991). Suspension feeding in the polychaete *Nereis diversicolor*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 70(1), 19–37.

Riisgård, H. U., Egede, P. P., & Barreiro Saavedra, I. (2011). Feeding Behaviour of the Mussel, *Mytilus edulis*: New Observations, with a Minireview of Current Knowledge. *Journal of Marine Biology*, 2011, e312459. <https://doi.org/10.1155/2011/312459>

Riisgård, H. U., & Goldson, A. (1997). Minimal scaling of the lophophore filter-pump in ectoprocts (Bryozoa) excludes physiological regulation of filtration rate to nutritional needs. Test of hypothesis. *Marine Ecology Progress Series*, 156, 109–120. <https://doi.org/10.3354/meps156109>

Riisgård, H. U., & Ivarsson, N. M. (1990). The crown-filament pump of the suspension-feeding polychaete *Sabella penicillus*: Filtration, effects of temperature, and energy cost. *Marine Ecology Progress Series*, 62(3), 249–257.

Riisgård, H. U., Larsen, P. S., & Pleissner, D. (2014). Allometric equations for maximum filtration rate in blue mussels *Mytilus edulis* and importance of condition index. *Helgoland Marine Research*, 68(1), 193–198.

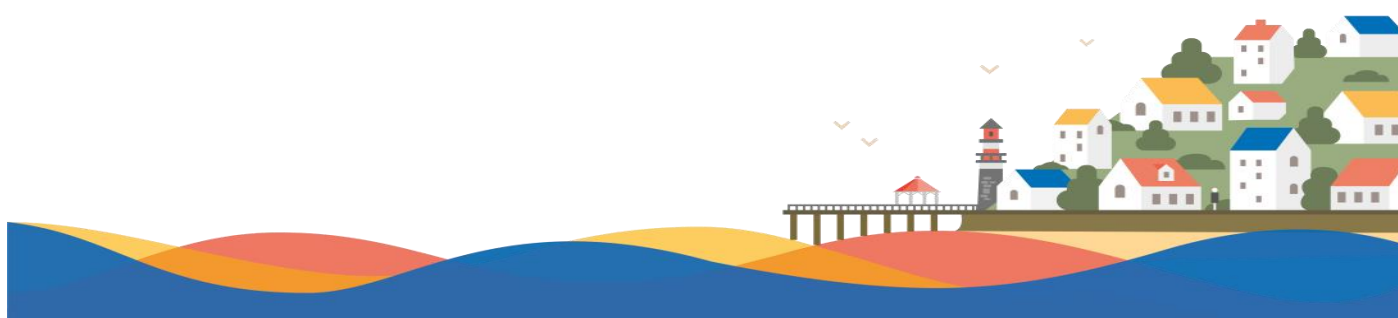
Riisgård, H. U., & Møhlenberg, F. (1979). An improved automatic recording apparatus for determining the filtration rate of *Mytilus edulis* as a function of size and algal concentration. *Marine Biology*, 52(1), 61–67. <https://doi.org/10.1007/BF00386858>

Riisgård, H. U., Thomassen, S., Jakobsen, H., Weeks, J. M., & Larsen, P. S. (1993). Suspension feeding in marine sponges *Halichondria panicea* and *Haliclona urceolus*: Effects of temperature on filtration rate and energy cost of pumping. *Marine Ecology Progress Series*, 96(2), 177–188.

Rodgers, K. L., Rees, T. a. V., & Shears, N. T. (2015). A novel system for measuring in situ rates of photosynthesis and respiration of kelp. *Marine Ecology Progress Series*, 528, 101–115. <https://doi.org/10.3354/meps11273>

Rosenberg, G., & Ramus, J. (1982). Ecological Growth Strategies in the Seaweeds *Gracilaria foliifera* (Rhodophyceae) and *Ulva* sp. (Chlorophyceae): Photosynthesis and Antenna Composition. *Marine Ecology Progress Series*, 8(3), 233–241.

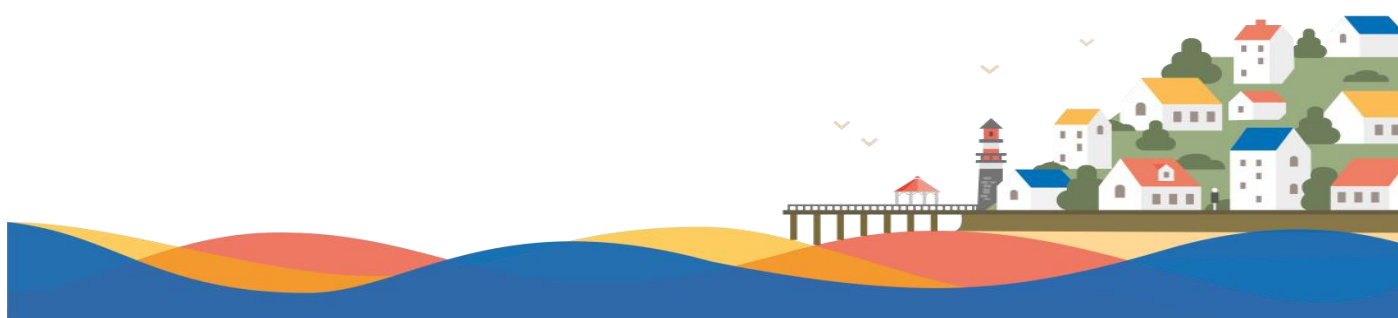
Rosenberg, G., & Ramus, J. (1984). Uptake of inorganic nitrogen and seaweed surface area: Volume ratios. *Aquatic Botany*, 19(1), 65–72. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(84\)90008-1](https://doi.org/10.1016/0304-3770(84)90008-1)



Ffynonellau data

EFPREDICT R Package

- Sabourin, T. D., & Stickle, W. B. (1981). Effects of salinity on respiration and nitrogen excretion in two species of echinoderms. *Marine Biology*, 65(1), 91–99. <https://doi.org/10.1007/BF00397072>
- Sadok, S., Uglow, R. F., & Haswell, S. J. (1999). Some aspects of nitrogen metabolism in *Mytilus edulis*: Effects of aerial exposure. *Marine Biology*, 135(2), 297–305. <https://doi.org/10.1007/s002270050627>
- Sassaman, C., & Mangum, C. P. (1970). Patterns of temperature adaptation in North American Atlantic coastal actinians. *Marine Biology*, 7(2), 123–130. <https://doi.org/10.1007/BF00354915>
- Savina, M., & Pouvreau, S. (2004). A comparative ecophysiological study of two infaunal filter-feeding bivalves: *Paphia rhomboïdes* and *Glycymeris glycymeris*. *Aquaculture*, 239(1), 289–306. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.05.029>
- Segelken-Voigt, A., Miller, G. M., & Gerlach, G. (2018). Shell disease in Crangon crangon (Linnaeus, 1758): The interaction of temperature and stress response. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 500, 105–111. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2017.12.017>
- Shirley, T. C., & Stickle, W. B. (1982). Responses of *Leptasterias hexactis* (Echinodermata: Asteroidea) to low salinity. *Marine Biology*, 69(2), 155–163. <https://doi.org/10.1007/BF00396895>
- Shumway, S. E. (1978a). Activity and respiration in the anemone, *Metridium senile* (L.) exposed to salinity fluctuations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 33(1), 85–92. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(78\)90044-8](https://doi.org/10.1016/0022-0981(78)90044-8)
- Shumway, S. E. (1978b). Respiration, pumping activity and heart rate in *Ciona intestinalis* exposed to fluctuating salinities. *Marine Biology*, 48(3), 235–242. <https://doi.org/10.1007/BF00397150>
- Shumway, S. E., Bogdanowicz, C., & Dean, D. (1988). Oxygen consumption and feeding rates of the sabellid polychaete, *Myxicola infundibulum* (Renier). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 90(3), 425–428. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(88\)90213-7](https://doi.org/10.1016/0300-9629(88)90213-7)
- Skene, K. R. (2004). Key differences in photosynthetic characteristics of nine species of intertidal macroalgae are related to their position on the shore. *Canadian Journal of Botany*, 82(2), 177–184.
- Skene, K. R., & Raven, J. A. (1998). Photosynthetic characteristics of nine species of marine macroalgae on the east coast of Scotland in relation to the intertidal zone in which they occur. *Botanical Journal of Scotland*, 50(1), 55–62. <https://doi.org/10.1080/03746609808684903>
- Sma, R. F., & Baggaley, A. (1976). Rate of excretion of ammonia by the hard clam *Mercenaria mercenaria* and the American oyster *Crassostrea virginica*. *Marine Biology*, 36(3), 251–258. <https://doi.org/10.1007/BF00389286>
- Smaal, A. C., Vonck, A., & Bakker, M. (1997). Seasonal variation in physiological energetics of *Mytilus edulis* and *Cerastoderma edule* of different size classes. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 77(3), 817–838.
- Spaargaren, D. H. (1982). The ammonium excretion of the shore crab, *carcinus maenas*, in relation to environmental osmotic conditions. *Netherlands Journal of Sea Research*, 15(2), 273–283. [https://doi.org/10.1016/0077-7579\(82\)90008-4](https://doi.org/10.1016/0077-7579(82)90008-4)



Ffynonellau data

EFPREDICT R Package

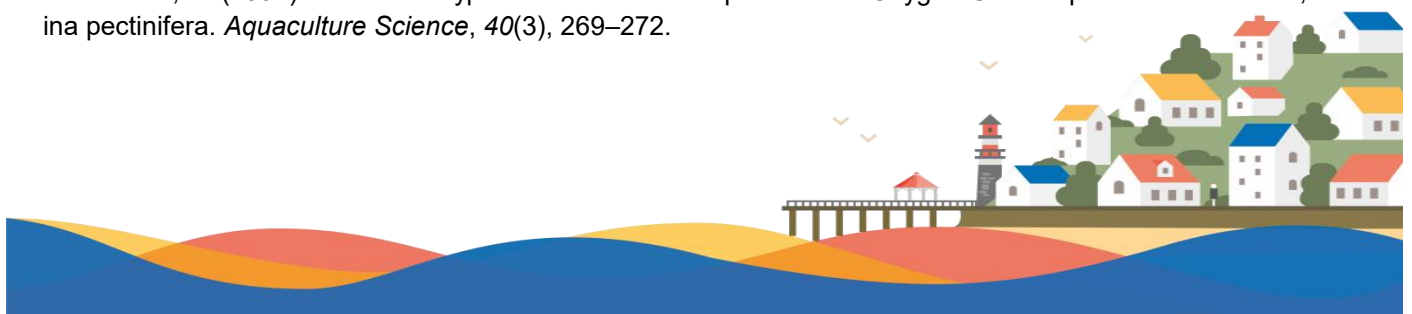
- Stickle, W. B., & Sabourin, T. D. (1979). Effects of salinity on the respiration and heart rate of the common mussel, *Mytilus edulis* L., and the black chiton, *Katherina tunicata* (Wood). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 41(3), 257–268. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(79\)90135-7](https://doi.org/10.1016/0022-0981(79)90135-7)
- Strohmeier, T., Strand, Ø., & Cranford, P. (2009). Clearance rates of the great scallop (*Pecten maximus*) and blue mussel (*Mytilus edulis*) at low natural seston concentrations. *Marine Biology*, 156(9), 1781–1795. <https://doi.org/10.1007/s00227-009-1212-3>
- Subandar, A., Petrell, R. J., & Harrison, P. J. (1993). Laminaria culture for reduction of dissolved inorganic nitrogen in salmon farm effluent. *Journal of Applied Phycology*, 5(4), 455–463. <https://doi.org/10.1007/BF02182738>
- Sun, K.-M., Li, R., Li, Y., Xin, M., Xiao, J., Wang, Z., Tang, X., & Pang, M. (2015). Responses of *Ulva prolifera* to short-term nutrient enrichment under light and dark conditions. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 163, 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.03.018>
- Tagliarolo, M., Clavier, J., Chauvaud, L., & Grall, J. (2013). Carbon emission associated with respiration and calcification of nine gastropod species from the intertidal rocky shore of Western Europe. *Marine Biology*, 160(11), 2891–2901. <https://doi.org/10.1007/s00227-013-2279-4>
- Tagliarolo, M., Clavier, J., Chauvaud, L., Koken, M., & Grall, J. (2012). Metabolism in blue mussel: Intertidal and subtidal beds compared. *Aquatic Biology*, 17(2), 167–180. <https://doi.org/10.3354/ab00464>
- Tagliarolo, M., Grall, J., Chauvaud, L., & Clavier, J. (2013). Aerial and underwater metabolism of *Patella vulgata* L.: Comparison of three intertidal levels. *Hydrobiologia*, 702(1), 241–253. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1328-1>
- Taylor, E. W., & Butler, P. J. (1978). Aquatic and aerial respiration in the shore crab, *Carcinus maenas* (L.), acclimated to 15°C. *Journal of Comparative Physiology*, 127(4), 315–323. <https://doi.org/10.1007/BF00738415>
- Taylor, R. B., Peek, J. T. A., & Rees, T. A. V. (1998). Scaling of ammonium uptake by seaweeds to surface area:volume ratio:geographical variation and the role of uptake by passive diffusion. *Marine Ecology Progress Series*, 169, 143–148. <https://doi.org/10.3354/meps169143>
- Thomassen, S., & Riisgård, H. U. (1995). Growth and energetics of the sponge *Halichondria panicea*. *Marine Ecology Progress Series*, 128(1/3), 239–246.
- Thomsen, J., Himmerkus, N., Holland, N., Sartoris, F. J., Bleich, M., & Tresguerres, M. (2016). Ammonia excretion in mytilid mussels is facilitated by ciliary beating. *Journal of Experimental Biology*, 219(15), 2300–2310. <https://doi.org/10.1242/jeb.139550>
- Thomsen, J., & Melzner, F. (2010). Moderate seawater acidification does not elicit long-term metabolic depression in the blue mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, 157(12), 2667–2676. <https://doi.org/10.1007/s00227-010-1527-0>
- Tytler, E. M., & Davies, P. S. (1984). Photosynthetic production and respiratory energy expenditure in the anemone *Anemonia sulcata* (Pennant). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 81(1), 73–86. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(84\)90224-7](https://doi.org/10.1016/0022-0981(84)90224-7)
- Van Donk, E., & De Wilde, P. A. W. J. (1981). Oxygen consumption and motile activity of the brown shrimp *Crangon crangon* related to temperature and body size. *Netherlands Journal of Sea Research*, 15(1), 54–64. [https://doi.org/10.1016/0077-7579\(81\)90005-3](https://doi.org/10.1016/0077-7579(81)90005-3)



Ffynonellau data

EFPREDICT R Package

- Vedel, A., & Riisgård, H. U. (1993). Filter-feeding in the polychaete *Nereis diversicolor*: Growth and bioenergetics. *Marine Ecology-Progress Series*, 100, 145–145.
- Vidondo, B., & Duarte, C. (1995). Seasonal growth of *Codium bursa*, a slow-growing Mediterranean macroalga: in situ experimental evidence of nutrient limitation. *Marine Ecology Progress Series*, 123, 185–191. <https://doi.org/10.3354/meps123185>
- Vinther, H. F., & Holmer, M. (2008). Experimental test of biodeposition and ammonium excretion from blue mussels (*Mytilus edulis*) on eelgrass (*Zostera marina*) performance. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 364(2), 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.07.003>
- von Oertzen, J.-A. (1983). Seasonal respiration changes in *Pomatoschistus microps* and *Palaemon adspersus*: An experimental simulation. *Marine Biology*, 74(1), 95–99. <https://doi.org/10.1007/BF00394280>
- Vopel, K., Thistle, D., & Rosenberg, R. (2003). Effect of the brittle star *Amphiura filiformis* (Amphiuridae, Echinodermata) on oxygen flux into the sediment. *Limnology and Oceanography*, 48(5), 2034–2045. <https://doi.org/10.4319/lo.2003.48.5.2034>
- Wallentinus, I. (1984). Comparisons of nutrient uptake rates for Baltic macroalgae with different thallus morphologies. *Marine Biology*, 80(2), 215–225. <https://doi.org/10.1007/BF02180189>
- Webster, S. K., & Giese, A. C. (1975). Oxygen consumption of the purple sea urchin with special reference to the reproductive cycle. *The Biological Bulletin*, 148(1), 165–180. <https://doi.org/10.2307/1540657>
- Weihrauch, D., Becker, W., Postel, U., Luck-Kopp, S., & Siebers, D. (1999). Potential of active excretion of ammonia in three different haline species of crabs. *Journal of Comparative Physiology B*, 169(1), 25–37. <https://doi.org/10.1007/s003600050190>
- White, K. N., & Walker, G. (1981). Rate of nitrogen excretion by the shore barnacle *Balanus balanoides* (L.). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 69(3), 389–394. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(81\)92994-7](https://doi.org/10.1016/0300-9629(81)92994-7)
- Widdows, J. (1978). Physiological Indices of Stress in *Mytilus Edulis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 58(1), 125–142. <https://doi.org/10.1017/S0025315400024450>
- Widdows, J., Donkin, P., Salkeld, P. N., Cleary, J. J., Lowe, D. M., Evans, S. V., & Thomson, P. E. (1984). Relative importance of environmental factors in determining physiological differences between two populations of mussels (*Mytilus edulis*). *Marine Ecology Progress Series. Oldendorf*, 17(1), 33–47.
- Williamson, J. E., & Rees, T. A. V. (1994). Nutritional interaction in an alga-barnacle association. *Oecologia*, 99(1), 16–20. <https://doi.org/10.1007/BF00317078>
- Wright, P. A., Part, P., & Wood, C. M. (1995). Ammonia and urea excretion in the tidepool sculpin (*Oligocottus maculosus*): Sites of excretion, effects of reduced salinity and mechanisms of urea transport. *Fish Physiology and Biochemistry*, 14(2), 111–123. <https://doi.org/10.1007/BF00002455>
- Xiao, J., Zhang, X., Gao, C., Jiang, M., Li, R., Wang, Z., Li, Y., Fan, S., & Zhang, X. (2016). Effect of temperature, salinity and irradiance on growth and photosynthesis of *Ulva prolifera*. *Acta Oceanologica Sinica*, 35(10), 114–121. <https://doi.org/10.1007/s13131-016-0891-0>
- Yamamoto, K. (1992). Effects of Hypoxia and Water Temperature on Oxygen Consumption in the Starfish, *Asterina pectinifera*. *Aquaculture Science*, 40(3), 269–272.



Ffynonellau data

EFPREDICT R Package

Zotin, A. A., & Ozernyuk, N. D. (2016). Comparative study of aerial and aquatic respiration in periwinkles *Littorina*. *Nauka i Studia*, 1, 8–18.

