

Adolygiad o fethodolegau a thechnolegau monitro, sy'n addas i'w defnyddio mewn amgylcheddau ynni uchel yng Nghymru, i fonitro rhyngweithiadau anifeiliaid â dyfeisiau ynni llanw.



Swansea
University
Prifysgol
Abertawe



Adroddiad wedi'i baratoi ar gyfer rhif contract **MEFA02/20/21**

Dyfyniad Argymhellir

Clarke, D.R.K.; Bertelli, C.M.; Cole, E.L.; Jones, R.E.; Mendzil, A.F.; Lowe, C.D.; Griffin, R.A.; Robinson, M.T., 2021. Review of monitoring methodologies and technologies, suitable for deployment in high energy environments in Wales, to monitor animal interactions with tidal energy devices. A report produced by Swansea University and Ocean Ecology for Welsh Government. January 2021.

Awduron Cyfrannu

David Clarke¹, Chiara Bertelli¹, Emma-Louise Cole¹, Robyn Jones², Anouska Mendzil¹, Chris Lowe¹, Ross Griffin², Max Robinson¹

¹Coleg Gwyddoniaeth, Prifysgol Abertawe, Abertawe, DU

²Ocean Ecology Limited, Epney, DU

Cydnabyddiaethau

Hoffem rhoi ddiolch i'r holl sefydliadau ac unigolion hynny a gymerodd amser i gwrdd a siarad â ni yn ystod datblygiad yr adolygiad hwn.

Hysbysiad

Mae Prifysgol Abertawe wedi paratoi'r ddogfen hon yn unol â chyfarwyddiadau'r cleient, at unig bwrpas a defnydd y cleient. Dim unrhyw drydydd parti ddibynnu ar y ddogfen hon heb gytundeb ysgrifenedig ymlaen llaw Prifysgol Abertawe. Nid yw Prifysgol Abertawe yn derbyn atebolrwydd i unrhyw berson heblaw'r cleient.

Gall adrannau o'r ddogfen hon ddibynnu ar wybodaeth a ddarperir gan ffynonellau trydydd parti neu a dynnir ohonynt. Oni nodir yn wahanol yn y ddogfen hon, nid yw Prifysgol Abertawe wedi gwirio na gwirio gwybodaeth o'r fath yn annibynnol. Nid yw Prifysgol Abertawe yn derbyn atebolrwydd am unrhyw golled neu ddifrod a ddioddefir gan unrhyw berson, gan gynnwys y cleient, o ganlyniad i unrhyw wall neu anghywirdeb mewn unrhyw wybodaeth trydydd parti neu am unrhyw gasgliadau a dynnwyd gan Brifysgol Abertawe sy'n seiliedig ar wybodaeth o'r fath.

Defnyddir unrhyw sôn am offerynnau masnachol neu offer a meddalwedd arall trwy gydol yr adroddiad hwn i ddangos yr hyn sy'n cael ei ddefnyddio ar hyn o bryd ac nid yw'n gyfystyr â chymeradwyo'r cynhyrchion masnachol hynny.

Crynodeb

Phwrpas adroddiad a cyd-destun

Mae Llywodraeth Cymru yn gefnogol i'r sector Ynni Adnewyddadwy Morol (YAM) sy'n dod i'r amlwg ac yn cydnabod y rôl allweddol y gall IAM ei chwarae wrth helpu i gyflawni ei hymrwymiaidau cyfreithiol i gyflawni allyriadau sero net erbyn 2050. Mae Cynllun Morol Cenedlaethol Cymru (Llywodraeth Cymru, 2019) yn cynnwys polisiau penodol i gefnogi technolegau carbon isel sy'n darparu ynni adnewyddadwy morol cynaliadwy a buddion cymdeithasol ac economaidd i Gymru, gan barchu amgylchedd ac anghenion cymunedau lleol ar yr un pryd.

Mae datblygiadau IAM yn gofyn am ystod o gydsyniadau gan reoleiddwyr i alluogi adeiladu, gweithredu a datgomiynu prosiectau yn llawn. Cyn gellir cymeradwyo cydsyniadau rhaid i'r rheoleiddiwr ymgymryd sawl asesiad technegol, er enghraifft Penderfyniad Cydsyniad Asesiad Effaith Amgylcheddol (AEA), Asesiad Rheoleiddio Cynefinoedd, ac Asesiad Cydymffurfiaeth Fframwaith Dŵr i fodloni rhwymedigaethau cyfreithiol. Mae angen sylfaen dystiolaeth gymesur i danategu'r cydsyniadau hyn ac i gyflawni'r rhwymedigaethau cyfreithiol a nodir mewn deddfwriaeth megis Rheoliadau Cadwraeth Cynefinoedd a Rhywogaethau 2017 (fel y'i diwygiwyd).

Mae Llywodraeth Cymru wedi comisiynu adolygiad o offer a methodolegau monitro cyfredol a rhai sy'n dod i'r amlwg i nodi'r technolegau monitro sydd fwyaf addas ar gyfer monitro rhyngweithiadau rhwng anifeiliaid morol allweddol (morfilod, morloi, pysgod ac adar) ac ynni adnewyddadwy llanw (nant ac ystod) datblygiadau o amgylch Cymru.

Ymagwedd

Mae'r adolygiad wedi adeiladu ar adolygiad diweddar gan Ymchwil amgylcheddol forol gysylltiedig Porthladdoedd Prydain (ABPmer) (2020) a gomisiynwyd gan Cyfoedd Naturiol Cymru (CNC). Mae'n cynnwys adolygiad llenyddiaeth, trafodaethau â gweithgynhyrchwyr offer, datblygwyr grwpiau ymchwil arwain, organebau ac ymgynghorwyr anllywodraethol.

Rhywogaethau yn nyfroedd Cymru

Mae cwmpas yr adolygiad yn cynnwys mamaliaid morol, adar y môr a physgod.

Technegau monitro ymarferol yn wahanol rhwng y grwpiau rhywogaethau a rhwng y gwahanol rhywogaethau o fewn grŵp. Er enghraifft, os ydym yn ystyried mamaliaid morol, lleisiau morfilod a gellir eu canfod gan ddefnyddio technegau Monitro Acwstig Goddefol (PAM), tra nad yw morloi yn lleisio / adleoli a thechnegau monitro acwstig goddefol. Gwahanol rywogaethau morfilod yn darlledu ar amledau gwahanol, gyda llamhidyddion yn lleisio'n aml, a rhywogaethau dolffiniaid yn llai aml. Mae'r effaith ymarferol hyn yw bod llamhidyddion yn hawdd eu canfod gan ddefnyddio PAM; tra bod rhywogaethau dolffiniaid ychydig yn anoddach eu canfod a'u gwahaniaethu.

Disgrifir y rhywogaethau sydd fwyaf tebygol o fod angen eu hystyried yn nyfroedd Cymru yn Adran 5.

Offer monitro, technegau a chymhwyso

Mae'r adroddiad yn ystyried ystod eang o dechnegau sydd ar gael ar hyn o bryd ar gyfer monitro rhyngweithiadau rhwng anifeiliaid morol a dyfeisiau ynni llanw. Mae'r rhain yn cynnwys arolygon gweledol (i mamaliaid morol ac adar môr), defnyddio awyrennau ac UAV (Cerbydau Awyr Di-griw), monitro eDNA, camerâu optegol, monitro acwstig goddefol, acwsteg weithredol & SONAR (llywio sain ac amrywio), SONAR amlbwrpas, camerâu acwstig, ac atodi cofnodwyr data anifeiliaid i olrhain symudiadau anifeiliaid.

Aseswyd y dulliau a'r technegau a drafodwyd yn erbyn gofynion swyddogaethol yn seiliedig ar y bylchau tystiolaeth perthnasol fel y'u nodwyd gan ynni cefnfor ORJIP. Yr gofynion swyddogaethol a ddefnyddiwyd yn cael ei gosod yn adran dau adran yn adroddiad hwn.

Crynodeb o'r dulliau a argymhellir yng Nghymru yn cael eu disgrifio yn Nhabl 1 gydag asesiadau manwl o bob techneg ar gael yn Adran 6 yr adroddiad.

Arsylwadau gweledol

Mae arsylwadau gweledol o famaliaid morol ac adar y môr yn gost-effeithiol ac yn ymarferol, mae dulliau arolygu sefydledig i ymchwilio i bresenoldeb neu absenoldeb ac i bennu digonedd cymharol, ac weithiau, absoliwt o fewn ardal adnoddau. Ar gyfer pysgod, nid ydynt yn ymarferol.

Monitro eDNA

Gall monitro eDNA nodi presenoldeb / absenoldeb ystod eang o rywogaethau a chyda dyluniad arolyg cywir ac astudiaethau dilysu priodol. Efallai mai fdyma'r fordd fwyaf effeithiol o sefydlu dosbarthiad pysgod (a gellir defnyddio'r un samplau ar gyfer y grwpiau rhywogaethau eraill).

Camerâu optegol

Mae'r rhain wedi'u cyfyngu i oriau golau dydd a dŵr cymharol glir. Yn yr amgylchiadau hynny mae camerâu optegol yn ddull o ddewis yn seiliedig ar eu gallu i adnabod rhywogaethau ac i weld effaith uniongyrchol gwrthdrawiadau. Yn anffodus, cymylogrwydd o amgylch Cymru yn uchel, gan gyfyngu ar eu cymhwysiad ymarferol. Fodd bynnag, dylid ystyried defnyddio camerâu optegol rhad ochr yn ochr ag offer arall i gynorthwyo gyda dilysu technegau eraill pan fo'r amodau yn optimaidd.

Monitro acwstig goddefol (PAM)

Defnydd PAM yn gyfyngu i forfilod, lle mae'n offeryn hynod ddefnyddiol. Mae PAM yn gallu canfod presenoldeb ac absenoldeb anifeiliaid, adnabod rhywogaethau (ond gyda mwy o anhawster i'r rhywogaeth dolffiniaid lle mae gorgyffwrdd amleddau darlledu). Gall PAM hefyd gefnogi amcangyfrifon digonedd neu ddigonedd cymharol er y gallai fod angen darllediadau graddnodi a llinell sylfaen i addasu ar gyfer effeithlonrwydd amrywiol mewn gwahanol daleithiau llanw.

Ar gyfer dosbarthiad a symudiadau ar raddfa eang mae offer masnachol oddi ar y silff (COTS) ar gael ac maent yn cynnwys C-PODS / F-PODS a SoundTraps am bris rhesymol (£2, 500-

£5, 000 yr uned). Mae'r dyfeisiau symudol hyn gallu defnyddio ar draws ardaloedd eang mawr mewn araeau monitro goddefol, er y gallai fod angen treialon safle-benodol i wirio addasrwydd yn ceryntau cyflymach ac yn agosrwydd dyfeisiau oherwydd materion sŵn cefndir ac ymarferoldeb sy'n gysylltiedig ag angori.

Gall clystyrau o hydroffonau sydd â gofod agos (4 mewn trefniant tetrahedrol) ddarparu cyfeiriadau at anifeiliaid sy'n lleisio. Mae'n bosibl olrhain symudiad anifeiliaid tri dimensiwn yn weddol gywir (i fewn mesuryddion) gan ddefnyddio sawl clystyrau hydrophone sydd â hefyd yn gofod eang i ddarparu amrediad. Nid yw hyn yn syml oherwydd bod darllediadau o'r anifeiliaid yn gyfeiriadol, ac mae'n anodd eu canfod ar yr un pryd ar hydroffonau lluosog gyda gwahanu digonol. Mae cyfyngiadau pwysig hefyd, yn benodol y gall sŵn cefndir o lif llanw neu dyrbinau ymyrryd â signalau, bod yn rhaid i glystyrau hydrophone ar gyfer olrhain gael eu gosod yn ofalus gyda chydamseriad cloc manwl gywir, a rhaid gosod trefniadau addas ar gyfer prosesu data, ddelfrydol mewn amser real. Mae amrediad yn gyfyngedig yn yr amgylcheddau swmlyd o amgylch tyrbinau gyda chywirdeb yn dirywio'n gyflym wrth i'r amrediad gynyddu. Mae'r holl ffactorau hyn yn heriol, ac ar gyfer olrhain graddfa fanwl mae'r dechneg yn dal i fod angen cefnogaeth arbenigol brofiadol, i ddylunio rhaglenni monitro a dehongli data.

Acwsteg weithredol

Mae dyfeisiau acwstig gweithredol yn cynnwys echosounders trawst sengl a thrawst hollt, sonar amlwrpas a chamêrau acwstig. Yn wahanol i systemau optegol nid ydynt wedi'u cyfyngu gan lefel golau neu welededd ac nid yw lefelau solid crog yn effeithio'n ddifrifol arnynt. Maent yn offer gwerthfawr ar gyfer olrhain targedau ar raddfa fawr, ond mae'n anodd dosbarthu (adnabod rhywogaethau) oni bai bod data'n cael ei gyfuno â thechnegau eraill (gan gynnwys PAM, arsylwadau gweledol, ac astudiaethau cipio).

Er bod y rhain yn offer gwerthfawr, mae'n rhaid ystyried a gwahanu effeithiau posibl ar fywyd gwyllt morol yn gyffredinol ac ymddygiad y rhywogaethau a astudiwyd oddi wrth ymatebion i sŵn y tyrbinau neu'r tyrbinau; mae ymatebion ymddygiadol i sonar wedi'u dogfennu ar gyfer nifer y mamaliaid morol (Ellison et al., 2012; Erbe et al., 2018; Romano et al., 2004).

Gall sonars trawst sengl a rhanedig, fel pecynnau cyfres Simrad / Kongsberg ES ac EK 60 ac 80 nodi rhai rhywogaethau pysgod a gallant leoli targedau yn hir. However, they have a narrow field of view, and for fine scale tracking they are often used in combination with other devices. Mae gan sonars multibeam, sy'n cynnwys camerâu acwstig, faes ehangach, ond maent yn amrywio o ran ystod a penderfyniad, gyda dyfeisiau amledd isel fel sonar Tritech Gemini ag ystod ymarferol o hyd at 50 m ar gyfer anifeiliaid mawr, ac dyfeisiau amledd uwch Sonar Delweddu Datrysiaid Addasol Corp Soundmetric (ARIS) sy'n cynnig datrysiaid gwell ond ystod fyrrach (5-10 m) o ganlyniad i wanhau mwy o signalau amledd uchel mewn dŵr.

Mae ystod eang o fathau o ddyfeisiau ar gael sydd wedi'u crynhoi yn yr adroddiad.

Tagio

Mae cofnodwyr / tagiau data a gludir gan anifeiliaid yn hynod ddefnyddiol ar gyfer ymchwilio i symudiadau manwl ystod o rywogaethau, gan gynnwys morloi, adar a physgod. Er bod rhai astudiaethau tagio morfilod wedi'u cynnal mewn rhannau eraill o'r byd, nid yw'n dechneg a fabwysiadwyd ar hyn o bryd i'w defnyddio yn nyfroedd Prydain. Am morloi ac adar y môr, mae

tagiau storio data yn aml yn cael eu defnyddio sy'n cynnwys synwryddion System Lleoli Byd-eang GPS, dyfnder, pwysau a chyflymromedr. Gellir defnyddio'r rhain i werthuso ymddygiadau tanddwr ar raddfa ddirwy, gan gynnwys lleoliad yr anifail ac a yw'r unigolyn wedi dod yn agos at ddyfais ynni morol. Mae tagiau yn offer gwerthfawr am ymchwilio i ddefnydd cynefinoedd, dadleoli ac effeithiau rhwystr oherwydd gellir ailadeiladu lleoliad ac ymddygiad yr anifail a'i gymharu â data amgylcheddol safle penodol o ddiddordeb. Y prif gyfyngiad yw bod gofyn fel arfer i ail-gipio'r anifail er mwyn adfer y tag a lawrlwytho'r data sydd wedi'i storio. I rhai anifeiliaid mawr, gellir cyfarparu tagiau i drosglwyddo data trwy loeren, system fyd-eang ar gyfer cyfathrebu symudol (GSM) neu drwy radio amledd uwch-uchel (UHF) i orsafoedd sylfaen, gan leihau dibyniaeth ar adfer tagiau i gasglu data.

Gellir defnyddio tagiau storio data ar gyfer pysgod hefyd, er bod maint y tag a'r angen i ail-ddal yn cyfyngu mwy ar eu defnydd.

Am pysgodfeydd, defnyddir tagiau pinger ac synhwrydd acwstig COTS yn helaeth, ac ar yr amod y gellir tagio samplau cynrychiadol o'r poblogaethau targed, gallant ddarparu data meintiol ar argaeledd, hyd presenoldeb ac ymddygiad mewn meysydd adnoddau. Mae gan dagiau o'r fath ID unigryw ac fe'u tracir gan ddefnyddio araeau o dderbynyddion acwstig, y gellir eu defnyddio o amgylch datblygiadau. Gall y rhain ddarparu data meintiol i alluogi asesu risgiau lefel y boblogaeth ac fe'u defnyddir mewn modd tebyg i PAM, i leoli symudiadau anifeiliaid yng nghyffiniau strwythurau yn gywir.

Y prif anhawster wrth ddibynnu ar ddulliau sy'n seiliedig ar dagiau yw nad yw'r unigolion sydd wedi'u tagio yn sicr o fynd at ddyfais ynni na bod yn bresennol mewn maes adnoddau ehangach, gan gyfyngu ar gasglu gwybodaeth ar raddfa fawr am ddigwyddiadau gwrthdrawiad. Fodd bynnag, yn y senario hwnnw, os yw digon o anifeiliaid o boblogaethau 'sentinel' yn cael eu tagio a'u tracio trwy eu cylch bywyd, ac nad ydynt yn mynd at y dyfeisiau neu'r ardal adnoddau, mae hynny'n darparu tystiolaeth bod effeithiau lefel y boblogaeth yn debygol o fod yn gyfyngedig.

Mae tagio yn debygol o fod yn ddull arbennig o ddefnyddiol ar gyfer monitro cynlluniau amrediad llanw ac o ystyried cyfyngiadau ar opsiynau eraill, ar hyn o bryd mae'n ddull pwysig ar gyfer cael data graddfa ddirwy ar gyfer rhywogaethau pysgod duwiol.

Synwryddion llafn

Er bod gan lawer o ddyfeisiau synwryddion sydd wedi'u gosod ar lafnau tyrbinau, mae'r rhain ond yn debygol o ganfod gwrthdrawiadau rhwng dyfeisiau ynni'r llanw a anifeiliaid mawr. Mae anawsterau sy'n gysylltiedig â gwahanu'r rhain oddi wrth wrthdrawiadau eraill, ynghyd ag adnabod rhywogaethau, yn cyfyngu ar eu gwerth.

Dyfeisiau integredig

Trafodaethau gyda grwpiau ymchwil sy'n edrych ar effeithiau graddfa ddirwy wedi pwysleisio gwerth cyfuno data o offer monitro lluosog i alluogi olrhain a dosbarthu targedau i lefel rhywogaeth. Er enghraifft, gan cyfuno olrhain acwstig gweithredol â thechnegau sy'n gallu adnabod rhywogaethau (megis PAM, arsylwadau gweledol neu luniau camera optegol) yw'r opsiwn gorau sydd ar gael ar hyn o bryd i sicrhau arsylwadau manwl o ymddygiad yng nghyffiniau dyfeisiau ac i gasglu effeithiau potensial.

Lleoliadau Dyfeisiau YAM yng Nghymru

Mathau o ddyfeisiau

Gwyddys bod 12 dyfais egni llif llanw wedi'u cynllunio i'w defnyddio yn nyfroedd Cymru, a ddisgrifir yn adran 8 yr adroddiad. Gellir rhannu'r rhain yn dri phrif gategori, wyneb, dŵr canol, neu wely'r môr. Mae dyfeisiau gwely'r môr a gosod wyneb yn cyflogi naill ai tyrbinau sydd wedi'u gogwyddo'n llorweddol gan ddefnyddio llafnau traddodiadol, neu dyrbinau hydrokinetig wedi'u gosod naill ai'n fertigol neu'n llorweddol.

Manteision ac anfanteision gwahanol fathau o ddefnydd

Mae sawl mantais i ddefnyddio lleoli gwely'r môr. Mae'r ddyfais ynni yn sefydlog yn ei lle a gellir naill ai atodi offer monitro i'r ddyfais neu ei hadeiladu i mewn, gyda manteision cyflenwad pŵer a chysylltiadau data posibl â'r lan. Fel arall, gellid defnyddio offer monitro symudol ar angorfeydd sefydlog canolbwyntio ar y ddyfais ynni tanddwr.

Fodd bynnag, mae anfanteision sylweddol yn gysylltiedig â monitro lleoli gwely'r môr. Mae'r rhain yn cynnwys cost ac anhawster mynediad rheolaidd i gynnal a chadw offer, storio data ac adfer data o ddyfeisiau nad ydynt wedi'u cysylltu â llinellau sefydlog, a chost eu defnyddio gan gynnwys ffactorau fel cysylltwyr tanddwr.

Defnyddio lleoli yn yr dŵr canol (wedi'i gyfyngu i'r barcud Minesto ar hyn o bryd) yn achosi problemau penodol wrth fonitro. Bydd dyfeisiau dŵr canol yn meddiannu lleoliadau penodol mewn gwahanol daleithiau llanw (tra i llifogydd), ac mae'r ddyfais yn symud yn barhaus, gan ychwanegu at ansicrwydd ei lleoliad. Nid yw mowntio offer monitro dŵr canol yn debygol o fod yn ymarferol oherwydd y risg o ryngweithio rhwng y ddyfais ei hun ac offer angorfeydd. Mowntio gwely'r môr sy'n debygol o fod yr opsiwn mwyaf ymarferol, er ei fod yn dod gyda phroblemau eraill o gaffael data (eu defnyddio a'u hadfer yn aml), rheoli a dadansoddi data.

Mae gan ddyfeisiau wedi'u gosod ar yr wyneb nifer o fanteision ar gyfer monitro oherwydd gellir cysylltu'r offer â'r strwythur cynnal wyneb gyda mynediad pŵer a dulliau i drosglwyddo data i'r lan mewn amser real. Fodd bynnag, mae'n anoddach defnyddio pecynnau monitro o bell i edrych ar y ddyfais gan y bydd y ddyfais a'r pecyn monitro yn symud ar eu hangorfeydd. Fonitro gan ddefnyddio dyfeisiau fel clystyrau PAM a thechnegau acwstig gweithredol fod yn seiliedig ar offer sydd wedi'i ymgorffori yn strwythur y ddyfais ac arno, a thrwy hynny ei osod yn ei le mewn perthynas â'r tyrbîn. Gall monitro data o ddyfeisiau wyneb hefyd gael ei gymhlethu gan sŵn wyneb ychwanegol a grëir gan donnau a'r angen am gysylltiadau gradd morol drud.

Monitro araeau dyfeisiau

Yn ychwanegol at yr offer a'r technegau monitro sy'n addas ar gyfer monitro datblygiadau ar raddfa sengl a bach, mae'r adolygiad hefyd wedi ystyried y potensial i YAM gynyddu i mewn i araeau masnachol a'r gallu posibl i fonitro rhyngweithiadau rhwng anifeiliaid morol allweddol a araeau nentydd llanw. Mae araeau o ddyfeisiau YAM yn ddymunol o safbwynt cynhyrchu

ynni gan eu bod yn caniatáu arbedion maint, fodd bynnag, mae araeau yn ychwanegu rhai pryderon ychwanegol, yn gyntaf o ran effaith bosibl eithrio rhywogaethau o ardaloedd môr a allai fod yn fawr, ac yn ail risg uwch o wrthdrawiadau fel a canlyniad anifeiliaid yn osgoi un ddyfais dim ond i ddod ar draws un arall ar unwaith. Am y rheswm hwnnw, ni ellir graddio i fyny yn awtomatig a defnyddio data osgoi ac effaith a gesglir o ddyfais sengl a'i gymhwyso i feysydd arae.

Gellir defnyddio COTS, PAM a araeau derbynnydd olrhain acwstig ar draws ardaloedd lleoli arae YAM i ddarparu gwybodaeth feintiol bell ar ddefnyddio ac osgoi ardaloedd sy'n cynnwys tyrbinau, ynghyd â symudiadau ac ymddygiad ar raddfa eang. Am resymau cost a logistaidd, efallai y bydd angen cyfyngu arsylwadau graddfa ddirwy i is-set o dyrbinau gweithredol, gan fonitro parau o ddyfeisiau o bosibl ar draws yr ardal i edrych ar graidd y maes arae ac effeithiau ymyl. Ar gyfer lleoli o'r fath, gall defnyddio datrysiadau integredig symudol fel Pecyn Monitro Addasadwy Prifysgol Talaith Washington (AMP), plattfform FLOWBEC (LLIF ac EColeg Benthig) neu ddull yr Uned Ymchwil Mamaliaid Môr (SMRU) High Platform Tanddwr Cyfredol (HICUP) mae manteision iddynt gan y gellir eu defnyddio mewn gwahanol leoliadau dros amser os oes angen.

Heriau

Mae monitro anifeiliaid mewn amgylcheddau llanw eithafol yn creu ystod o heriau, rhai generig a phenodol i Gymru. Ymhlith yr heriau sy'n berthnasol i bob lleoliad mae anhawster a chost offer angori mewn ardaloedd o gyflymder llanw uchel, integreiddio offer â seilwaith tyrbinau, cynnwrf a swm o amgylch dyfeisiau sy'n effeithio ar dechnegau monitro acwstig, a chorydiad.

Mae cyrydiad yn her arbennig o bwysig; credir bod cyrydiad wedi peryglu o leiaf dau leoliad acwstig gweithredol; ar safle DeltaStream, a Meygen, Ramsey Sound. Gellir goresgyn cyrydiad trwy ddewis deunyddiau ac anodau cau yn ofalus ond mae angen eu hystyried yn ofalus.

O amgylch Cymru, mae gwelededd o dan y dŵr yn arbennig o wael hyd yn oed yn yr haf, gan gyfyngu ar y cwmpas ar gyfer arsylwadau optegol a fyddai fel arall yn ddull o ddewis ar gyfer arsylwi rhyngweithiadau graddfa fain rhwng anifeiliaid a dyfeisiau. Mae biofouling yn fater arwyddocaol; yn seiliedig ar arolygon Prifysgol Abertawe yn Sianel Bryste a gorllewin Cymru, mae'n ddymunol adfer a glanhau offer fel derbynnyddion acwstig a C-PODS ar gylchred tri i bedwar mis.

Mae rheoli pŵer a data yn her benodol ar gyfer casglu data graddfa ddirwy ar gyfer dyfeisiau wedi'u gosod ar wely'r môr. Gall goresgyn hyn fod trwy ddefnyddio pecynnau integredig wedi'u hangori fel AMP, FLOWBEC neu HICUP, mae manteision sylweddol i ddefnyddio offer mowntio am tymor hirach fewn neu ynghlwm wrth strwythur y tyrbîn ei hun gyda phŵer sefydlog a datalinks i'r lan, megis y dull monitro yn Ramsay sound DeltaStream a MEYGEN yn Yr Alban. Os mabwysiadir y dull hwn mae'n hanfodol bod gofynion monitro yn cael eu hystyried yn gynnar yn nyluniad y tyrbîn er mwyn sicrhau bod cysylltiadau pŵer a data ar gael, bod gofynion gwasanaethu yn cael eu hystyried yn llawn, a gellir defnyddio offer monitro mewn lleoliadau sy'n galluogi i amcanion fod wedi'i gyflawni. Mae hyn yn bwysig ar sail costau yn

ogystal ag effeithiolrwydd rhaglenni; fel enghraifft gall cost ceblau a chysylltiadau tanddwr fod yn fwy na chost y caledwedd monitro ei hun, ac felly gall dylunio effeithiol arbed arian a gwella canlyniadau.

Technolegau ac anghenion sy'n dod i'r amlwg

Am asesiad maes pell, mae cynhyrchion COTS fel F-PODS, SoundTraps, tagiau a derbynyddion acwstig a thagiau storio data, wedi'u datblygu'n dda a gellir eu defnyddio. Nid yw'r offer ar gyfer astudiaethau graddfa ddirwy megis arsylwi tyrbinau uniongyrchol mor ddatblygedig.

Mae buddsoddiad sylweddol (£ miliynau) wedi mynd i ddatblygu dyfeisiau fel yr AMP, FLOWBEC a HIUP. Mae hyn wedi talu ar ei ganfed ac aethpwyd i'r afael â llawer o'r heriau sylfaenol fel dibynadwyedd, integreiddio'r system, cyrydiad, cyflenwadau pŵer lleol a storio data. Nid yw'r rhain ar gael eto fel offer COTS, ond mae'r cyfeiriad teithio yn awgrymu y gallent fod ar gael yn yr ychydig flynyddoedd nesaf. Mae heriau bellach yn canolbwyntio ar ddatblygu offer y gellir eu defnyddio i ddatrys gofynion dosbarthu targedau a phrosesu data, gan ddefnyddio meddalwedd draddodiadol ac offer AI (Deallusrwydd Artiffisial).

Mae dosbarthiad anifeiliaid a arsylwyd yn parhau i fod yn gyfyngiad allweddol ar gyfer llawer o dulliau a drafodir yn yr adroddiad hwn, gydag eithriadau arsylwadau gweledol a thagio.

Ar gyfer datrysiadau sy'n seiliedig ar sonar, mae ffiseg sylfaenol yn cyfyngu ar faterion fel mecaneg ffisegol yr ystod terfyn offer a datrysiad delwedd (e.e. mae tonnau radio yn cael eu gwanhau'n fawr gan ddŵr). Ar hyn o bryd mae'r systemau sy'n cael eu ffafrio yn pecynnau integredig ac mae rhai datblygiadau pwrpasol yn cynnwys y cyfuniad o systemau trawst sengl neu ddeuol Kongsberg / Simrad, gyda systemau aml-drawst wedi'u datblygu gan Tritech. Ymddengys bod yr olaf yn cael ei ffafrio fel y cydbwysedd mwyaf priodol rhwng ystod, datrysiad, rhwyddineb integreiddio ac argaeledd meddalwedd olrhain.

Gall datblygiadau diweddar mewn systemau tagio amledd uchel hefyd ganiatáu i systemau olrhain pysgod acwstig gael eu hymestyn i adar môr a morloi i ddatblygu setiau data meintiol. Mae angen gwerthuso hyn ymhellach.

Argymhellion ac Ymyriadau Strategol

Dulliau a ffefrir

Y dulliau a ffefrir ar gyfer monitro rhyngweithiadau anifeiliaid â dyfeisiau ynni morol yng Nghymru amlinellir yn Nhabl 1. Oni nodir yn wahanol, argymhellir gorchudd dros nant llanw ac amrediad y llanw dyfeisiau ynni; nodir hyn lle mae ystod y llanw'n wahanol.

Cynllunio a Gweithredu

Mae argymhellion ychwanegol yn codi o'r drafodaeth sy'n cynnwys yr angen am brotocolau samplu gweledol, gan ymgorffori monitro yn gynnar mewn dylunio tyrbinau a chynllunio gweithredol a sicrhau bod cynlluniau cynnal a chadw a rheoli data ar waith.

Ymyriadau Strategol

Yn seiliedig ar ein casgliadau uchod, gellid ystyried yr ymyriadau strategol canlynol a byddent yn darparu cymorth sylweddol i'r sector ynni llanw.

Monitro llinell Sylfaen

Y cynigion hyn yw darparu data y gall datblygwyr defnyddio ar gyfer asesiadau cychwynnol ac i lywio cydsyniadau, gan gwmpasu presenoldeb / absenoldeb, digonedd tymhorol cymharol, ac mewn rhai achosion digonedd neu gyfran y poblogaethau sy'n bresennol.

- Rhaglen arsylwi gweledol sylfaenol adar môr a morfilod sy'n cwmpasu'r ardaloedd adnoddau; a rhedeg am ddwy flynedd gellid ystyried cyn-adeiladu. Byddai hyn yn cynnwys arolygon gweledol ar gyfer mamaliaid ac adar môr.
- Rhaglen samplu eDNA strategol ar gyfer pysgod (a phob rhywogaeth o bosibl), i greu set ddata waelodlin gyffredin sydd o fudd i'r holl ddatblygwyr, unwaith eto'n ddelfrydol yn cael ei rhedeg dros gyfnod o ddwy flynedd.
- Sefydlu araeau olrhain acwstig, ynghyd ag astudiaethau tagio sentinel i ddarparu gwell dealltwriaeth o batrymau mudo pysgod duwiol o amgylch arfordir Cymru. (gweler Clarke et al., 2021a am fanylion).

Profi technolegau arloesol

Mae nifer o dechnolegau arloesol yn bodoli y gellid eu treialu i sefydlu eu heffeithiolrwydd wrth fonitro cyfarfyddiadau ger caeau, gan gynnwys streiciau tyrbinau. Mae'r rhain yn cynnwys technolegau acwstig 3D, ARIS ac astudiaethau olrhain acwstig ar raddfa gain gan ddefnyddio offer HF ar gyfer olrhain pysgod, adar môr a morloi.

Datblygu a chynnal arbenigedd ac offer

Adeiladu galluoedd wrth ddatblygu a gweithredu technoleg monitro a'r dadansoddiad dilynol o ddata amgylcheddol i ddatblygu canolfan ragoriaeth yng Nghymru fyddai o fudd i'r sector YAM. Dylai hyn fod yn gydweithredol ac yn drawsddisgyblaethol, gan gynnwys, ymhlith eraill, biolegwyr, peirianwyr, gwyddonwyr cyfrifiadurol ac ystadegwyr. Bydd hyn yn sicrhau bod gan Gymru lwyfan cryf i ddatblygu a thyfu o fewn y diwydiant hwn sy'n dod i'r amlwg ac yn caniatáu i wybodaeth a gwersi a ddysgwyd gael eu rhannu'n eang er budd y sector YAM. Byddai hyn yn dilyn y dull a gymerir yn yr Alban, lle darperir swyddogaeth debyg gan Marine Scotland a SMRU.

Tabl 1. Dulliau argymelledig o fonitro rhyngweithiadau anifeiliaid â dyfeisiau ynni llanw morol yng Nghymru a aseswyd ar gyfer pob gofyniad swyddogaethol.

Grŵp rhywogaethau	Dulliau argymelledig yng Nghymru	Sylwadau
FR1. Rhywogaeth presenoldeb neu absenoldeb yn yr ardal ddatblygu a digonedd neu gyfrannau'r rhywogaethau sydd mewn perygl yn yr ardal adnoddau.		
Morfilod	Arolygon gweledol, PAM.	Gwell dealltwriaeth os cânt eu defnyddio gyda'i gilydd.
Morloi	Arolygon gweledol, Telemetreg.	Tagiau GPS / synhwyrdd gyda gorsaf sylfaen lloeren / radio / lawrlwytho GSM.
Adar y môr	Arolygon gweledol, Telemetreg.	Tagiau GPS / synhwyrdd gyda gorsaf ail-ddal / radio sylfaen / lawrlwytho GSM.
Pysgod	eDNA, Telemetreg, arolygon cipio.	Gellir defnyddio eDNA ar gyfer presenoldeb / absenoldeb a digonedd cymharol tymhorol ar gyfer grwpiau rhywogaethau eraill.
FR2. Patrymau deiliadaeth, dosbarthiad graddfa fain ac ymddygiad rhywogaethau symudol mewn cynefinoedd llanw.		
Morfilod	Arolygon gweledol, PAM.	Angen data / modelau amgylcheddol er mwyn cymharu ag ymddygiad.
Morloi	Arolygon gweledol, Telemetreg - tagiau integredig gan gynnwys cyflymromedr a magnetomedr.	Tagiau GPS / synhwyrdd gyda dadlwythiad lloeren / gorsaf sylfaen. Data amgylcheddol (fel uchod).
Adar y môr	Arolygon gweledol, Telemetreg - tagiau integredig gan gynnwys cyflymromedr a magnetomedr.	Angen data amgylcheddol fel yr uchod. Tagiau GPS / synhwyrdd gyda lawrlwytho neu adfer gorsaf sylfaen. Data amgylcheddol (fel uchod).
Pysgod	Telemetreg, araeau acwstig + tagiau acwstig / synhwyrdd.	Gellid hefyd ystyried acwsteg weithredol ar gyfer rhai rhywogaethau morol ond nid yw ID rhywogaeth yn ymarferol ar gyfer rhywogaethau duwiol.
FR3. Rhyngweithiadau ger caeau gan gynnwys monitro ymddygiad osgoi a gwrthdrawiadau. Gan gynnwys amllder, natur, a chanlyniad rhyngweithio ger y cae rhwng rhywogaethau symudol a thyrbinau llanw, ymatebion a chyfraddau osgoi talu		
Morfilod	PAM, Acwsteg weithredol, Arolygon gweledol + ADCP (offer integredig). Ystod y Llanw: Arolygon gweledol a PAM un unig.	Gellir archwilio osgoi gan ddefnyddio'r dechnoleg bresennol. Mae arsylwi streiciau tyrbinau ar neu y tu hwnt i derfynau datrys ac eithrio camerâu optegol. Ystyriwch gamerâu optegol os oes gan ddŵr yn y safle lleoli welededd da.
Morloi	Acwsteg weithredol, Arolygon gweledol + ADCP (offer integredig). Ystod y Llanw: Arolygon gweledol un unig + tagio os oes angen.	Fel uchod. Angen cysylltu arsylwadau gweledol â thraciau targed i ddosbarthu targedau a datblygu algorithmau dosbarthu fel dim PAM i rywogaethau ID.
Adar y môr	Telemetreg, Acwsteg weithredol + ADCP (offer integredig).	Fel morloi.

Grŵp rhywogaethau	Dulliau argymelledig yng Nghymru	Sylwadau
	Arolygon gweledol dim ond ystod llanw + tagio os oes angen.	
Pysgod	Telemetreg, Acwsteg weithredol + ADCP (offer integredig). Ystod y Llanw: Tagio ac olrhain acwstig, arolygon cipio.	Acwsteg weithredol yn annhebygol o adnabod rhywogaethau; olrhain acwstig graddfa ddirwy yn well. Araeau sydd eu hangen o fewn y cronïad ac o amgylch cymeriant a llifddorau tyrbinau.
FR4. Data ymddygiadol ar gyfer gwahanol rywogaethau megis cyflymderau nofio (gan gynnwys cyflymderau byrstio) a defnyddio dyfnder.		
Morfilod	Arolygon gweledol, PAM.	Llenyddiaeth, araeau fertigol PAM ar gyfer dyfnder mewn Meysydd Adnoddau.
Morloi	Telemetreg.	Tagiau lloeren GPS / synhwyrdd dyfnder neu storio data.
Adar y môr	Telemetreg - tagiau integredig gan gynnwys cyflymromedr a magnetomedr, acwsteg weithredol.	Tagiau storio data synhwyrdd GPS / dyfnder gyda lawrlwytho.
Pysgod	Telemetreg, tagiau synhwyrdd.	Tagiau synhwyrdd ar gyfer data dyfnder.
FR5. Deall canfyddiad synhwyrdd ac ymatebion agos at gaeau i dyrbinau llanw, gan gynnwys canlyniad ymddygiadol sŵn, i symud y tu hwnt i ddefnyddio clywadwyedd fel dirprwy ar gyfer ymateb ymddygiadol.		
Morfilod	PAM, Acwsteg weithredol, Arolygon gweledol.	Llenyddiaeth, arsylwadau maes yn gofyn am ddata amgylcheddol e.e., ADCP. Defnyddio sŵn tyrbîn chwarae yn ôl.
Morloi	Telemetreg, Acwsteg weithredol, arolwg o'r awyr, Arolygon gweledol.	Llenyddiaeth, arsylwadau maes yn gofyn am ddata amgylcheddol e.e., PAM, ADCP. Defnyddio sŵn tyrbîn chwarae yn ôl.
Adar y môr	Telemetreg, Acwsteg weithredol, Arolygon gweledol.	Fel uchod.
Pysgod	Telemetreg, Acwsteg weithredol.	Fel uchod.

Cynnwys

1. Cyflwyniad	1
2. Ymagwedd	4
3. Bylchau tystiolaeth	4
4. Dyfeisiau a nodweddion	6
4.1 Nant llanw	6
4.2. Amrediad llanw	7
5. Rhywogaethau o amgylch Cymru	11
5.1 Mamaliaid morol	11
5.2. Adar y môr	12
5.3. Pysgod	13
6. Offer monitro a dulliau gweithredu	15
6.1.1. Mamaliaid morol	16
6.1.2. Adar y môr	17
6.1.3. Pysgodyn	18
6.1.4. Cyfyngiadau arolwg gweledol	18
6.1.5. Crynodeb	19
6.2. DNA amgylcheddol (eDNA)	19
6.2.1. Cyfyngiadau	20
6.2.2. Crynodeb	20
6.3. Camerâu Optegol Tanddwr	20
6.3.1. Offer a chymwysiadau cyfredol	20
6.3.2. Camerâu stereo	23
6.3.3. Cyfyngiadau camera optegol	23
6.3.4 Crynodeb	25
6.4 Cerbydau Awyr Di-griw a Cherbydau a Weithredir o Bell (ROV)	25
6.4.1. Cyfyngiadau	25
6.4.2 Crynodeb	25
6.5. Monitro Acwstig Goddefol (PAM)	26
6.5.1. Offer	27
6.5.2. Cyfyngiadau PAM	30
6.5.3. Crynodeb	32

6 Technoleg acwstig weithredol	32
6.6.1. Technegau acwstig gweithredol cyfredol a rhai sy'n dod i'r amlwg	32
6.6.2. Echosounders trawst sengl a thrawst hollt	34
6.6.3. Sonars multibeam a chamêrau acwstig	34
6.6.4 Cyfyngiadau acwstig gweithredol	37
6.6.5. Crynodeb	39
6.7 Tagio ac olrhain	39
6.7.1. Mamaliaid morol	40
6.7.2. Adar y môr	43
6.7.3. Pysgodyn	45
6.7.4. Cyfyngiadau tagio	50
6.7.5. Crynodeb	50
6.8. Synwryddion wedi'u gosod â llafn	50
6.8.1. Crynodeb	51
6.9 Technolegau integredig	52
6.9.1. Crynodeb	54
7. Costau	58
7.1. Costau cychod	58
7.2. Costau arolwg strategol eDNA	58
7.3. Camêrau optegol	59
7.4. Arolygon gweledol	59
7.5. Monitro Acwstig Goddefol	60
7.5.1. Unedau sengl	60
7.5.2. Clystyrau hydroffon	60
7.5.3. Araeau wedi'u tynnu a chlystyrau arnofio	60
7.5.4. Araeau PAM a chostau cynnal a chadw	60
7.6. Monitro Acwstig Gweithredol	61
7.7. Systemau tagio	61
7.7.1. Tagiau pinger a synhwyrdd 69 kHz	61
7.7.2. Olrhain graddfa gain (Innovasea HR a LOTEK JSATS)	62
7.7.3. Araeau olrhain acwstig	62
7.7.4. Storio data a thagiau GPS (DST)	62
7.7.5 Tagiau lloeren a ffôn	62
7.8. Offer asesu integredig	66

7.8.1. Pecyn Monitro Addasadwy (PMA)	66
7.8.2. FLOWBEC a HiCUP	67
8. Trafodaeth a chasgliadau	68
8.1 Heriau	68
8.1.1 Cyflymderau llanw a chythrwfl	68
8.1.2. Cymylogrwydd	68
8.1.3. Biofouling	69
8.1.4. Cyrydiad	70
8.1.5. Trosglwyddo pŵer a data	70
8.1.6 Storio, dadansoddi a dosbarthu data	70
8.2. Technegau monitro addas	71
8.3. Dyfeisiau MRE gwahanol - goblygiadau monitro caeau / gwrthdrawiadau	75
8.3.1. Dyfeisiau wedi'u gosod arwyneb	75
8.3.2. Dyfeisiau dŵr canol - barcud llanw Minesto Deep Green	76
8.3.3. Dyfeisiau wedi'u gosod ar wely'r môr	77
8.3.4. Amrediad llanw	78
8.3.5. Monitro defnydd system	80
8.3.6 Mynediad a chynnal a chadw	81
8.4. Monitro araeau nentydd llanw	81
8.5. Technoleg a bylchau eraill	83
8.5.1. Galluoedd caledwedd / meddalwedd	83
8.5.2. Bylchau / materion eraill	84
9. Argymhellion	85
9.1 Dulliau monitro a argymhellir	85
9.2. Cynllunio a gweithredu rhaglenni monitro	87
9.3. Ymyriadau strategol	88
10. Cyfeiriadau	90
11. Atodiadau	106
Atodiad 1. Cysylltiadau Sefydliadol	106
Atodiad 2. Offer modelu a gofynion paramedr	108
Atodiad 3. Rhestr dyfeisiau byd-eang YAM	122
Atodiad 4. Dyluniadau o ddyfeisiau y gellid o bosibl eu defnyddio yng Nghymru.	134
Atodiad 5. Arolwg eDNA - gwybodaeth ychwanegol ar ddull a dadansoddiad	144

Rhestr o dablau

Tabl 1. Dulliau argymelledig o fonitro rhyngweithiadau anifeiliaid â dyfeisiau ynni llanw morol yng Nghymru a aseswyd ar gyfer pob gofyniad swyddogaethol. ..	Error! Bookmark not defined.
Tabl 2. Dyfeisiau ynni llif llanw sy'n cael eu datblygu neu eu defnyddio yng Nghymru ar hyn o bryd.....	9
Tabl 3. Rhestr o dagiau lloeren a ffôn a ddatblygwyd gan offeryniaeth SMRU, DU, gan gynnwys y fanyleb.....	42
Tabl 4. Y buddion a'r cyfyngiadau priodol i'r technolegau addas i fonitro grwpiau rhywogaethau yn nyfroedd Cymru.....	55
Tabl 5. Costau dangosol gwahanol dechnegau arolwg ar gael.....	63
Tabl 6. Technoleg wedi'i osod ar y ddyfais CRhA a chostau cysylltiedig	66
Tabl 7. Dulliau a argymhellir o fonitro rhyngweithiadau anifeiliaid gyda dyfeisiau ynni llanw morol yng Nghymru am gofyniad swyddogaethol.....	85
Tabl A1.1. Rhestr o gysylltiadau sefydliadol.	Error! Bookmark not defined.
Tabl A2.1. Paramedrau modelu ddefnyddir am modelu risg cyfarfyddiad ac gwrthdrawiad	Error! Bookmark not defined.
Tabl A3.1. Rhestr o ddyfeisiau hanesyddo neu ar hyn o bryd neu wedi'i cynllunio MRE bydeang wedi'i osod. Dyfeisiau yn lliw coch yn dangos nad yw'r ddyfais naill ai wedi'i gosod ar hyn o bryd neu nad oes llawer o wybodaeth fonitro ar gael, mae gwyrdd yn nodi bod y ddyfais naill ai wedi'i gosod neu rhagor o wybodaeth am fonitro ar gael, safleoedd prawf yn lliw glas.	122
Tabl A4.1. Rhestr o ddyfeisiau a dyluniadau y gellid eu gosod yng Nghymru. ..	Error! Bookmark not defined.
Tabl A6.1. Crynodeb o'r lleoliadau lleoli, ffurfweddiadau offer mesur acwstig goddefol (PAM) a ddefnyddir ac math o mesur acwstig. Tabl wedi'i gymryd o adroddiad SOS (Hasselman et al.,2020).....	Error! Bookmark not defined.
Tabl A6.2. Crynodeb o'r chwe sonar delweddu a ddefnyddir amlaf ar gyfer monitro dyfeisiau ynni adnewyddadwy morol gyda manylebau cyffredinol. Tabl wedi'i gymryd o adroddiad SOS (Hasselman et al.,2020).	148
Tabl A6.3. Mathau safonol o gamerâu optegol a chydrrannau cysylltiedig ar gael i gynnal astudiaethau pysgodfeydd ger y môr ac mamaliaid morol. Tabl wedi'i gymryd o Hasselman et al. (2020).....	149

Rhestr o Ffigurau

Ffigur 1. Map o adnodd ynni llif llanw (o borth LLE) gyda safleoedd MRE llanw a thon (Ynni Adnewyddadwy Morol) presennol ac arfaethedig ac ardaloedd prawf trwyddedig o amgylch Cymru (data o gronfa ddata ynni morol y DU ac Ystad y Goron)..	Error! Bookmark not defined.
Ffigur 2. Coeden benderfynu ar anghenion monitro.....	Error! Bookmark not defined.
Ffigur 3. Trawsdoriad o Lagŵn Llanw Bae Abertawe. Delwedd o Tidal Lagoon Power....	Error! Bookmark not defined.

Ffigur 4. Cymhariaethau o ansawdd delwedd lliw SR205 a lluniau fideo unlliw (Hutchison et al., 2020).....	Error! Bookmark not defined.
Ffigur 5. Enghreifftiau o offer hydrophone, C-POD (chwith), SoundTrap (canol, o Copping et al., 2020) a chlwstwr hydrophone wedi'i adeiladu'n arbennig (dde, llun wedi'i dynnu o Hastie et al., 2018).	Error! Bookmark not defined.
Ffigur 6. Cymhariaeth o multibeam safonol yn erbyn darllediad Echoscope Coda Octopus (delwedd uchaf), enghreifftiau o ddelweddau Echoscope (delweddau gwaelod), wedi'u cymryd o Coda Octopus.....	Error! Bookmark not defined.
Ffigur 7. Llun o guillemot yn cynnwys cofnodydd data integredig, Ynys Puffin Ynys Môn (Emma-Louise Cole 2019).....	Error! Bookmark not defined.
Ffigur 8. Map o dderbynyddion Bae Abertawe, fel cylch allanol a chylch mewnol. Mae'r clwstwr gogleddol o dderbynyddion yn cael ei ddefnyddio ar hyd Afon Tawe.	48
Ffigur 9. Enghraifft o system fonitro integredig fel y disgrifir yn Polagye (2020) ar y chwith, a delwedd o ffrâm dan ddŵr FLOWBEC a ddefnyddir ar safle ynni llanw EMEC o Williamson et al. (2016).	Error! Bookmark not defined.
Ffigur 10. Derbynnnydd olrhain acwstig ac offer angori (chwith); bwiau is-wyneb a derbynnydd ar ôl 4 mis o leoli ym Môr Hafren (dde).....	Error! Bookmark not defined.
Ffigur A5.1. Ardaloedd sampl dangosol ar lanw'r Gwanwyn (wedi'u modelu gan ddefnyddio data o'r 15fed Rhagfyr 2020).....	145
Ffigur A5.2. Ardaloedd sampl dangosol ar lanw Neap (wedi'u modelu gan ddefnyddio data o 23 Rhagfyr 2020).....	14

1. Cyflwyniad

Pwrrpas yr adroddiad

Mae gan Gymru un o'r ystodau llanw mwyaf ac felly rhai o'r adnoddau llif llanw gorau yn y byd, gyda'r potensial i gynhyrchu ynni'n sylweddol a chyfrannu at ymrwymïadau y DU a Llywodraeth Chymru i drosglwyddo i economi carbon isel. Mae Llywodraeth Cymru yn gefnogol i'r sector Ynni Adnewyddadwy Morol (YAM) sy'n dod i'r amlwg ac yn cydnabod y rôl allweddol y gall IAM ei chwarae wrth helpu i gyflawni ei hymrwymïadau cyfreithiol i gyflawni allyriadau sero net erbyn 2050. Mae'r Cynllun Morol Cenedlaethol Cymru (Llywodraeth Cymru, 2019) yn cynnwys polisiâu penodol i gefnogi technolegau carbon isel sy'n darparu ynni adnewyddadwy morol cynaliadwy a buddion cymdeithasol ac economaidd i Gymru, gan barchu amgylchedd ac anghenion cymunedau lleol ar yr un pryd. Mae hyn yn nodi Ardaloedd Adnoddau posibl (RAS) am datblygiadau tonnau, gwynt a llif llanw (Ffigur 1).

Mae IAM yn ddiwydiant sy'n dod i'r amlwg ac er bod rhywfaint o waith daear wedi'i wneud yng Nghymru i ddarparu plattfform i'r sector dyfu, mae llawer i'w wneud o hyd er mwyn deall rhyngweithiadau posibl dyfeisiau llif y llanw ac ynni'r llanw ag anifeiliaid morol. Cydnabyddir risg gwrthdrawiad â thyrbinau llif llanw neu ystod llanw fel bwlch gwybodaeth strategol i mamaliaid morol, adar môr a physgod wrth asesu effaith IAM (ORJIP, 2020).

Er bod rhai tystiolaeth yn dod i'r amlwg (Adroddiad Cyflwr y Wyddoniaeth; Sparling et al., 2020, gwefan Tethys), ac yn ychydig o dyrbinau morol sy'n cael eu defnyddio ac yn weithredol, erys tystiolaeth ar raddau osgoi caeau (neu atyniad) pell ac agos at dyrbinau cyfyngedig. Maes allweddol lle mae tystiolaeth yn parhau i fod yn wael yw'r tebygolrwydd o wrthdrawiadau tyrbinau a rhywogaethau'n chwilota neu'n cludo ledled yr ardal, gan gynnwys mamaliaid morol, adar môr a physgod (ORJIP OE, 2020).

Mae'r diffyg data empirig yn creu ansicrwydd ynghylch rhyngweithiadau anifeiliaid â thyrbinau llanw gweithredol, a gall y risg wirioneddol a'r canfyddedig fod yn wahanol (Copping and Hemery, 2020). Mae'r diffyg tystiolaeth hwn yn arwain at ddulliau modelu rhagofalus, a allai ystumio amcangyfrifon yn sylweddol o'r tebygolrwydd y bydd llafnau tyrbinau neu effaith anaf. Felly, defnyddio technoleg i fonitro'r effeithiau a'r rhyngweithio rhwng tyrbinau llanw wedi'u gosod ac anifeiliaid morol, yn benodol mamaliaid morol, adar môr a physgod yn hanfodol i ddatblygu'r sylfaen dystiolaeth.

Ar gyfer datblygiadau IAM, mae'r broses gydsynio yn gofyn am fonitro llinell sylfaen i gefnogi ceisiadau rheoliadol, gan gynnwys rhagfynegiadau model. Consent conditions may also require post consent monitoring of key species. Mae hyn yn adlewyrchu ansicrwydd mewn rhagfynegiadau a'r angen i gasglu tystiolaeth i ddilysu neu gywiro rhagfynegiadau, cadarnhau cydymffurfriad â deddfwriaeth, ac adeiladu sylfaen dystiolaeth ehangach i lywio'r asesiad o geisiadau yn y dyfodol.

Mae Llywodraeth Cymru wedi comisiynu'r adolygiad hwn o offer a methodolegau monitro cyfredol a rhai sy'n dod i'r amlwg i nodi'r technolegau monitro sydd fwyaf addas ar gyfer monitro rhyngweithiadau rhwng anifeiliaid morol allweddol (morfilod, morloi, pysgod ac adar) ac adnewyddadwy llanw (nant ac ystod) datblygiadau ynni o amgylch Cymru.

Mae cwmphas y prosiect hwn yn adolygu gwybodaeth am ddulliau monitro a all gasglu tystiolaeth i danategu'r ystod o gymeradwyaethau sy'n ofynnol i adeiladu a gweithredu dyfeisiau ynni adnewyddadwy morol. Mae hyn yn cynnwys tystiolaeth i roi gwybod i'r Asesiad Effaith Amgylcheddol, Asesiad Rheoleiddio Cynefinoedd, asesiad Cyfarwyddeb Fframwaith Dŵr, cydsyniadau cynllunio a thrwyddedau morol. Diffinnir amcanion allweddol yn yr astudiaeth hon yng nghwmpas y prosiect ac yn cynnwys:

a) Adolygu methodolegau a thechnolegau monitro presennol a rhai sy'n dod i'r amlwg a ddefnyddir yn fyd-eang ac, yn y DU, (y Deyrnas Unedig) a all gofnodi rhyngweithiadau (gan gynnwys gwrthdrawiadau) rhwng rhywogaethau morol allweddol a dyfeisiau nentydd llanw. Yn darparu argymhellion ar y methodolegau a'r technolegau sydd fwyaf addas mewn amgylcheddau ynni uchel yn nyfroedd Cymru.

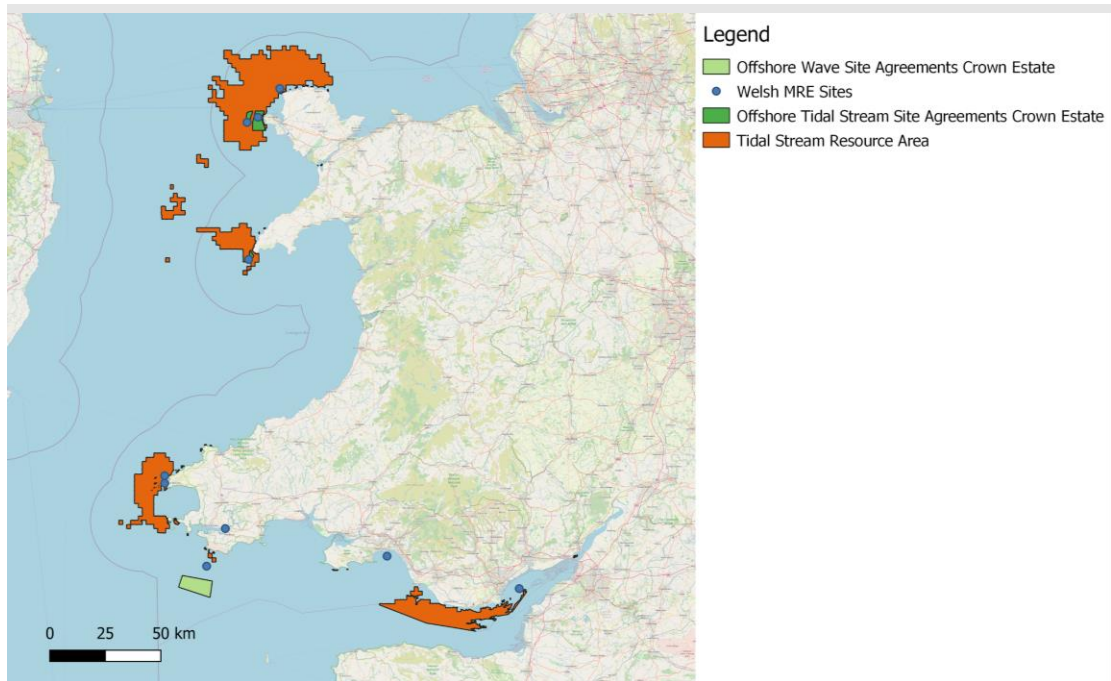
b) Darparu argymhellion ar gyfer technolegau y gellid eu datblygu ymhellach yn ddulliau monitro a nodi a oes technolegau a all cydberthynas ymddygiad rhywogaethau a symbyliadau tyrbinau (e.e. cyflymder, cyflymiad, sŵn, pwysau, cyflymder gronynnau).

c) Mathau o ddyfeisiau nentydd llanw sy'n debygol o gael eu defnyddio yn nyfroedd Cymru ac argymhell y technolegau mwyaf addas y gellid eu defnyddio i ganfod rhyngweithiadau ger anifeiliaid a chaeau pell gyda anifeiliaid. Dylid ystyried effeithiolrwydd y dechnoleg, yn ogystal â chost rhaglen fonitro. Hefyd, ystyriwch a yw'r technolegau monitro'n wahanol ar gyfer dyfeisiau gwely'r môr, dŵr canol a wyneb.

d) Ymchwilio posibilrwydd o gynyddu prosiectau nentydd llanw o ddyfeisiau sengl i araeau ar raddfa fawr, gan ddarparu argymhellion ar sut y gellid monitro'r rhain o bosibl ac unrhyw rwystrau posibl.

e) Nodi unrhyw fylchau yn ein gallu i fonitro rhywogaethau morol allweddol a darparu argymhellion ar gyfer mynd i'r afael â bylchau.

f) Yn gynnwys yn y ddogfen adolygu, cynhyrchu dabl sy'n crynhoi canfyddiadau'r adolygiad a fydd yn hawdd nodi'r methodolegau a'r technolegau, eu gallu a'u cyfyngiadau wrth fonitro rhywogaethau morol allweddol.



Ffigur 1. Map o adnodd ynni llif llanw (o borth LLE) gyda safleoedd YAM llanw a thon (Ynni Adnewyddadwy Morol) presennol ac arfaethedig ac ardaloedd prawf trwyddedig o amgylch Cymru (data o gronfa ddata ynni morol y DU ac Ystad y Goron).

Cyd-destun deddfwriaethol

Mae datblygiadau YAM yn gofyn am ystod o gydsyniadau gan reoleiddwyr i alluogi adeiladu yn llawn, gweithredu a prosiectau datgomiynu. Cyn y cydsyniadau cymeradwyo rhaid i'r rheoleiddiwr gynnal sawl asesiad technegol, er enghraifft Penderfyniad Cydsyniad Asesiad Effaith Amgylcheddol, Asesiad Rheoleiddio Cynefinoedd, ac Asesiad Cydymffurfiaeth Fframwaith Dŵr i fodloni rhwymedigaethau cyfreithiol. Mae angen sylfaen dystiolaeth gymesur i danategu'r cydsyniadau hyn ac i gyflawni'r rhwymedigaethau cyfreithiol a nodir mewn deddfwriaeth megis Rheoliadau Cadwraeth Cynefinoedd a Rhywogaethau 2017 (fel y'i diwygiwyd). Am fanylion pellach gweler gwefan CNC.

Rhywogaethau allweddol o famaliaid morol (dolffiniaid trwyn potel *Tursiops truncatus*, llamhidydd harbwr *Phocoena phocoena*, morloi llwyd *Halichoerus grypus*) adar y môr (Manx shearwaters *Puffinus puffinus*, great-Northern diver *Gavia immer*, a red-throated diver *Gavia stellata*) a physgod (llysywen y môr *Petromyzon marinus*, shad twaite *Alosa fallax*, shad allis *Alosa alosa*, ac eog yr Iwerydd *Salmo salar*). Mae mamaliaid morol, adar môr a physgod yn cael eu gwarchod o dan amrywiol ddeddfwriaeth. rhoddir amddiffyniad iddynt trwy ystod o ddeddfwriaeth y DU a Chymru megis Rheoliadau Cadwraeth Cynefinoedd a Rhywogaethau 2017 (fel y'i diwygiwyd), Deddf Bywyd Gwyllt a Chefn Gwlad 1981 a Deddf yr Amgylchedd (Cymru) 2016, ac am y rheswm hwn mae'n rhaid i ddatblygwyr a rheoleiddwyr sicrhau cydymffurfio â gofynion deddfwriaethol pob un.

Mae mwy o wybodaeth am y gofynion deddfwriaethol yng Nghymru i'w gweld yma: [nodyn canllaw CNC](#).

2. Ymagwedd

Mae'r dull yr ydym wedi'i gymryd tuag at yr adolygiad hwn yn dwyn ynghyd wybodaeth bresennol gan ystod o ymchwilwyr ym Mhrifysgol Abertawe, ynghyd â thystiolaeth llenyddiaeth a chyfweiliadau.

Chwiliadau gwefan cychwynnol sy'n cydrannau sail elfen adolygiad llenyddiaeth yr adroddiad hwn gan ABPmer ac Cyfoedd Naturiol Cymru (CNC). Rydym wedi ategu'r dull hwnnw gyda gwaith ychwanegol, gan gynnwys chwiliadau o wefan Tethys, cyfweiliadau gyda academyddion eraill, cyflenwyr offer, ymgynghorwyr a datblygwyr, yn ogystal ag adolygiadau o Asesiadau Effaith Amgylcheddol diweddar a gynhaliwyd datblygiadau YAM yng Nghymru.

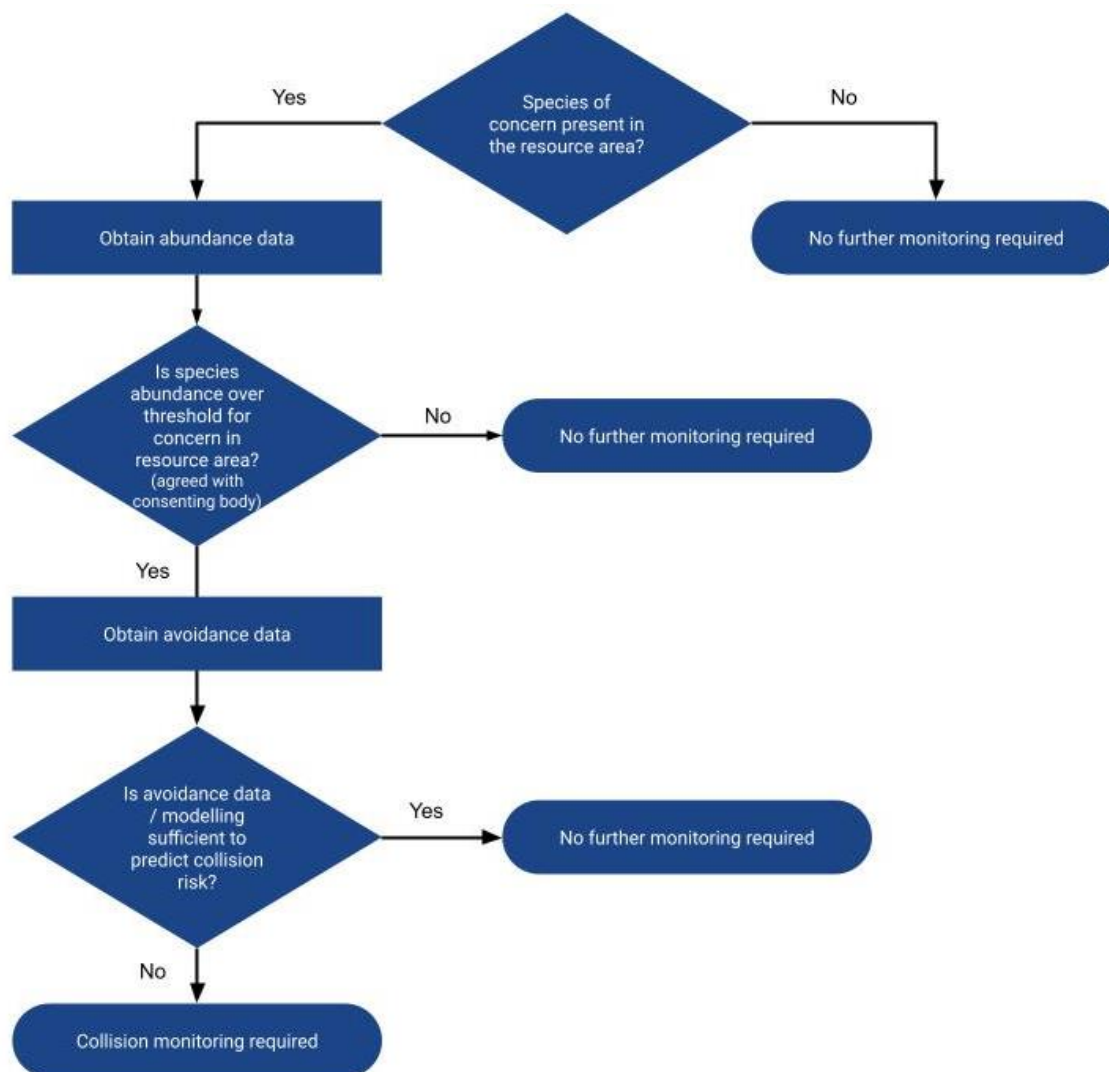
Yr sefydliadau a'r unigolion yr ydym wedi siarad â hwy yn Atodiad 1.

Mae strwythur yr adroddiad hwn yw:

- Cyflwyniad ac agwedd at yr adolygiad hwn (adrannau 1 a 2)
- Bylchau mewn tystiolaeth (adran 3)
- Mathau a nodweddion dyfeisiau (adran 4)
- Rhywogaeth adnabod sydd fwyaf tebygol o fod yn berthnasol mewn asesiadau o effeithiau YAM yng Nghymru (adran 5)
- Adolygiad o offer a dulliau monitro ac addasrwydd ar gyfer gwahanol grwpiau rhywogaethau (adran 6).
- Archwilio costau gwahanol technoleg a dulliau monitro (adran 7).
- Trafodaeth a chasgliadau gan gynnwys heriau, y fethodolegau a ffefrir, effeithiau gwahanol fathau o ddyfeisiau a araeau dyfeisiau (adran 8).
- Argymhellion (adran 9).

3. Bylchau tystiolaeth

Er mwyn deall y gofynion monitro ac offer, mae angen i ni ddeall y prosesau gwneud penderfyniadau a'r bylchau tystiolaeth allweddol. Gellir broses benderfynu yn ystyried i ddiffinio gofynion monitro ar gyfer rhyngweithio tyrbinau yn gyfres hierarchaidd o benderfyniadau (Ffigur 2).



Ffigur 2. Coeden benderfynu ar gyfer penderfynu ar anghenion monitro.

ORJIP OE

Mae'r bylchau tystiolaeth allweddol wedi'u cysylltu'n uniongyrchol â'r hierarchaeth penderfyniadau a ddisgrifir uchod ac maent yn cynnwys diffyg data sylfaenol strategol (dosbarthiad, digonedd, tymhorol ac ati), ymddygiad / cyfraddau osgoi a risg gwrthdrawiad. Mae'r rhain yn alinio yn uniongyrchol â'r bylchau tystiolaeth strategol i mamaliaid morol, adar môr a physgod a nodwyd gan ORJIP OE (2017, 2020). Mae ORJIP OE yn nodi bod data pellach ar boblogaethau rhywogaethau symudol, yn enwedig y rhai sy'n gymwys i amddiffyn rheoleiddio cynefinoedd, yn cynorthwyo modelu poblogaeth a'r ddealltwriaeth o effeithiau, gan wella hyder yn AEA / HRA. Mae blaenoriaethau ymchwil ORJIP OE (2020) sy'n berthnasol i gwmpas y prosiect hwn, yn cynnwys neu'n awgrymu'r gofynion tystiolaeth canlynol mamaliaid

morol, adar môr a physgod, (gweler Anghenion Tystiolaeth Feirniadol, Tabl A1, ORJIP OE 2020). Rydym wedi mynegi'r rhain fel Gofynion Swyddogaethol (FR):

FR1. Rhywogaeth presenoldeb neu absenoldeb yn ardal datblygiad a digonedd neu gyfran y poblogaethau allweddol o rywogaethau sydd mewn perygl yn yr ardal adnoddau.

FR2. Patrymau deiliadaeth, dosbarthiad graddfa llethr ac ymddygiad rhywogaethau symudol mewn cynefinoedd nentydd llanw.

FR3. Rhyngweithiadau ger caeau monitro ymddygiad osgoi a gwrthdrawiadau. Gan gynnwys amllder, natur, a chanlyniad rhyngweithio ger y cae rhwng rhywogaethau symudol a thyrbinau llanw, ymatebion a chyfraddau osgoi.

FR4. Data ymddygiadol ar gyfer gwahanol rywogaethau megis cyflymderau nofio (gan gynnwys cyflymderau byrstio) a defnyddio dyfnder.

FR5. Yn deall canfyddiad synhwyrdd ac ymatebion agos at gaeau i dyrbinau llanw, gan gynnwys canlyniad ymddygiadol sŵn, i symud y tu hwnt i ddefnyddio clywadwyedd fel dirprwy ar gyfer ymateb ymddygiadol.

Modelu

O ystyried yr heriau logistaidd o ran casglu ymddygiad anifeiliaid morol yn agos at ddyfeisiau tyrbinau yn y maes, mae ymgynghorwyr fel arfer yn defnyddio dull modelu ar gyfer yr amrywiol asesiadau amgylcheddol sy'n ofynnol, gan ddilyn yr egwyddor ragofalus lle mae data'n absennol (Horne et al., 2021). Mae modelau yn caniatáu rhagweld amcangyfrif o nifer yr unigolion o wahanol rywogaethau a allai wrthdaro â dyfais tyrbinau. Fodd bynnag, gall defnyddio rhagdybiaethau rhagofalus ystumio casgliadau ac o bosibl gwneud penderfyniadau.

Mae modelu ei hun y tu allan i gwmpas sylfaenol yr adroddiad hwn ac mae dulliau modelu wedi'u crynhoi gan Marine Scotland (2016) ac ABPmer (2020). Mae modelu, fodd bynnag, yn bwysig i ystyried anghenion monitro, gan gynnwys osgoi ac effeithiau streiciau tyrbinau, gan fod gofynion monitro yn cael eu gyrru'n rhannol gan y paramedrau sy'n ofynnol gan y fodelau gwahanol. Mae'r paramedrau sy'n ofynnol yn bwysig i helpu i nodi gofynion monitro mewn adrannau diweddarach ac yn crynhoi yn Atodiad 2.

4. Dyfeisiau a nodweddion

Crynhir y nifer cynyddol o ddyfeisiau a ddefnyddir ledled y byd yn Atodiad 3, wedi'u haddasu o ABPmer (2020), gyda gwybodaeth ychwanegol o wefan Tethys. Mae Tabl 2 yn crynhoi'r dyfeisiau llif llanw sy'n cael eu hystyried ar hyn o bryd i'w defnyddio yn nyfroedd Cymru.

4.1. Llif llanw

Dyfeisiau llif llanw y bwriedir eu defnyddio yng Nghymru yn adlewyrchu'n fras yr ystod o ddyfeisiau a ddefnyddir yn ehangach a gellir eu grwpio yn dri phrif fath:

- Dyfeisiau lleoliad sefydlog wedi'u gosod ar lawr gwaelod / môr.
- Tyrbinau arnofiol, yn gweithredu yn bennaf tuag at yr wyneb.
- Midwater devices such as the tidal kite operated by Minesto.

Gall y dyfeisiau tyrbinau arnofio a gosod ar y gwaelod naill ai fod yn dyrbinau 'traddodiadol' sydd wedi'u gogwyddo'n llorweddol, gyda llafnau gwrthio yn cael eu gyrru gan y llif cyfredol, neu ddyluniadau â llafnau hydrokinetig, sydd â gogwydd fertigol, ond gyda y ddau chydannau llafn symudol. Mae Atodiad 4 yn cynnwys lluniau o wefannau datblygwyr i alluogi delweddu'r gwahanol fathau o ddyfeisiau.

Mae dau ddyluniad 'outlier', Keel Cinetig y Lleuad Fawr, a Barcud Llanw Minesto.

Am yr cilbren cinetig y Lleuad Fawr, mae uned y tyrbinau yn eistedd ar y lan, ac mae'r egni'n cael ei greu gan long sydd wedi'i chynllunio i gael llusgo uchel yn y dŵr. Trosglwyddir egni i'r generadur trwy gebl sy'n troi drwm ar y tir wrth i'r llong symud tuag at ac i ffwrdd o'r tir gyda'r llanw. Achos nad oes tyrbinau yn y dŵr, mae'r effeithiau ar y rhywogaeth sy'n peri pryder yn debygol o fod yn fach iawn, ac nid ydym yn trafod monitro'r ddyfais hon ymhellach.

Dyfais ganol dŵr newydd yw barcud llanw Minesto sy'n meddiannu gwahanol ardaloedd gofodol ar wahanol daleithiau a chyflymder llanw.

Mae adroddiad Cyflwr y Sector 2020 Ynni Morol Cymru (MEW) 2020: Buddion Economaidd i Gymru yn amlygodd dyfeisiau ynni llanw sydd naill ai'n cael eu defnyddio ar hyn o bryd neu sydd wedi dangos diddordeb mewn defnyddio yng Nghymru. Mae Tabl 2 isod yn dangos yn benodol ddyfeisiau llif llanw a amlygwyd yn yr adroddiad hwn.

4.2. Amrediad llanw

Cynigion amrediad llanw wedi'u datblygu neu'n cael eu datblygu ar gyfer arfordiroedd De Cymru a Gogledd Cymru. Y datblygedig mwyaf o'r cynigion hyn yw'r dyluniad ar gyfer Morlyn Llanw arfaethedig Bae Abertawe (Ffigur 3), lle mae cais am drwydded forol yn parhau i gael ei benderfynu. Mae hwn yn gynnig am cynllun peilot, cyn defnyddio'r dechnoleg yn ehangach.



Ffigur 3. Trawsdoriad o Lagŵn Llanw Bae Abertawe. Delwedd o Tidal Lagoon Power.

Mae cynigion amrediad y llanw yn creu cronni, neu forlyn, gyda strwythurau tyrbinau wedi'u hymgorffori yn y wal gronni. Yn dibynnu ar y dyluniad, gellir defnyddio'r tyrbinau i gynhyrchu ynni ar y llanw llifogydd a thrai, gyda rhywfaint o'r mewnlif yn ystod y llifogydd yn cael ei gyfeirio trwy'r tyrbinau, a'r dŵr cronnus yn cael ei ryddhau yn ystod y cyfnod trai trwy'r tyrbinau.

Ar gyfer y rhan fwyaf o'r cylch gweithredu mae gwahaniaeth pen hydrostatig rhwng y croniad a dŵr agored, sy'n gyrru'r tyrbinau. O ganlyniad, mae dyluniadau'r tyrbinau yn wahanol i dyfeisiau ynni nant ystod y llanw ac hefyd yn tueddu i droelli'n gyflymach. Anifeiliaid sy'n pasio drwodd yn ddelio â gwahaniaeth pwysau, yn ogystal â risg uwch o streic tyrbinau.

Tabl 2. Dyfeisiau ynni llif llanw ar hyn o bryd neu i'w defnyddio o bosibl yng Nghymru.

Datblygwr	Model tyrbin.	Cynhwysedd (MW)	Disgrifiad tyrbin	Sylwadau ynghylch monitro	Dyddiad gosod	Lleoliad wedi'i gynllunio
Minesto	0.5MW Barcud Llanw Gwyrdd Dwfn	0.5MW (gynyddu i 10MW)	Barcud llanw.	Symud ym mhob awyren. Anodd arsylwi o leoliad sefydlog.	2018 & 2019	Caergybi, Ynys Môn
Nova Innovation	100KW tyrbin gwely'r môr	0.5MW (x5 100KW tyrbin)	Tyrbin safonol wedi'i osod ar y gwaelod gyda llafnau.	Gall uned sefydlog (angori) arsylwi ar sefydlog yn ei le.	N/A	Parth arddangos Bardsey Sound & Morlais
Orbital marine power	O2 2MW tyrbin llanw fel y bo'r angen	2MW	Llafnau tyrbin wedi'u gosod ar rychwantau ar long wyneb angor sefydlog.	Gallai atodi camerâu / dyfeisiau acwstig gweithredol i ochr isaf y llong, neu edrych i fyny o wely'r môr.	N/A	Parth arddangos Bardsey Sound, Ynys Môn
Verdant Power	Gen5 tyrbin gwely'r môr	30MW gan 2025-26	Tyrbin traddodiadol wedi'i osod ar wely'r môr gyda llafnau.	Gall uned sefydlog (angori) arsylwi ar sefydlog yn ei le.	anelu at 2022-23	Morlais demonstration Zone, Anglesey
BigMoon	Keel Cinetig	N/A	Generadur ar y tir wedi'i yrru gan long sydd ynghlwm wrth y generadur gan gebl.	Anodd mewn egwyddor oherwydd symudiad cychod. Yn debygol o beri llai o risg gwrthdrawiad posibl i fywyd gwyllt gan nad oes tyrbin.	N/A	Parth arddangos Morlais, Ynys Môn
Sabella	Tyrbin echel llorweddol gwely'r môr	N/A	Tyrbin traddodiadol wedi'i osod ar y gwaelod gyda llafnau.	Gellir arsylwi sefydlog yn ei le gan uned sefydlog (angori).	N/A	Parth arddangos Morlais, Ynys Môn
Instream Energy Systems	Arae arnofio - Tyrbinau hydrokinetig echelin fertigol (VAHTs)	1MW	Llwyfan wyneb gyda setiau o lafnau tyrbin hydrokinetig yn gweithredu ger yr wyneb o dan y plafform.	Trefniadau angori yn aneglur ond gallent fod yn lleoliad sefydlog neu'n symudol.	N/A	Parth arddangos Morlais, Ynys Môn

Datblygwr	Model tyrbin.	Cynhwysedd (MW)	Disgrifiad tyrbin	Sylwadau ynghylch monitro	Dyddiad gosod	Lleoliad wedi'i gynllunio
HydroQuest	N/A	N/A	Uned wedi'i gosod ar wely'r môr gyda 2 set o lafnau fertigol yn cylchdroi o amgylch echel ganolog wedi'i gosod yn fertigol.	Uned sefydlog sengl wedi'i defnyddio am 2 flynedd yn Ffrainc. Arae 7 uned wedi'i chynllunio ar gyfer Ras Blanchard fel rhan o brosiect TIGER	N/A	Parth arddangos Morlais, Ynys Môn
Aquantis	Tyrbin arnofio	N/A	Llafn tyrbin sengl ar spar ynghlwm wrth long wedi'i hangori. Mae'n ymddangos bod y llong yn sefydlog yn ei lle.	Gallai atodi camerâu / dyfeisiau acwstig gweithredol i ochr isaf y llong, neu edrych i fyny o wely'r môr.	N/A	Parth arddangos Morlais, Ynys Môn
Sustainable Marine Energy	PLAT-O, PLAT-I. Tyrbin llanw arnofiol a chanol dŵr.	N/A	Llestr angori, spar (au) pivotio sy'n siglo i lawr i ddefnyddio llafn tyrbin islaw (y tu ôl i'r llong. Mae'r llong yn dilyn y llanw wrth angori, felly heb ei osod yn ei lle.	Mae cychod yn symud, felly byddai angen i gamera / acwsteg weithredol fod ar fwrdd y llong.	N/A	Parth arddangos Morlais, Ynys Môn
Magallanes renovables	Tyrbin arnofio	N/A	Llafnau tyrbin dwbl wedi'u gosod o dan long wedi'i hangori. Mae'n ymddangos bod llong yn sefydlog yn ei lle (wedi'i hangori ar y ddau ben).	Gallai atodi camerâu / dyfeisiau acwstig gweithredol i ochr isaf y llong, neu edrych i fyny o wely'r môr.	N/A	Parth arddangos Morlais, Ynys Môn.
Cambrian Offshore South West Ltd. (TIGER project)	DeltaStream tyrbin gwely'r môr	N/A	Tyrbin traddodiadol wedi'i osod ar y gwaelod gyda llafnau.	Wedi'i osod yn ei le a gellir ei arsylwi gan uned sefydlog (angori).	2022	Ramsey Sound

5. Rhywogaethau o amgylch Cymru

Mae'r grwpiau rhywogaethau sydd o fewn cwrpas yr adolygiad hwn yn cynnwys mamaliaid morol, adar môr a physgod. Yn pennu gofynion monitro ac amodau cydsynio, bydd angen i reoleiddwyr benderfynu, yn seiliedig ar AEA, HRA a cheisiadau trwydded, beth sy'n rhesymol ac yn gymesur (neu'n ofynnol yn gyfreithiol), ar gyfer unrhyw gais penodol.

Mae hanes bywyd y rhywogaethau hyn yn pennu lefel y risg y gallai dyfeisiau ynni llif llanw ac ystod llanw ei achosi. Ym mhob un o'r grwpiau hyn gall gwahanol rywogaethau ddangos amrywiad sylweddol mewn ymddygiad, fydd yn effeithio y ofynion monitro a chymhwysedd gwahanol offer monitro. Am y rheswm hwnnw, rydym yn crynhoi rhai pwyntiau allweddol yma.

5.1. Mamaliaid Morol

O amgylch arfordir Cymru, mae'r rhywogaethau mwyaf cyffredin o famaliaid morol yn cynnwys pum morfilod: llamhidydd yr Harbwr *Phocoena phocoena*, dolffin trwyn potel *Tursiops truncatus*, dolffin cyffredin pig-byr *Delphinus delphis*, dolffin Risso *Grampus griseus*, morfil Minke *Balaenoptera acutorostrata*, ac un rhywogaeth pinniped Sêl lwyd *Halichoerus grypus* (Baines ac Evans, 2012). Yr rhywogaethau sydd fwyaf tebygol o fod angen eu hasesu mewn safleoedd nentydd tonnau a llanw o amgylch Cymru yw llamhidyddion harbwr, dolffiniaid trwyn potel a morloi llwyd gan mai nhw yw'r mwyaf niferus a'r unig rywogaeth ddynodedig Atodiad II o dan y Rheoliadau Cadwraeth Cynefinoedd a Rhywogaethau 2017 sy'n ei gwneud yn ofynnol i lywodraeth y DU wneud hynny adrodd ar eu statws ac amddiffyn rhag gweithgareddau a fyddai'n arwain at statws cadwraeth llai na ffafriol. Mewn rhai dolffiniaid RA penodol a gall dolffiniaid Risso fod yn bresennol (Sparling et al., 2015) a gwelwyd morfilod Minke yn rheolaidd yn RA gan gynnwys Strumble Head a Ramsay Sound.

Gellir gwerthuso presenoldeb mamaliaid morol gan ddefnyddio arolygon gweledol wrth iddynt ddod i'r wyneb yn rheolaidd i anadlu.

O safbwynt monitro, mae rhai gwahaniaethau sylweddol fel:

- Mae morloi llwyd yn tynnu allan yn rheolaidd sy'n eu galluogi i gael eu harolygu (cyfrif morloi ifanc ac oedolion), ond mae hefyd yn caniatáu cipio i gymhwyso tagiau, gan gynnwys pecynnau lloeren, GPS a synhwyrdd. Nid yw'r dull hwnnw ar gael ar gyfer morfilod oherwydd risg i'r anifail ac ymchwilwyr dan cipio.
- Lleisiau morfilod o dan y dŵr, ac felly gellir canfod eu presenoldeb a'u lleoliad trwy ddefnyddio monitro acwstig goddefol, er bod cyfradd y galwadau yn amrywio rhwng rhywogaethau gan fod rhai (e.e. llamhidydd harbwr) yn lleisio bron yn barhaus, tra nad yw rhywogaethau eraill fel y morfilod baleen yn gwneud hynny. Nid yw PAM yn berthnasol i forloi.

5.2. Adar y môr

O'r rhywogaethau adar môr sy'n bresennol ac yn bridio yng Nghymru, mae'r rhai sy'n fwy tebygol o ddod ar draws a rhyngweithio â thyrbinau llanw ar wely'r môr yn adar deifio dyfnach, fodd bynnag, gallai ystod eang o adar ddod ar draws dyfeisiau wedi'u gosod ar yr wyneb, gan gynnwys y rhai sy'n perfformio plymiadau bas neu'n bwydo ar y wyneb dwr.

Anaml y bydd rhywogaethau sy'n dangos defnydd cyfyngedig o amgylcheddau nentydd llanw ac adar plymio bas (fel gwylanod *Laridae*, petrel *Procellariidae*, a hwyaid deifio *Anatidae*) yn plymio i ddyfnderoedd gweithredol dyfeisiau wedi'u gosod ar wely'r môr mewn llai o risg o ryngweithio ag egni llif llanw. Nid yw rhywogaethau plymio (y hugan ogleddol *Morus bassanus*, a môr-wenoliaid y môr *Sterna sp.*) yn teithio'n bell yn llorweddol trwy'r dŵr, gan gyfyngu ar eu risg o ddod ar draws dyfeisiau wedi'u gosod ar wely'r môr a'r rhai sy'n cael eu defnyddio ar yr wyneb. Mae rhywogaethau plymio yn dibynnu'n fawr ar giwiau gweledol i ganfod ysglyfaeth uwchben wyneb y dŵr (Capuska et al., 2012) ac felly nid ydyn nhw mor debygol o chwilota a dod ar draws dyfeisiau sydd wedi'u gosod ar yr wyneb neu wedi'u hangori ar nodweddion sefydlog lle mae rhwystrau amlwg. Gall gwylanod yrru pellteroedd byr o dan y dŵr (Capuska et al., 2012); felly, mae senario lle gallant ddod ar draws dyfais sydd wedi'i lleoli'n agosach at yr wyneb yn ystod cam mynd ar drywydd plymio lle gallai'r anifail fod wedi lleihau gwelededd neu'r gallu i osgoi rhwystrau neu symud y cerrynt dandwr. Pan fydd tyrbinau wedi'u gosod yn uniongyrchol o dan strwythur yr wyneb neu'r llong, maent yn llai tebygol o ryngweithio â'r rhain yn uniongyrchol ond gallent o bosibl gael eu cludo'n oddefol tuag at y llafnau yn ystod cyfnodau penodol o ddeifio.

Y rhywogaeth sy'n peri pryder oherwydd eu digonydd yn ardaloedd adnoddau Cymru, ac felly'r rhai sydd â thebygolrwydd uwch o ryngweithio â dyfais ynni llanw yw auks *Alcidae*, mulfrain a shags *Phalacrocoracidae*, shearwaters *Procellariidae*, deifwyr *Gaviidae*, a hwyaid môr (teuluoedd amrywiol). Yn benodol, y rhywogaethau yn cael ei ystyried risg fwyaf yw gwylogod cyffredin *Uria aalge*, razorbill *Alca torda*, pâl yr Iwerydd *Fratercula arctica*, mulfran mawr *Phalacrocorax carbo*, shag Ewropeaidd *Phalacrocorax aristotelis*, Manx shearwater *Puffinus puffinus*, great northern gannet *Gavia immer*, red-throated diver *Gavia stellata*, common scoter *Melanitta nigra*. Efallai y bydd goblygiad mawr i boblogaethau bridio bach Gymru y gwylogod du *Cepphus grylle*, a'r common eider *Somateria mollissima* (Furness et al., 2012). Mae'r rhywogaethau uchod i gyd yn gallu plymio i ddyfnderoedd sy'n fwy na 10 m, gyda sawl plymiad sy'n perfformio'n rheolaidd yn fwy na 30 m, pob un yn dewis chwilota mewn amgylcheddau nentydd llanw. Mae hyn yn golygu rhywogaethau yn debygolrwydd uwch yn gynhenid o ddod ar draws tyrbinau wedi'i osod ar wely'r môr neu ddyfais tonnau ar yr wyneb wrth chwilota mewn ardaloedd o orgyffwrdd gofodol.

Mae adar môr yn system astudio sydd wedi'i hymchwilio'n dda; mae data cyfrifiad a choladu astudiaethau olrhain yn darparu tystiolaeth ddiamwys sy'n disgrifio eu dosbarthiad morol a graddfa'r gorgyffwrdd gofodol 2-D ag ardaloedd adnoddau llanw. Dosraniadau adar môr a mannau problemus chwilota cyffredinol yn cael eu gwerthuso'n gyffredin trwy arsylwadau gweledol neu drwy drawslluniau wedi'u seilio ar longau. Mae canlyniadau'r dulliau yn rhoi consensws ynghylch graddfa'r gorgyffwrdd wrth ddefnyddio'r gofod. Gwerthuso'r risg

gwrthdrawiad wirioneddol i rhywogaethau adar sy'n plymio yn parhau i fod yn flaenoriaeth graidd i ddatblygwyr ac ymchwilwyr; mae arloesi yn y defnydd o gofnodwyr data soffistigedig a gludir gan anifeiliaid yn un o'r ffyrdd y gallwn ddechrau adeiladu data empeiraidd i helpu i lywio Modelau Risg Gwrthdrawiad (MRG) ac asiantau. Mae angen arolygon lleol o ardaloedd adnoddau i bennu digonedd cymharol neu absoliwt o adar sy'n bresennol a dylid datblygu protocol addas ar gyfer YAM sy'n adlewyrchu'r hyn sy'n ofynnol ar gyfer gwynt ar y môr e.e., 2 flynedd o arolygon sylfaenol ar draws pob tymor ynghyd â chasglu data pellach ar gyfnodau am flynyddoedd lle mae dyfeisiau'n weithredol. Ychydig o ddata sy'n bodoli sy'n dangos sut mae adar yn defnyddio'r amgylchedd tanddwr yn ystod plymio a sut y gall chwilota mewn amgylcheddau llanwol iawn ddylanwadu ar ymddygiad adar. Mae darparu mewnwelediad i sut mae adar yn dewis archwilio penodol mewn gynefinoedd micro mewn ardaloedd fras y llanw a sut maen nhw'n defnyddio'r amgylchedd tanddwr yn hanfodol i ddarparu data empirig i'r sector ei ddefnyddio. Ar hyn o bryd mae technegau mwy soffistigedig monitro, megis tagio, yn darparu'r dull mwyaf effeithiol ar gyfer delweddu ymddygiad tanddwr a chasglu'r potensial i ryngweithio ddigwydd rhwng adar a dyfeisiau ynni tanddwr.

5.3. Pysgod

Y prif rywogaethau pysgod sy'n peri pryder yw pysgod mudol, yn enwedig y rhai a ddiogelir gan Reoliadau Cadwraeth Cynefinoedd a Rhywogaethau (2017). Er gall rhywogaethau morol llawn gael eu heffeithio hefyd a gallant fod yn bryder yn AEA, mae'r rhain yn tueddu i fod â maint poblogaeth fawr ac yn aml maent yn cael eu hecsbloetio'n helaeth gan bysgodfeydd masnachol. Mewn cyferbyniad â rhywogaethau morol llawn, gall poblogaethau pysgod o amgylch Cymru ddangos ffyddlondeb i systemau afonydd penodol neu ardaloedd silio, gan arwain at boblogaethau cymharol fach, neu fel yn achos llysywen Ewropeaidd, fe'u hystyrir dan fygythiad ar y lefelau stoc cyfredol. Mae'r rhywogaethau hyn hefyd yn nodwyd yn laenoriaeth strategol gan ORJIP OE (2020) ac mewn adolygiad a gomisiynwyd gan CNC ac sy'n gysylltiedig â'r astudiaeth hon (Clarke et al., 2021a), mae CNC wedi nodi eog yr lwerydd (*Salmo salar*), brithyll y môr (*Salmo trutta*), shad allis a twaite (*Alosa Alosa* ac *Alosa fallax fallax*), afon ac môr lamprey (*Petromyzon marinus* L. a *Lampetra fluviatilis*), llysywen Ewropeaidd (*Anguilla anguilla*) a smelt/ sparkling Ewropeaidd (*Osmerus eperlanus*) fel blaenoriaethau. Yr adolygiad CNC (Clarke et al., 2021a) yn edrych ar hanes bywyd, ac opsiynau monitro ar gyfer y rhywogaethau hyn yn fanwl, gydag ail adroddiad (Clarke et al 2021b) yn canolbwyntio'n benodol ar ddefnyddio araeau derbynnydd ledled strategol Cymru, ynghyd ag tagio acwstig i nodi a meintioli dosbarthiad poblogaethau sentinel.

Mae eog yr lwerydd, brithyll y môr, llysywen Ewropeaidd, afon a môr lamprey, wedi'u dosbarthu'n eang o amgylch afonydd Cymru. Smelt / sparkling Ewropeaidd yn gyfyngedig i Ogledd Cymru (ond bod i'w cael mewn rhannau eraill o'r DU) a gwyddys eu bod yn silio yn Afon Conwy yn unig, tra bod shad twaite yn silio yn yr afonydd, Hafren, Usk, Gwy a Tywi, i gyd yn mynd i mewn yr Aber Hafren. Nid oes unrhyw boblogaethau silio hysbys o shad Allis yn afonydd Cymru, a dim ond un (yn afon Tamar) yng ngweddill y DU.

Yn wahanol i famaliaid morol ac adar y môr, nid yw'n hawdd pennu dosbarthiad pysgod o arsylwadau gweledol ar yr wyneb. Mae tystiolaeth sy'n disgrifio llwybrau ymufdo arfordirol a

dosbarthiad morol yr holl rywogaethau o amgylch Cymru, ac felly'r bregusrwydd posibl i ddatblygiadau YAM, yn gyfyngedig.

Mae eog yr Iwerydd, brithyll y môr a shad twaite i gyd yn dangos ffyddlondeb uchel i systemau afonydd, ac mae angen rheoli poblogaethau trwy ddalgylch. Mae'r tair rhywogaeth yn debygol o fudo trwy RA posib, wrth adael ac yn dychwelyd i systemau afonydd. Y ddwy rywogaeth eogiaid yn defnyddio dyfroedd wyneb ar gyfer mwyafrif eu hymfudiadau morol, ac felly maent yn debygol o fod yn fwy agored i ddyfeisiau. Fodd bynnag, ar adegau maen nhw'n gwneud deifio dwfn.

Mae llawer o shad twaite a brithyll y môr wedi goroesi silio ac yn mudo yn ôl i'r môr. Maent hefyd yn tueddu i fyw mewn dyfroedd arfordirol, mewn cyferbyniad ag eog yr Iwerydd sy'n mudo pellteroedd maith i diroedd bwydo. O ganlyniad i'r ddau ymddygiad, maent yn debygol o fod yn agored dro ar ôl tro i effeithiau YAM. Ar wahân i gysgodol ieuenctid (rhy fach) gellir tagio pob cam bywyd gyda thagiau acwstig.

Mae llysywen Ewropeaidd yn ymfudo, yn silio yn yr amgylchedd morol (Môr Sargasso) a chredir eu bod yn un stoc Ewropeaidd. Maent yn mudo trwy ddyfroedd arfordirol fel llyswennod gwydr, gan fynd i mewn i aberoedd ac afonydd i fwydo a thyfu. Maent yn mudo yn ôl i'r Sargasso fel llyswennod Arian ar ôl blynyddoedd lawer.

Mae llysywen yn silio ac yn datblygu mewn afonydd ond ni chredir eu bod yn dangos ffyddlondeb i systemau unigol (Moser et al., 2015). Nid oes dealltwriaeth ddigonol o ddosbarthiad morol ond mae'r dystiolaeth gyfyngedig sydd ar gael yn awgrymu y gallai lamprey afon aros yn agosach at afon eu geni na llamprey môr.

6. Offer monitro a dulliau gweithredu

Mae ystod o fathau o ddyfeisiau yn cael eu hystyried i'w defnyddio yng Nghymru. Yn gyffredinol, mae:

- Dyfeisiau lleoliad sefydlog wedi'u gosod ar lawr gwaelod / môr,
- Tyrbinau arnofiol, yn bennaf yn gweithredu tuag at y wyneb,
- Dyfeisiau dŵr canol fel y barcud llanw a weithredir Minesto.

Adran 8 yn trafod y dyfeisiau YAM hyn yn manylion pellach. Mae'r adran hon yn canolbwyntio ar yr offer monitro sy'n gyfredol neu'n dod i'r amlwg y gellid ei ddefnyddio i fonitro dyfeisiau yn nyfroedd Cymru.

Mae nifer o sefydliadau ymchwil yn ceisio datblygu offer monitro integredig i werthuso effeithiau YAM. Fodd bynnag, mae'r rhain yn gyffredinol yn parhau i fod yn offer arbrofol yn hytrach nag offer COTS. Hyd yma mae datblygwyr wedi ceisio gweithio gyda grwpiau ymchwil i ddatblygu offer o'r fath neu greu offer monitro pwrpasol gan ddefnyddio'r technegau monitro hysbys presennol

Mae'r adran hon yn nodi'r offer monitro y gellid eu defnyddio ar gyfer monitro cyn ac ar ôl cydsynio ac yn gwerthuso i ba raddau y mae'r offer hyn yn berthnasol yn amgylchedd Cymru i fynd i'r afael â'r gofynion swyddogaethol ar gyfer monitro. Ar lefel uchel mae'r rhain yn cynnwys offer ar gyfer gwerthuso dosbarthiad (yn ddaearyddol ac yn y golofn ddŵr) ac felly'r tebygolrwydd o ddod ar draws tyrbîn (llynyddiaeth, arolygon gweledol a dal, tagiau, eDNA) ac arsylwadau cae agos o osgoi a gwrthdrawiad (gweledol) ac arsylwadau acwstig o'r ddyfais; Monitro Acwstig Goddefol, anifeiliaid wedi'u tagio).

6.1. Offer arolwg gweledol

Y cam cyntaf wrth benderfynu a yw rhywogaeth mewn perygl o wrthdrawiad yw penderfynu a yw'n defnyddio'r ardal ddatblygu dan sylw ar wahanol gamau yn ei bywyd. Gall technegau fel arsylwadau gweledol o rywogaethau fel adar y môr a morfilod, neu ddalfeydd pysgod masnachol / ymchwil ddarparu tystiolaeth o bresenoldeb, ac o dan rai amgylchiadau digonedd posibl. Mae arsylwadau gweledol hefyd yn bwysig wrth ddilysu rhywogaethau ar gyfer mathau eraill o arsylwi. Mae dilysu o'r math hwn yn bwysig i ddatblygiad offer dosbarthu targed.

6.1.1. Mamaliaid morol

Mae arolygon arsylwi gweledol a gynhaliwyd gan arsylwyr mamaliaid morol (y cyfeirir atynt yn aml fel MMO) wedi'u cynnal ym mhob safle ynni llanw a chan bob prosiect hyd yma (ABPmer, 2020). Gellir cynnal y math hwn o arolwg o fan gwyllo ar y lan (ar y tir), ar y cwch neu ddefnyddio arolygon o'r awyr.

Gall arolygon pwyntiau gwyllo, yn enwedig arolygon ar y tir lle maent yn ymarferol, fod yn gymharol rhad i'w cynnal gan ganiatáu i sylfaen dystiolaeth sylweddol gael ei chasglu ac maent yn arbennig o ddefnyddiol ar gyfer safleoedd ynni llanw sy'n agos at arfordir hygyrch sy'n cynnig pwyntiau arsylwi strategol. Mae'r rhan fwyaf o arolygon gweledol ar y tir yn cynnwys sganiau gweledol mewn ardal maes golygfa a bennwyd ymlaen llaw (FOV) sy'n benodol i safle. Mae sganiau'n gofyn am o leiaf dau berson, un arsylwr, ac un recordydd. Byddai'r dull hwn yn gallu darparu rhywfaint o dystiolaeth o osgoi mamaliaid morol, er ei fod yn gyfyngedig i ymddygiad ar yr wyneb.

Yn gyffredinol, defnyddir arolygon cychod i gasglu presenoldeb sylfaenol a data digonedd ac fel rheol mae angen tîm mwy o arsylwyr gyda hyd at ddau arsylwr cynradd a dau arsylwr eilaidd i weld y mwyaf o weldiadau. Mae'r dull hwn yn darparu data dwysedd a gellid ei ddefnyddio i asesu osgoi lefel pell-cae.

Gall ymddangosiad Cerbydau Awyr Di-griw bach (UAVs) ddarparu opsiynau ar gyfer cynnal arolygon o'r awyr dros mannau poblogaidd ynni llanw. Defnyddiwyd Cerbydau Awyr Di-griw yn llwyddiannus ar gyfer arolygu niferoedd a meintiau morloi mewn safleoedd tynnu allan (Goebel et al., 2015; Seymour et al., 2017) ac fe'u treialwyd ar gyfer cyfrif cŵn bach morloi yn y Ynysoedd y Moelrhon (Ocean Ecology, 2018). Gellid defnyddio'r dull hwn o hyd ar gyfer safleoedd llanw i fapio lleoliadau wyneb mamaliaid morol (ac adar y môr) mewn perthynas â nodweddion hydrograffig (e.e., berwau, shearlines (Cole et al., anghyhoeddedig)). Yna gellir geo-gyfeirnodu arolygon fideo i roi safleoedd mwy cywir gyda safle'r llanw. Gan fod arolygon o'r math hwn yn rhatach, gellid cynnal nifer o arolygon. Fel rheol, mae arolygon Cerbydau Awyr Di-griw yn gofyn am un gweithredwr yn unig (pilot gyda thrwydded fasnachol) a gwylwr diogelwch.

Cyfngiad allweddol ar dechnegau fel technolegau acwstig gweithredol yw dosbarthu (adnabod rhywogaethau) y targedau a arsylwyd. Gall arsylwadau gweledol wedi'u stampio amser o forfilod neu forloi yn agos at dyrbinau lle mae arsylwadau'n cael eu cynnal gysylltu rhywogaethau a thraciau acwstig, gan ddarparu data uniongyrchol a darparu data y gellir ei ddefnyddio i wella technegau dosbarthu acwstig.

6.1.2. Adar y môr

Defnyddir arolygon pwyntiau gwyllo (arsylwi gweledol), arolygon o'r awyr ac yn ddiweddar, Cerbydau Awyr Di-griw, i asesu presenoldeb / absenoldeb adar mewn ardaloedd adnoddau llanw a gallant ddarparu gwybodaeth ychwanegol ar ddefnyddio gofod gynefin. Defnyddir arolygon trawslun trwy long yn aml i gasglu data presenoldeb / absenoldeb a nodi safleoedd chwilota allweddol ar raddfa eang lle mae nifer fawr o adar yn cael eu cofnodi yn plymio (Waggitt et al., 2014).

Gall arolygon o'r awyr hefyd ddarparu gwybodaeth gywir am ddosbarthiad unigolion dros ardaloedd mawr (Camphuysen et al., 2004); fodd bynnag, mae costau'r dechneg hon yn golygu mai ychydig o arolygon sy'n tueddu i gael eu cynnal bob tymor, gan gyfyngu ar y gallu i fonitro newidiadau yn y defnydd o ofod dros amser.

Mae technegau sy'n caniatáu nodi pwyntiau mynediad ac allanfa unigol yn caniatáu nodi defnydd gofod tanddwr (Cole, 2020). Gellir hefyd gysylltu data mynediad ac allanfa â data arall fel olrhain acwstig gweithredol, gan alluogi cysylltu rhywogaethau id a phroffil acwstig gweithredol.

Offerynnau a ddefnyddiwyd yn wreiddiol ar gyfer arolygu tir yw theodolita ac fe'u defnyddiwyd hefyd ar gyfer olrhain anifeiliaid (Piersma et al., 1990; Bailey & Thompson, 2006). Mae'r dull hwn o olrhain anifeiliaid yn caniatáu adnabod unigolion ac, mewn rhai achosion, eu dewis yn ôl rhywogaeth neu ymddygiad. Gellir dilyn unigolion hefyd, gan ganiatáu i ddefnyddwyr ail-greu traciau symud (Bailey & Thompson, 2006). Mae theodolita yn gymharol syml o ran casglu a phrosesu data (mewn perthynas â data radar, er enghraifft). Gallant hefyd ddarparu lleoliadau â chywirdeb a manwl gywirdeb uchel o'u cymharu ag arolygon tir neu forwrol sy'n defnyddio gridiau i ddyrannu arsylwadau i ardaloedd daearyddol. Mae theodolita traddodiadol yn mesur onglau azimuth a drychiad ac nid ydyn nhw'n mesur pellter yn uniongyrchol. Os yw uchder yr arsylwr yn hysbys, o'i gymharu â'r targed, gellir defnyddio theodolit sengl i ddeillio safle 2-D gwrthrych ar isel-haen fflat (McCormack, 1991). Fel arall, mae angen system theodolit ddeuol i ddeillio safle 3-D y targed (Tucker & Schmidt-Koenig, 1971).

Mae theodolita traddodiadol yn mesur onglau azimuth a drychiad ac nid ydyn nhw'n mesur pellter yn uniongyrchol. Os yw uchder yr arsylwr yn hysbys, o'i gymharu â'r targed, gellir defnyddio theodolit sengl i ddeillio safle 2-D gwrthrych ar isel-haen fflat (McCormack, 1991). Fel arall, mae angen system theodolit ddeuol i ddeillio safle 3-D y targed (Tucker & Schmidt-Koenig, 1971). Gall dulliau statig anfewnwrthiol eraill fel olrhain fideo 3-D esgor ar gywirdeb tebyg gyda mwy o ddatrysiad amserol na theodolita (gall gwall lleoliadol olrhain fideo 3-D fod

y chydig centimetrau ar ystodau agosach), ond mae'r rhain wedi'u cyfyngu i ystodau hyd at y chydig gannoedd o fetrau (Cavagna, et al., 2008; De Margerie, et al., 2015; Evangelista, et al., 2017). Mae'r system hon bellach wedi'i seilio ar beiriant rhychwant laser wedi'i ymgorffori mewn pâr o ysbïenddrych Vector 21 (Pennycuick et al. 2013), sy'n mesur pellteroedd yn uniongyrchol ac yn darparu gwell cywirdeb a manwl gywirdeb. Datblygwyd y system hon yn benodol i feintioli cyflymder adar, a dim ond yn ddiweddar iawn y cafodd ei defnyddio i archwilio dosbarthiad anifeiliaid (Hedenström & Åkesson, 2016; Shepard et al., 2016).

Mae'r Ornithodolite Fector (VOD) yn cyfuno theodolit â rhychwant laser gradd uchel sy'n galluogi gosod safle yn gywir iawn. Cole et al. (2019) wedi casglu data yn Ramsey Sound, Sir Benfro, y DU, lle mae tyrbîn llanw wedi'i osod ar hyn o bryd ond yn anweithredol (Evans et al., 2015). Roedd hyn yn caniatáu archwilio'r ffactorau sy'n effeithio ar ddefnydd gofod mân adar môr yn plymio mewn amgylchedd llanw hynod ddeinamig. Defnyddiwyd efelychiadau model rhifiadol hydrodynamig o lifau cyfredol yn y Sain i ymchwilio i'r amodau y mae adar yn eu dewis wrth chwilota am fwyd ac a oeddent yn manteisio ar rai nodweddion cyfredol a allai fel arall ddylanwadu ar eu tebygolrwydd o feddiannu'r un gofod â'r ddyfais DeltaStream sydd wedi'i gosod.

6.1.3. Pysgodyn

Er bod arolygon gweledol yn cael eu defnyddio'n helaeth i sefydlu dosbarthiad cyffredinol ac ardaloedd a ddefnyddir gan adar môr a morfilod, prin yw'r gwerth iddynt ar gyfer pysgod, nad ydynt i'w gweld yn aml o'r wyneb, yn enwedig gyda'r gwelededd tanddwr cyfyngedig a geir o amgylch Cymru. Mae'r offer arolwg cyfatebol ar gyfer pysgod fel arfer yn cynnwys dal uniongyrchol. Darperir disgrifiad helaethach o ddulliau dal ar gyfer y rhywogaeth o ddiddordeb gan Clarke et al. (2021).

I sefydlu arolygon sylfaenol o ardaloedd môr agos a phell i ddangos presenoldeb / absenoldeb pysgod cyn ac ar ôl gweithredu isadeileddau tyrbinau llanw trwy ddefnyddio technegau Fideo Tanddwr Anghysbell (BRUV) nad ydynt yn ddinistriol / heb echdynnu (Jones, 2020) a'u cyfuno â siambrau optegol hylif clir gellir eu cymhwyso i amgylcheddau deinamig gwelededd isel sy'n gysylltiedig â datblygiadau adnewyddadwy (Jones et al., 2019).

6.1.4. Cyfyngiadau arolwg gweledol

Ym mhob arolwg gweledol, cofnodir ymdrech hefyd felly cofnodir faint o amser a dreulir yn arolygu ochr yn ochr â'r tywydd, cyflwr y môr, ac ar gyfer arolygu cychod, cwrs cychod a chyflymder. Rhestrir manteision ac anfanteision dulliau gweledol yn nhabl 4 yn adroddiad ABPmer (2020), ond rhestrir y prif gyfyngiadau ar gyfer arolygon gweledol isod:

- Fel rheol dim ond ar neu uwch wyneb y môr y gellir gweld anifeiliaid.
- Mae arolygon gweledol wedi'u cyfyngu i oriau golau dydd ac amodau tywydd da, cyflwr y môr <3, gwelededd da, a chyflymder gwynt ar gyfer Cerbydau Awyr Di-griw.

- Llafur ddwys (cwch a man gwyllo).
- Gall fod yn anoddach gweld morfilod a morloi yn ardaloedd dymeg safle'r astudiaeth.
- Gall arolygon awyr a chychod arwain gostau uchel.
- Mae arolygon Cerbydau Awyr Di-griw yn gofyn am weithredwr Cerbydau Awyr Di-griw sydd â thrwydded fasnachol, a phrosesu ôl-arolwg.
- Mae hediadau Cerbydau Awyr Di-griw yn cael eu cyfyngu gan oes y batri (fel arfer ~ 20 munud yr un, ond mae gan y mwyafrif o ddefnyddwyr nifer o fatris).

6.1.5. Crynodeb

Gall arolygon gweledol helpu i bennu gofynion swyddogaethol ar gyfer adar môr a mamaliaid, gan gynnwys FR1, FR2, a FR3. Maent yn ffordd gymharol hawdd o bennu presenoldeb rhywogaethau a gallant lywio'r ymddygiad dosbarthu yn uniongyrchol a mynd heibio i gaeau pell y rhywogaethau hyn. Gellir cysylltu data a gesglir gan ddefnyddio technegau lleoli mwy cywir yn fwy cywir â setiau data eraill megis technegau acwstig gweithredol i ddarparu data uniongyrchol a gwella technegau dosbarthu.

Yn dibynnu ar y dull, gall arolygon fod yn gymharol rhad ond maent yn gyfyngedig i dywydd da ac oriau golau dydd. Mae arolygon gweledol wedi'u cynnal mewn llawer o safleoedd ynni llanw ledled Cymru gan ddatblygwyr ynni adnewyddadwy morol presennol ac efallai bod data sylfaenol eisoes yn bodoli ar gyfer rhai lleoliadau.

6.2. DNA amgylcheddol (eDNA)

Pan fydd anifeiliaid yn symud trwy ddŵr, maent yn gadael olion bach o'u DNA ar ôl. Mae dadansoddiadau eDNA yn chwyddo'r DNA hwn (neu rannau ohono) i alluogi adnabod y gwahanol godau genetig (ac felly'r rhywogaeth) sy'n bresennol. Gellir adnabod hyn trwy ddefnyddio dadansoddiad qPCR neu fetabarcodio (Dilyniannu'r Genhedlaeth Nesaf (NGS)).

Mae gan y ddwy dechneg gryfderau a gwendidau (Harper et al., 2018; Holman et al., 2019). Mae qPCR yn gofyn am ymhelaethu ar ddeunydd genetig gan ddefnyddio primer sydd wedi'i gynllunio'n benodol ar gyfer y rhywogaeth sy'n cael ei harchwilio. Mae'r dull qPCR yn darparu mwy o sensitifrwydd i'r rhywogaeth darged, a dilyniant hirach, mwy penodol o ganlyniad.

Mae metabarcodio yn chwyddo rhanbarthau penodol o enyn, gan roi rhestr lawn o'r rhywogaethau sy'n bresennol o'r rhanbarth genynnau a ddewiswyd. Er enghraifft, bydd y primer 12S-V5 pysgod-benodol yn ymhelaethu ar ranbarth amrywiol 12S 5, ac yn nodi sawl rhywogaeth o bysgod (Miya, Gotoh & Sado, 2020). Gellir primer yn cael eu dewis i'n galluogi i edrych ar yr holl rywogaethau o ddiddordeb mewn dadansoddiad unigol, ac maent yn cael eu cynnwys yn dda yn gyffredinol mewn cronfeydd data dilyniant presennol. Fodd bynnag, gall fod yn llai sensitif na dadansoddiad qPCR ac mae'n rhoi dilyniannau cyfeirio byrrach, mwy amrywiol.

Yn yr un modd â'r mwyafrif o dechnegau eDNA, mae gan gryfderau a gwendidau. Gyda'r strategaeth samplu gywir, gellir ei defnyddio i bennu presenoldeb neu absenoldeb rhywogaethau targed mewn ardal forol (absenoldeb sy'n gofyn am dybiaeth ei fod yn cyfateb i drothwyon canfod neu'n uwch), gan gynnwys natur dymhorol presenoldeb a digonedd cymharol (Mynott a Marsh, 2020, Ratcliffe et al., 2021). Byddai casglu data ar gyfer pob rhywogaeth o amgylch Cymru, yn darparu data sylfaenol cyson ar gyfer yr holl asesiadau ynni adnewyddadwy morol, a fyddai â chymhwysiad ehangach ar gyfer datblygiadau eraill (Atodiad 5).

6.2.1. Cyfyngiadau

- Bydd y DNA a gesglir wedi cael ei gludo gan symudiad y llanw, felly ni all y dechneg nodi dosbarthiad graddfa fân rhywogaethau.
- Er mwyn pennu absenoldeb, yn hytrach na phresenoldeb, mae angen cytuno ar lefel canfod trothwy sy'n gyfystyr ag absenoldeb at ddibenion ymarferol.

6.2.2. Crynodeb

Dadansoddiad eDNA yn berthnasol i FR1 (presenoldeb / absenoldeb) yn unig. Mae o werth arbennig i bysgod, lle mae technegau eraill yn gyfyngedig, ond ar ôl casglu samplau, gellir ei gymhwyso i unrhyw grŵp rhywogaethau os yw'r samplau'n cael eu storio'n iawn, gall ddarparu data ymlaen llaw i nodi'r rhywogaethau sy'n bwysig yn benodol. ardal, a hefyd y rhai nad ydynt yn bresennol ac felly y gellir eu heithrio o asesiadau pellach.

6.3. Camerâu Optegol Tanddwr

Mae camerâu yn offer pwysig a ddefnyddir wrth archwilio morol i asesu digonedd, amrywiaeth ac ymddygiad rhywogaethau (Mallet & Pelletier, 2014). Maent yn ddull samplu ailadroddadwy iawn y gellir ei ddefnyddio dros raddfeydd amserol eang (oriau i flynyddoedd) a gofodol (metr i gilometrau). Datblygiadau diweddar mewn agweddau megis bywyd batri, ansawdd fideo, gorchuddion tanddwr, cost a storio data wedi cynyddu cymhwysiad y dulliau hyn mewn amgylcheddau tanddwr heriol. Fodd bynnag, mae cost systemau camerâu gan gynnwys meddalwedd, a chynnal a chadw wedi gostwng yn ddramatig dros y blynyddoedd diwethaf gan wella dichonoldeb systemau o'r fath i'w gweithredu mewn rhaglenni monitro tanddwr (Bicknell et al., 2016; Jones, 2020).

6.3.1. Offer a chymwysïadau cyfredol

Gall asesiadau gweledol neu fideo uniongyrchol ddarparu gwybodaeth werthfawr ar gyfer monitro presenoldeb, digonedd ac ymddygiad anifeiliaid morol yn ogystal â monitro gwrthdrawiadau ar gyfer anifeiliaid morol a thyrbinau. Defnyddir y technegau hyn yn aml ochr

yn ochr â thechnoleg sonar ar gyfer gwirio'r ddaear (Gweler Adran 6.8). Gellir defnyddio camerâu optegol o bell (batri) neu eu pweru gan ffynhonnell yn dibynnu ar y targedau monitro. Dibynnu ar gymylogrwydd a lefel golau mae gwelededd camera yn amrywio o hyd at 50 m, i lai na 10 m (Jha, 2016). Fodd bynnag, gellir lleihau lefelau gwelededd oherwydd y lleoliadau deinamig yng Nghymru lle mae dyfeisiau tyrbîn yn cael eu defnyddio. Yn yr achos hwn, mae llenyddiaeth yn awgrymu y gallai recordio mewn du a gwyn fod yn ffafriol o ran ymarferoldeb lliw (Ffigur 4) a gall leihau ansawdd fideo wrth ffilmio mewn amodau cymylog ysgafn isel (Hutchison et al., 2020).



Ffigur 4. Cymhariaethau o ansawdd delwedd lliw SR205 a lluniau fideo unlliw (Hutchison et al., 2020).

Gallai gosod systemau fideo tanddwr lle bo hynny'n ymarferol ar strwythurau tyrbînau neu'n agos atynt fod yn fuddiol yn ardal uniongyrchol tyrbîn (<30 m) wrth fonitro gweithgaredd anifeiliaid morol (McConnell et al., 2013). Gall systemau o'r fath gadarnhau cyswllt corfforol rhwng llafnau tyrbînau a gwrthrychau (malurion) neu unigolion anifeiliaid morol (Jha, 2016). Gall systemau fideo hyd at bellter 15 m nodi a chyfrif anifeiliaid morol yn hawdd mewn dyfroedd tawel, (Belcher et al., 2002; Langkau et al., 2012). Gall ychwanegu bariau graddfa at y llafnau nacelle a / neu'r tyrbîn hefyd gynorthwyo'r adnabod hwn (Hutchison et al., 2020). Yn dibynnu ar amodau amgylcheddol efallai y bydd camerâu hefyd yn gallu gwahaniaethu priodweddau gwrthrych gwrthdrawiadol (dwysedd, siâp, màs) (Jha, 2016). Nid yw dyfeisiau llanw yn dangos cydymffurfiaeth wrth ddylunio; mae'r cyfluniadau mowntio ar gyfer camerâu tanddwr yn dibynnu ar sefydlu'r ddyfais ynni morol sy'n cael ei monitro yn ei dro gan arddel ansawdd y wybodaeth a gaffaelir. Mae hyn yn cyflwyno gwahanol opsiynau ar gyfer ffurfweddau camera. Er enghraifft, gall tyrbîn sydd wedi'i osod ar wely'r môr ddefnyddio platfformau ychwanegol i wella caeau golygfa a fyddai'n anymarferol i dyrbînau arnofiol fel SR2000 neu'r Barcud Minesto. Bydd gosod camerâu ar strwythurau ychwanegol yn rhoi gwell sylw i fideo a gall ymgorffori camerâu ongl lydan ac ongl gul hefyd ddarparu gwell sylw i ardaloedd ysgubol cylchdroi (Hutchison et al., 2020).

Camerâu tanddwr cyfluniadau mowntio dewisol yn tueddu i fod ar y ddyfais llanw ei hun, wedi'u lleoli fel bod y llafnau yn y maes golygfa. Defnyddiodd tyrbin llanw OpenHydro triplex 8 sianel DVR a osodwyd yng Nghanolfan Ynni Morol Ewrop, yr Alban, wedi'i gysylltu â System Camera Submertec wedi'i osod y tu allan i ddyfais platfform OpenHydro Ltd. Roedd y system gamera wedi'i gosod oddeutu 2 m o wyneb y tyrbin gan ganiatáu recordio 6 m o amgylch y tyrbin i fonitro rhyngweithiadau ecolegol. Casglwyd y lluniau fideo â llaw ar ôl y cyfnod prawf llawn bob blwyddyn a'u trosglwyddo i system feddalwedd Rheolwr Logic Rhaglenadwy Rhaglenadwy (PLC) cyfrifiadur fideo cydnaws (Hutchison et al., 2020; Aquaterra 2020). Mae defnydd tebyg o gamerâu tanddwr wedi'u cofnodi ng nghefn tyrbinau sy'n wynebu ymlaen i'r llafnau ar gyfer y Sabella D10, Ffrainc. Yn ogystal, awgrymwyd tripods sydd wedi'u lleoli o dan y tyrbin hefyd gyda maes golygfa'n edrych i fyny ar y llafnau.

Defnyddiwyd dull tebyg o leoli camerâu ar gyfer monitro tyrbinau yn MeyGen Tidal Array, yr Alban. Yma, gosodwyd tri chamera (Seacam Monocrom Angle-Eang UV) tyrbin ar y nacelle ychydig y tu ôl i'r canolbwynt a'u gosod ar 120 ° o amgylch y nacelle i ddal golygfa 360 ° o rotor y tyrbin. Cyfyngwyd maes golygfa'r camerâu hyn i 3m x 3m sgwâr. Nod y camerâu hyn oedd darparu tystiolaeth o gyflyru llafnau a monitro amgylcheddol. Yn ogystal, cynlluniwyd i ddechrau dau gamera fideo (sgan blaengar CMOS) i'w gosod ar goesau strwythurau cynnal y tyrbin (wedi'u lleoli ar waelod y tyrbin), wedi'u lleoli yn wynebu i fyny gyda'r nod o arsylwi cyflyru llafnau, gwrthdrawiadau anifeiliaid â'r tyrbinau, ac i ategu data arall a gasglwyd gan dechnegau eraill (Hutchison et al., 2020, Aquaterra 2020). Defnyddiodd y camerâu hyn lens llygad-pysgod i gwmpasu gradd 180° wrth 360° (MeyGen, 2016). Nid oeddem yn gallu dod o hyd i dystiolaeth a ddefnyddiwyd y cyfluniad mowntio ar goesau'r tyrbin yn ystod y rhaglen fonitro.

Dyfeisiau llanw arnofiol fel yr Orbital Marine Power SR2000, bwledi Vivotek - camerâu wyneb IP8332 a chromenni Vivotek - defnyddiwyd camerâu tanddwr FE8174. Mae'r camerâu hyn yn gamerâu IP awyr agored sydd wedi'u cynllunio ar gyfer lleoliadau ysgafn isel. Maent yn caniatáu ar gyfer meysydd golygfa 180 - 360° yn caniatáu ymdrin ag ardaloedd agored-eang. Yma, roedd un camera wedi'i leoli tuag at y ddwy lafn ar frës coes, un o dan dyred ac un yr un ar y nacellau tyrbin, wedi'i anelu at flaenau'r tyrbinau ochr porthladd a serenfwrdd yn y drefn honno. Lluniau defnyddiadwy cyfyngedig yn cael eu casglu yn ystod y nos gan yr camerau ddyfais Orbital Marine Power SR2000 yn enwedig yn ystod misoedd yr haf, Roedd biofouling hefyd yn bresennol, gan leihau ansawdd fideo (Hutchison et al., 2020, Aquaterra 2020). Mae'n bwysig nodi, phob defnydd o gamerâu sy'n monitro rhyngweithiadau amgylcheddol â thyrbinau llanw, bod ansawdd delwedd a fideo yn amrywio'n sylweddol yn dibynnu a yw'r tyrbin yn weithredol ac amser y dydd gydag amodau amgylcheddol fel y tywydd, y tymor, y ceryntau a'r gwaddodion crog sydd yn lleihau gwelededd. Mae hyn yn gallu dylanwadu arsylwi ymddygiad anifeiliaid morol ger dyfeisiau maes gyda dyfeisiau tyrbin (Hutchison et al., 2020).

Mae nifer o fathau o feddalwedd ffynhonnell agored a pherchnogol gan gynnwys pecynnau sy'n dod mor safonol ag offer a meddalwedd ôl-brosesu yn bodoli ar gyfer dadansoddi delweddau a fideo tanddwr. Mae technegau dadansoddol newydd yn esblygu'n gyson ac yn ymgorffori mewn meddalwedd. Enghraifft o hyn yw'r cymhwysiad VIAME mynediad agored sy'n caniatáu ar gyfer deallusrwydd artiffisial ei hun, gan gynnwys canfod gwrthrychau, olrhain

gwrthrychau, anodi delwedd / fideo, chwilio delwedd / fideo, mosaicio delwedd, mesur stereo, cynhyrchu modelau cyflym, ac offer ar gyfer gwerthuso gwahanol algorithmau.

6.3.2. Camerâu stereo

Defnyddiwyd camerâu stereo optegol (abwyd a heb eu abwyd) yn llwyddiannus i fesur anifeiliaid morol (pysgod yn benodol) gan roi hyder ychwanegol adnabod rhywogaethau mewn rhaglenni monitro morol. Er enghraifft, nododd Griffin et al. (2016) wedi gweithredu systemau o'r fath yn flaenorol o amgylch seilwaith ffermydd gwynt i fonitro pysgod.

Mae systemau camerâu stereo heb eu abwyd wedi'u cymhwyso'n llwyddiannus hefyd i fonitro amgylcheddol ôl-osod rhyngweithiadau mamaliaid morol â thyrbinau hydrokinetig gyda systemau o'r fath yn perfformio'n dda mewn ardaloedd ynni uchel (Joslin et al., 2012; 2014).

6.3.3. Cyfyngiadau camera optegol

Mae sawl cyfyngiad yn bodoli wrth ddefnyddio camerâu optegol ar gyfer monitro anifeiliaid morol o amgylch datblygiadau llif y llanw, yn enwedig mewn dyfroedd cymylog mewn rhai rhannau o Gymru (e.e., Sianel Bryste). Chywirdeb effeithiol camerâu optegol o dan y dŵr yn benodol iawn i'r safle. Cyfyngiadau yw:

Cymylogrwydd / Llai o Welededd Tanddwr

Mae dulliau camera optegol yn dibynnu'n ar lefelau welededd tanddwr dda. Mae gwelededd ac ystod weladwy o'r fath yn lleihau mewn ardaloedd ynni uchel yn amodol ar lefelau uwch o gymylogrwydd trwy fater gronynnol crog (SPM) fel y rhai sy'n gysylltiedig â datblygiadau adnewyddadwy. Mae hyn yn lleihau eu dibynadwyedd ar gyfer canfod ac adnabod rhywogaethau yn gywir pan nad yw nodweddion unigolion yn weladwy (Jones et al., 2019). Ymhellach, mae'r gwelededd yn lleihau'r pellter y gellir defnyddio camerâu optegol o'r tyrbîn i ddelweddu unrhyw wrthdrawiadau uniongyrchol neu gyflyru llafnau. Gall y tymor (blodau algaidd), llanw, ceryntau dŵr, dyfnder a chyfansoddiad gwaddod effeithio ar lefelau cymylogrwydd, a bydd pob un ohonynt yn wahanol yn ôl lleoliad a dylid eu hystyried wrth ddewis technegau monitro camerâu.

Goleuo

Mae dulliau camerâu digidol wedi'u cyfyngu i fonitro gweithgaredd yn ystod y dydd a dyfnderoedd penodol lle mae'r golofn ddŵr wedi'i goleuo'n naturiol. Gall ychwanegu goleuadau artiffisial i gamerâu monitro gynyddu defnyddioldeb yn ystod y nos / lleoli dwfn ond gallai gael effaith niweidiol ar anifeiliaid morol trwy ddylanwadu newidiadau ymddygiad (Joslin et al., 2014) a hyd yn oed ddenu unigolion yn agosach at seilwaith tyrbinau os ydynt yn agos iawn (Inger et al., 2009). Dewisiadau amgen yn yr achos hwn yn cynnwys camerâu unlliw sy'n addas ar gyfer gweithio mewn amodau ysgafn isel ac yn cronni ffeiliau data llai na fideo lliw (Hasselman et al., 2020). I digolledu hwn, mae camerâu dan ddŵr wedi addasu technolegau sy'n dod i'r amlwg ac wedi dangos delweddau ysgafn isel. Mae delweddu aml-sbectrol yn

darparu canfyddiad dyfnder a chyferbyniad gwell er enghraifft, goleuo / hidlo glas a gwyrdd. Defnyddiwyd tonfeddi uwchfioled i ganfod olrheinwyr fflwroleuol a deunyddiau goleuol UV eraill. Mae cyfernod amsugno uchel tonfeddi is-goch mewn dŵr yn cyfyngu ar y cyfleustodau i gau (pellter ychydig cm) gymwysiadau thermograffeg (Jha, 2016). Er enghraifft, roedd monitro Array Llanw MeyGen yn defnyddio tri camera UV Monocrom Ultra-Eang-Angle Seacam i fonitro presenoldeb / absenoldeb anifeiliaid morol mewn amodau golau isel / cymylog (Hutchison et al., 2020). Gall camerâu unlliw ddarparu delweddau cydraniad uchel mewn amodau golau amgylchynol heb fod angen golau artiffisial.

Maes golygfa

Mae maes golygfa camera digidol wrth gael ei ddefnyddio dan ddŵr mewn safle sefydlog yn cyfyngu ar y dulliau hyn i gyfer canfod anifeiliaid a arsylwyd yn hytrach na chyfrif unigolion y gellir eu defnyddio (Paiva et al., 2015). Mae'r pellter / ystod ofodol camera digidol yn gyfyngedig hyd yn oed mewn amodau gwelededd tanddwr perffaith sy'n golygu na allant ganfod anifeiliaid mewn rhannau ehangach o osodiadau tyrbinau pan fyddant o dan y dŵr. Yn flaenorol, mae'r mwyafrif o gyfluniadau camerâu a ddefnyddiwyd ar gyfer defnyddio dyfeisiau yn mewn sefyllfa sefydlog yn edrych ar y llafnau tyrbinau. Yn ychwanegol, gall y llafnau tyrbinau guddio golygfa'r camera neu efallai na fydd y maes golygfa'n cwmpasu'r ardal rotor gyfan, felly nid pob cyfarfyddiadau yn cael ei dal (ABPmer, 2020). Pan fyddant yn cael eu defnyddio o dan y dŵr mewn man sefydlog, ni allant olrhain a mapio symudiad anifeiliaid morol. Lliniaru ar gyfer hyn gynnwys cynnwys offer acwstig gydag asesiadau targed amser real i ganiatáu rheoli olrhain camerâu. Gellir gosod camerâu mewn rhai achosion, mewn cyfluniad gradd 120 o amgylch y nacelle i ddal golygfa 360° o gylchdroi'r tyrbinau.

Gofynion Storio Data

Un o'r prif heriau sy'n gysylltiedig â dadansoddi data fideo a delweddaeth yw'r gallu i'w arbed, ei storio ac mynediad mewn modd effeithlon. Mae gan ddata fideo o ansawdd uchel (Diffiniad Uchel) ofynion storio beichus ac mae'n dibynnu i raddau helaeth ar y system gamera a'r gosodiadau sy'n cael eu defnyddio. Data gafwyd yn flaenorol gan ddefnyddio camerâu UV Unlliw Angle Ultra-Eang Seacam wrth fonitro dyfeisiau llanw yn awgrymu bod pob tyrbina yn cynhyrchu tua 2 GB o ddata mewn cyfnod o 24 awr (tua 60 GB / mis / tyrbina). Bydd gofynion storio data yn dibynnu ar y system gamera sy'n cael ei defnyddio ac ansawdd y data sy'n cael ei gasglu, mae ansawdd / datrysiaid uwch yn angen mwy o storio. Yn yr un modd, i acwsteg weithredol, mae ceblau ffibr optig i'r lan yn opsiwn a ffeirir ar gyfer trosglwyddo data. Gall defnyddio Recordydd Fideo Rhwydwaith (NVR) a throsglwyddo lloeren ganiatáu i symiau sylweddol o ddata gael eu trosglwyddo a'u storio ar gyfer astudiaeth gynhwysfawr yn ôl yr angen (Hutchison et al., 2020). Gellir defnyddio synwryddion agosrwydd ar ffurf weithredol acwsteg i leihau cyfaint y data. Gellir eu defnyddio i sbarduno dyfeisiau camera o'r modd wrth gefn / ailysgrifennu data i fodd recordio a storio pan fydd anifeiliaid morol wedi'u canfod ger strwythurau tyrbinau (Jha, 2016). Yn flaenorol, gweithredwyd systemau sbarduno yn llwyddiannus gan Novia Innovation yn arae llanw yn Shetland. Rhaid ystyried bod gweithredu systemau o'r fath yn lleihau costau storio data yn y tymor hir.

Pwer a chorydiad

Mae pweru camerâu tanddwr yn heriol ar gyfer monitro tymor hir. Gall banciau batri lleol sy'n cael eu pweru gan y tyrbîn ei hun ddarparu dull effeithiol ar gyfer pweru offer er mwyn osgoi problemau a chostau posibl trwy gysylltu â chyflenwad pŵer y tu allan i'r tyrbîn. Gall cysylltiadau a chorydiad diffygiol rwystro ymdrechion monitro fideo. Dylid cynllunio datrysiadau cyflenwi pŵer i wrthsefyll yr amodau amgylcheddol y maent i'w defnyddio ynddynt (Hutchison et al., 2020). Yn ddelfrydol dylai'r materion hyn gael eu hintegreiddio i gamau rhagarweiniol dylunio tyrbînau.

6.3.4. Crynodeb

Mae camerâu optegol yn offer gwerthfawr ar gyfer edrych ar ryngweithio caeau ger (FR3), ac yn ystod oriau golau dydd mewn dŵr clir mae'n debyg mai'r dull o ddewis. Arolygon gweledol gellir eu defnyddio i nodi rhywogaethau sy'n gysylltiedig â data acwstig neu olrhain arall, gan ddarparu data dilysu dosbarthu targedau.

O amgylch Cymru, mae gwelededd tanddwr yn wael - mewn sawl ardal wedi'i gyfyngu i ychydig fetrau mewn amodau da. Mae hyn yn cyfyngu ar werth y technegau; byddai cynnwys offer rhad ochr yn ochr â thechnegau eraill yn cael ei argymhell i fanteisio ar amodau da ond ni fyddent ond yn ystyried defnydd ehangach pe bai arolygon lleol yn dangos y gellid disgwyl gwelededd digonol.

6.4. Cerbydau Awyr Di-griw a Cherbydau a Weithredir o Bell (ROV)

Am golwg ehangach, gall Cerbydau Awyr Di-griw (UAVs) gyda chamrau digidol fod yn offeryn defnyddiol, yn enwedig i monitro mamaliaid morol (Mellor & Maher, 2008) ac i asesiadau amgylcheddol sylfaenol. Gellir defnyddio asesiadau sylfaenol i bennu'r rhywogaethau sy'n bresennol mewn ardal a llywio dulliau monitro dilynol ac asesu a fyddai tyrbîn yn peri pryder ar lefel y boblogaeth. Mae Cerbydau Awyr Di-griw yn darparu'r gallu i gasglu delweddau awyrol cydraniad uchel o anifeiliaid ar yr wyneb neu'n agos ato dros ardaloedd mawr gan ddefnyddio technoleg camera Diffiniad Uchel (DU) mewn modd sy'n anymwthiol i anifeiliaid wrth hedfan ar uchder oddeutu 120 m uwchlaw wyneb y môr (Aniceto et al., 2018) ac maent yn arbennig o fanteisiol wrth berfformio astudiaethau sy'n canolbwyntio ar doreth a dosbarthiad anifeiliaid (Aniceto et al., 2018; Bröker et al., 2019). Nid yw'n syndod felly bod y rhan fwyaf o brosiectau ynni llanw wedi ymgymryd â rhyw fath o arsylwi monitro gweledol fel Cerbydau Awyr Di-griw (ABPmer, 2020). Gall dulliau o'r fath hyn nodi presenoldeb rhai rhywogaethau o amgylch ardal tyrbîn (> 60 m), fodd bynnag, mae arsylwi gwrthdrawiadau uniongyrchol â dyfeisiau nant llanw neu ymddygiad osgoi mamaliaid morol trwy ddulliau UAV yn gyfyngedig tra bod yr unigolion dan dŵr a pŵer batri hefyd wedi'i gyfyngu i 30 munud i 1 awr am mwyafrif o UAVs. Gellir defnyddio dronau a cherbydau tanddwr a weithredir o bell (ROVs) i dewisiadau amgen i ddelweddu anifeiliaid morol. Mae'r systemau o'r fath ar gael yn haws am gost isel a gellir eu defnyddio o ystod gychod gan gynnwys cychod chwyddadwy â chnewyllyn anhyblyg (RHIB) (Ludvigsen & Sørensen, 2016; Verfuss et al., 2019). Fodd bynnag, mae risgiau'n gysylltiedig

â defnyddio dyfeisiau di-griw, 'digyswllt' yn agos at seilwaith dan dŵr gan gynnwys difrod i ddyfeisiau'r tyrbin llanw eu hunain trwy wrthdrawiad â llafnau. Felly, bydd cerbydau dan dŵr di-griw mewn sefyllfa well yn monitro ardal ehangach dyfeisiau llanw (> 60 m).

Defnydd gamerâu digidol o'r awyr mewn arolygon Cerbydau Awyr Di-griw i monitro mamaliaid morol yn ardal ehangach tyrbin yn gyfyngu gan amodau amgylcheddol gan gynnwys y tywydd a chyflwr y môr. Rhaid hedfan UAVs mewn paramedrau tywydd ffafriol lle mae canfyddadwyedd mamaliaid morol yn uchel wrth gadw at gyfyngiadau rheoliadol. Paramedrau yn cynnwys gorchudd cwmwl, llewyrch wyneb, cyflwr y môr ac amser o'r dydd. Fel rheol, cynhelir arolygon yn amodau cyflwr y môr Beaufort <3 (Colefax et al., 2018). Er enghraifft, gan y mwyafrif o dronau quadcopter derfynau gwynt o 10 m / s. Mae cyfyngiadau fel arfer yn cael eu hysgrifennu i lawlyfrau gweithredwyr drôn masnachol a gymeradwyir gan yr Awdurdod Hedfan Sifil (JNCC, 2019). Mae'r mwyafrif o ganiatadau a roddir i sefydliadau gan yr Awdurdod Hedfan Sifil yn gosod cyfyngiadau lle mae'n rhaid i'r drôn fod mewn llinell weledol (VLOS) bob amser a llai na 500 m o bellter o'r peilot (oni bai y ceir llinell weledol estynedig arbennig o ganiatadau safle).

6.5. Monitro Acwstig Goddefol (PAM)

Monitro acwstig goddefol yn offeryn amhrisiadwy ar gyfer monitro morfilod adleoli. Rhan fwyaf o forfilod a geir yn nyfroedd Cymru yn lleisio fel rheol o dan y dŵr, ac o ganlyniad gellir eu canfod gan offer monitro goddefol wrth iddynt leisio. Gall hyn ganiatáu canfod presenoldeb neu absenoldeb morfilod mewn ardal, ag adnabod y rhywogaeth dan sylw hefyd. Gall fod yn gost-effeithiol, cyfyngu ar ddylanwad presenoldeb arsylwyr (yn enwedig arolygon cychod) ac yn caniatáu ar gyfer casglu data yn barhaus trwy gydol y cylch diel ac mewn tywydd gwael a fyddai'n cyfyngu ar arsylwyr (Simon et al., 2010).

Un o'r prif fylchau data mewn modelu risg gwrthdrawiad mamaliaid morol yw sut maen nhw'n defnyddio safleoedd llanw ynni uchel, yn y golofn ddŵr, gan gynnwys nifer yr anifeiliaid a dosbarthiad dyfnder. Yn ogystal â chanfod ac adnabod, gellir defnyddio araeau o hydroffonau i bennu lleoliad morfilod yn y golofn ddŵr, gan ddefnyddio gwahaniaethau yn yr amser y mae llais yn cyrraedd. Gyda chyfluniad cywir hydroffonau, a chydamseru amser yn union o offer, mae'n bosibl lleoli anifeiliaid lleisio yn ofodol (Macaulay et al., 2015b). Mae'n gofyn am bedwar neu fwy o hydroffonau cydamserol wedi'u gwasgaru'n dda ac amser neu glystyrau hydrophone sy'n canfod yr un lleisiad er mwyn gallu cyfrifo lleoliad yr anifail.

Mae Odontocetes (morfilod danheddog, llamhidyddion harbwr, dolffiniaid cyffredin, Risso a thrwyn potel) yn defnyddio adleoli-leoliad ar gyfer bwydo yn ogystal â chyfathrebu a chyfeiriadedd. bod llamhidyddion harbwr yn lleisio'n aml, gyda band cul amledd uchel nodedig, ond mae dolffiniaid yn lleisio'n llai aml gyda chliciau byrrach, mwy amrywiol ar amleddau isel (Au a Hastings, 2008). Mae cyfrinachau (morfilod baleen, fel morfilod mincod) yn allyrru synau amledd llawer isel (<1 kHz) y gellir eu cuddio yn hawdd gan synau amgylcheddol fel symudiad gwaddod (Hasselman et al., 2020). Nid yw'r morfilod hyn yn defnyddio adleisio-leoliad ond maent yn defnyddio cân ar gyfer cyfathrebu. Cliciau amledd uchel o llamhidyddion yn nodedig, ond yn gwanhau'n gyflym (Macaulay et al., 2017) o gymharu ag amleddau isel sy'n golygu y

gellir canfod dolffin (ac o bosibl minke) ymhellach i ffwrdd. Mae'r gallu i ganfod ac olrhain Odontocetes, yn enwedig llamhidyddion, gan ddefnyddio PAM yn llawer mwy ymarferol nag Mysticetes fel morfil minke anaml yn lleisiol. Fodd bynnag, mae araeau PAM tymor hir wedi cael eu defnyddio i ganfod patrymau tymhorol a diel morfilod minc ym Môr y Gogledd (Risch, et al., 2019).

Gan ddefnyddio'r technegau hyn, SMRU wedi monitro symudiadau llamhidyddion yn llwyddiannus o amgylch dyfeisiau llanw gweithredol, gan gynnwys Delta Stream, Sain Ramsey (Malinka et al., 2018) ac yn Pentland Firth, yr Alban fel rhan o brosiect MeyGen, gan ddefnyddio clystyrau hydrophone (Gillespie et al., 2020).

Gellir defnyddio PAM hefyd i fesur sŵn a achosir gan ddyfeisiau YAM tanddwr a all achosi aflonyddwch i famaliaid morol sy'n effeithio ar fordwy, ysglyfaethu, cyfathrebu a chylchoedd bywyd (Hasselman et al., 2020). Yn dibynnu ar y ddyfais fonitro a'r hidlo signal neu'r sbardunau a ddefnyddir, gallai recordio sŵn dyfais ofyn am ddefnyddio hydrophone ychwanegol.

6.5.1. Offer

Rhestrir manylion y technolegau PAM a ddefnyddiwyd ar gyfer arolygon amgylcheddol YAM ledled y Byd yn yr adroddiad Cyflwr Gwyddoniaeth, gan gynnwys lleoliadau lleoli, cyfluniadau offer a ddefnyddir, math mesur acwstig, a chyfeiriadau cysylltiedig (Hasselman et al., 2020; copi ynghlwm yn Atodiad 6). Yn gyffredinol, mae'r technegau a ddefnyddir yn cynnwys hydroffonau sy'n cael eu defnyddio ar lwyfannau sefydlog neu symudol. Mae lleoliadau sefydlog yn cynnwys trefniadau wedi'u gosod ar y gwaelod, wedi'u hangori neu wedi'u gosod ar dyrbinau. Lleoli symudol yn cynnwys drifftio (cwch neu fwi) neu ei dynnu (cwch) dyfeisiau monitro acwstig statig (SAM) yn ddefnyddiol pennu patrymau amserol, ond mae araeau yn darparu cwrmpas gofodol (Wilson et al., 2014). Yn nodweddiadol, defnyddir hydroffonau mewn cyfluniadau unigol, pâr neu glystyredig, gyda chlystyrau a araeau yn cael eu defnyddio ar gyfer astudiaethau graddfa ddirwy lle mae angen data lleoliad manwl (Ffigur 5).



Ffigur 5. Enghreifftiau o offer hydrophone, C-POD (chwith), SoundTrap (canol, o Copping et al., 2020) a chlystwr hydrophone wedi'i adeiladu'n arbennig (dde, llun o Hastie et al., 2018).

Mae sawl math o offer PAM a ddefnyddir yn gyffredin, ond mae'r prif fathau yn cynnwys unedau hydrophone confensiynol sy'n cofnodi data sain amrwd neu synwryddion clicio

arbenigol (C-PODs) sydd ag unedau hydrophone a phrosesu data integredig sy'n ymgymryd â phrosesu cychwynnol yr data mewn amser real. Mae hyn yn caniatáu'r data sy'n cael ei storio gan y ddyfa fod yn ddata crynodeb 'cliciwch ar drên', (Hasselman et al., 2020), gan leihau gofynion storio data a chaniatáu eu defnyddio'n estynedig. Gall dyfeisiau fod yn statig, ynghlwm yn uniongyrchol â dyfais neu ar angorfa sefydlog. Gallant hefyd gael eu tynnu'n weithredol o gwch neu eu lluwchio ar lanw a cheryntau.

T-PODS, C-PODS a F-PODS

Mae C-PODs yn synwryddion clic acwstig statig hunangynhwysol omni-gyfeiriadol sy'n cynnwys hydrophone, hidlydd a chof digidol (Ffigur 5). Y fersiwn gyntaf oedd y T-POD ac mae fersiwn mwy diweddar wedi'i datblygu'n ddiweddar, yr F-POD (sydd wedi gwella canfod trenau a dosbarthu rhywogaethau; N. Tregenza, Chelonia, pers. Comm., 2020), ond maent i gyd yn yr un math o ddyfais. Mae'r dyfeisiau hyn yn canfod lleisiau rhwng amleddau 20-160 kHz (Dähne et al., 2013; Robbins et al., 2016). Maent yn prosesu data yn y fan a'r lle, gan gofnodi'r data wedi'i brosesu yn hytrach na ffeiliau sain amrwd, sy'n ymestyn oes lleoli o bell unigol yn fawr trwy leihau anghenion storio data (gellir defnyddio dyfeisiau am oddeutu 4 mis ar y tro cyn amnewid batri a lawrlwytho data gofynnol). Gellir defnyddio ar angorfeydd cymharol syml, cost isel, eu drifftio, eu gosod mewn cychod neu offer ac maent yn gymharol rhad.

Mae signalau llinell sylfaen rheolaidd hefyd yn ddymunol i alluogi asesu a chywiro amrywiadau mewn effeithlonrwydd, er enghraifft, sŵn cefndir. Gall hyn fod yn bwysig ar astudiaethau sy'n ceisio cydberthyn argaeledd morfilod â chyflwr y llanw, neu lle mae'r sŵn yn amrywio'n sylweddol draws yr ardal astudiaeth.

Mae C-PODS yn ddefnyddiol i adnabod llamhidyddion gan eu bod yn lleisio'n aml gyda chliciau band cul amledd uchel nodedig. Mae rhywogaethau dolffiniaid eraill yn adleisio ar ystod ehangach o amleddau a gellir eu canfod hefyd, fodd bynnag, gan nad ydyn nhw'n lleisio trwy'r amser mae'r cyfraddau canfod amser yn aml yn llawer isel na chyfradd llamhidyddion (Nuuttila et al., 2013; Philpott et al., 2017). Defnyddiwyd C-PODs yn helaeth i monitro presenoldeb llamhidyddion a dolffiniaid, gyda nifer o astudiaethau'n cael eu cynnal ar gyfer y diwydiant ffermydd gwynt ar y môr, gan edrych ar wahaniaethau cyn, yn ystod ac ar ôl eu gosod (Brandt et al., 2011; Carstensen et al., 2006; Dähne et al., 2013b; Scheidat et al., 2011). Maent yn arbennig o effeithiol wrth bennu patrymau llanw a dyddiol llamhidyddion a rhai rhywogaethau morfilod eraill (Gordon et al., 2011).

Yn Nova Scotia, mae'r Ganolfan Ymchwil Cefnfor Fundy ar gyfer Ynni (FORCE) yn monitro llamhidyddion y tu allan i safle prawf FORCE, ym Mae Fundy, gan ddefnyddio PAM. Canfu monitro un ddyfais tyrbîn llanw hydro agored (Cape Sharp Tidal Venture) nad oedd llamhidyddion wedi'u heithrio o ardal canol y cae wrth osod a gweithredu'r ddyfais, er bod llai o ddatgeliadau wedi'u cofnodi ar y C-PODs agosaf at y ddyfais. (~ 200 m) sy'n awgrymu effeithiau osgoi lleol neu ataliaeth acwstig y tyrbîn pan fydd yn weithredol (Sparling et al., 2020; Tollit et al., 2019). Canfuwyd bod presenoldeb llamhidyddion yn dychwelyd i lefelau cyn-osod sylfaenol pan gafodd y ddyfais ei thynnu (Tollit et al., 2019).

Defnyddiwyd C-PODs drifftio lluosog hefyd mewn ardaloedd nentydd llanw gyda chanlyniadau dosbarthu tebyg yn ôl pob golwg ag arolygon cychod gweledol ac acwstig mwy traddodiadol

(Wilson et al., 2014). Mae'r dull hwn yn cynnig arf cyflym cymharol rad ar gyfer mesur harbwr digwyddiad llamhidyddion a chynefinoedd-ddefnydd o fewn ardal lanwol-ffrwd ac yn lleihau lefel y sŵn o lif dŵr dros y hydroffon.

Hydroffonau confensiynol

Gellir ceblau hydroffonau confensiynol fel yr uwch-dechnoleg HTI-99-UHF trosglwyddo data byw neu eu cyfuno ag unedau recordio a'u defnyddio mewn unedau ymreolaethol annibynnol fel y SoundTrap sydd yn fasnachol (Ocean Instruments NZ, ST300 HF) a 'llamhidydd' sianel sengel hydroffon (RS Aqua). Mae'r math o hydrophone wedi'i gynllunio i gofnodi ar gyfraddau samplu uchel ac mae angen cryn dipyn o gapasiti storio data i gofnodi lleisiau morfilod (Hasselman et al., 2020). Gellir defnyddio'r data i codi sŵn cefndir a lleisiau morfilod dros ystod eang.

Ar gyfer unedau ymreolaethol fel SoundTraps, mae maint y data a gesglir, a gofynion storio data yn broblemus ac yn cyfyngu hyd y defnydd i ddyddiau gyda chofnodi parhaus. Gellir ymestyn hyn trwy raglennu'r ddyfais i samplu yn ysbeidiol e.e., 10 munud ym mhob awr. Mae hyn yn ymestyn y defnydd i fisoedd ond mae'n rhedeg y risg o golli digwyddiadau anaml neu brin. Mae opsiwn hefyd i gynyddu defnyddiau gan ddefnyddio pecynnau batri allanol ychwanegol a all ymestyn recordio parhaus i 70 diwrnod ar gyfer SoundTrap a 193 diwrnod ar gyfer hydroffon 'llamhidydd'.

Araeau hydrophone

Mae astudiaethau lleol yn gofyn am araeau hydroffon. Mae'r mwyafrif o araeau hydroffon yn unedau pwrpasol ac nid ydynt ar gael yn fasnachol.

Ar safle MeyGen, integreiddiwyd deuddeg hydroffon (wedi'u rhannu'n dri chlwstwr o 4) i dyrbin Atlantis AR1500 cyn iddo gael ei ddefnyddio fel rhan o arae gyda thri thyrbîn arall. Dangosodd graddnodi'r astudiaeth hon y gallai'r system leoli synau yn gywir i 2 m i ffrwd o fewn 20 m i'r thyrbîn, er i'r cywirdeb hwn ostwng y tu hwnt i bellter o 35 m (Gillespie et al., 2020). Defnyddiwyd y system dros 2 flynedd gan arwain at 451 diwrnod gwirioneddol o gasglu data. Mae cyflwyniad diweddar o'r data yn dangos allan o 1516 o gyfarfyddiadau llamhidyddion, pasiodd sawl anifail yn agos at y thyrbîn wrth iddo symud, ond dim ond un anifail a basiodd trwy ddisg y rotor, ond roedd y rotorau yn llonydd ar y pryd (Gillespie & Johnson, 2020). Mae data ychwanegol yn dal i ddod o brosiect MeyGen gyda mwy o systemau'n cael eu defnyddio eleni, ond mae'r canfyddiadau cychwynnol yn awgrymu y dylid osgoi llamhidyddion ar bellteroedd canolig (degau) ac ar raddfa agos (metr) i rotorau'r thyrbîn (Sparling et al., 2020).

Minesto a Phrifysgol Bangor (BU) wedi defnyddio clystyrau hydrophone pwrpasol i edrych ar symudiadau Morfilod o amgylch eu barcud llanw. Gan fod y barcud yn meddiannu ardaloedd gwahanol yn ystod llanw trai a llifogydd, roedd angen dau glwstwr o 4 hydroffon, un i ddarparu data ym mhob ardal. Llwyddodd astudiaethau cychwynnol, ynghyd â data SoundTrap, i nodi presenoldeb morfilod ac argaeledd llanw, ond roedd olrhain offer yn cael ei gyfaddawdu gan fethiant offer (difrod dŵr a namau meddalwedd). Mae Minesto yn bwriadu adleoli'r offer yn dilyn atgyweiriadau (Gemma Veneruso, Prifysgol Bangor a Minesto, pers comm).

Defnyddiodd Tidal Energy Limited glystyrau hydrophone ar ddyfais llif llanw DeltaStream fel rhan o strategaeth fonitro ehangach, gan gynnwys PAM ac acwsteg weithredol sy'n gysylltiedig â Phroffiliwr Cyfredol Doppler Acwstig (ADCP) i gofnodi cyflymder cyfredol. Roedd 4 clwstwr o 3 hydroffon, wedi'u gosod ar strwythur y ddyfais. Yn anffodus, cafodd nifer o hydroffonau yn y clystyrau eu difrodi wrth eu defnyddio, gan adael 5 yn gwbl weithredol a 2 yn rhannol weithredol, gan gyfyngu ar effeithiolrwydd gosod safle. Casglodd traciau a gafwyd, yn bennaf llamhidyddion ond hefyd ddolffiniaid, lefel canfod ac ymateb i'r ddyfais (Malinka et al., 2018).

Mae astudiaethau eraill wedi defnyddio ar araeau hydroffon fertigol sydd wedi'u cynllunio i ddrifftio trwy ddyfroedd llanw (Gordon et al., 2014; Macaulay et al., 2015; 2017). Datblygwyd uned gan Macaulay et al. (2015a) o'r enw PLABuoy (bwi arae lleoliad llamhidyddion) a oedd yn cynnwys arae hydrophone fertigol ynghlwm (35-40 m, 6-8 hydroffonau) i ddarparu dosraniadau a symudiadau dyfnder llamhidyddion (a dolffin) ynghyd â chlwstwr hydrophone ar gyfer cyfrifo penawdau. Datblygodd y prosiect feddalwedd ffynhonnell agored hefyd a chanllaw defnyddiwr i ddarparu dull cost-efeithiol a chymharol hawdd ei ddefnyddio ar gyfer y sector YAM. Gyda'r system newydd mae'r datblygwyr yn mireinio'r PLABuoy yn cael ei threialu ar gyfer tynnu dau neu fwy o glystyrau 3D mewn gorchuddion symlach a defnyddio offer o'r fath gyda synwryddion cyfeiriadedd ar angorfeydd i wella canlyniadau (J.Gordon, SMRU, pers comm., 2021).

Er bod C-PODS / F-PODS a SoundTraps yn cael eu defnyddio'n nodweddiadol ar gyfer canfod presenoldeb / absenoldeb a digonedd cymharol mewn ardal, wedi'u defnyddio mewn clystyrau â gofod agos, gallent hefyd gael eu defnyddio ar gyfer astudiaethau lleoliadol; byddai astudiaethau o'r fath hefyd yn gofyn am signal llinell sylfaen rheolaidd o bwynt hysbys i alluogi cydamseriad cloc yn union. Mae grwpiau clystyredig yn angenrheidiol oherwydd nad yw lleisiau morfilod yn omnidirectional ac yn cael eu hallyrru fel trawst ongl gymharol gul neu gôn sain. Nid ydym yn ymwybodol o dreialon sy'n defnyddio dyfeisiau COTS annibynnol o'r fath ond gallent ddarparu dewis amgen cost isel yn lle rhai o'r atebion pwrpasol sy'n cael eu treialu ar hyn o bryd.

6.5.2. Cyfyngiadau PAM

Mae PAM wedi'i gyfyngu i rywogaethau morfilod sy'n lleisio o dan y dŵr (h.y., nid morloi, adar môr neu bysgod nad ydyn nhw'n lleisio).

Rhestrir cyfyngiadau ymarferol isod.

Swn amgylchynol

Mae'n bwysig i dealltwriaeth o lefelau sŵn cefndir mewn safleoedd datblygu YAM fel y gellir canfod newidiadau a achosir gan unrhyw ddyfais YAM. Mae sŵn amgylchynol yn uwch (lefel pwysedd sain, dB) mewn ardaloedd ynni llanw uchel ac ar gyflymder llanw uchel sydd â goblygiadau ar gyfer dehongli data PAM. Gallai cuddio morfilod lleisiol arwain at danamcangyfrif presenoldeb morfilod ar y cyfraddau llif uchaf, gan roi canfyddiad ffug o ddefnydd cynefin o bosibl. yn yr achos hwn rhywogaethau dolffiniaid defnyddio signalau band eang, a all fod yn anodd gwahaniaethu oherwydd gorgyffwrdd â synau cefndir a achosir gan

lif, gweithrediad tyrbinau a sŵn cychod (Gillespie, et al., 2020). Mae sŵn llif y llanw heibio'r hydroffon yn cael ei leihau trwy ddefnyddio dyfeisiau PAM arnofio / drifftio fel bwiau neu drogau, yn lle hydroffonau wedi'u mowntio neu wedi'u hangori (Sparling et al., 2020).

Adnabod a chyfeiriadedd rhywogaethau

Llamhidyddion harbwr yn defnyddio amledd uchel band cul, y gellir ei adnabod yn hawdd mewn data hydroffon (confensiynol a C-POD). Fodd bynnag, mae rhywogaethau dolffiniaid sy'n defnyddio signalau band eang, gan gynnwys Risso's, trwyn potel a dolffiniaid cyffredin, yn dangos gorgyffwrdd sylweddol mewn nodweddion acwstig gan ei gwneud hi'n anoddach gwahaniaethu rhywogaethau mewn C-PODs a hydroffonau confensiynol (Villadsgaard et al., 2007; Robbins et al., 2016). Mae yna rai paramedrau rhywogaeth-benodol y gellir eu defnyddio i wella adnabod, yn enwedig ar gyfer dolffiniaid Risso, er y byddai angen rhywfaint o arbenigedd (Robbins et al., 2016). Paramedrau lleisio mamaliaid morol (math o signal, amledd, math o ffynhonnell ac ati) wedi'u nodi yn llawlyfr Todd et al., (2015) i monitro acwstig goddefol mamaliaid morol. Lleisio hefyd yn gyfeiriadol, sy'n gofyn am ddylunio clystyrau hydrophone yn ofalus os mai olrhain lleoliad yw'r amcan.

Lleoli

Mae'r amodau heriol sy'n gysylltiedig â safleoedd ynni llanw uchel yn golygu bod gwaith monitro yn aml yn gyfyngedig. Mae angen pwysu'n drwm ar angorfeydd offer acwstig statig ac ni ellir eu defnyddio'n ddiogel yn yr ardaloedd sydd â'r cyflymderau cyfredol uchaf. Er enghraifft, dim ond pan fydd pen yr hydrophone yn unionsyth yn y golofn ddŵr y bydd C-PODs yn cofnodi. Datrysiadau yn cael eu peryglu pan nad yw'r ddyfais yn hollol fertigol a bydd yn rhoi'r gorau i recordio mewn safle llorweddol. Os yw llif y llanw yn ddigon cryf i herio'r hydroffonau tuag at y swbstrad, mae risg o ddifrod i'r offer, casglu data dan fygythiad a cholli posibl. Mae hyn yn golygu bod offer PAM fel arfer yn cael ei angori ymhell o'r cyfraddau llif uchaf a fydd yn peryglu datrysiadau ar raddfa ddirwy. Gellir goresgyn hyntrwy integreiddio hydroffonau yn uniongyrchol i ddyfeisiau llanw, fel yn MeyGen, neu defnyddio mewn llwyfannau integredig neu bwrpasol ond mae angen paratoi hyn yn sylweddol.

Storio a phrosesu data

Gall storio a phrosesu data fod yn heriol ar gyfer monitro acwstig goddefol, yn enwedig ar gyfer hydroffonau confensiynol os ydyn nhw'n recordio'n barhaus. Er ei fod yn fwy hylaw na data acwstig a fideo gweithredol, araeau hydrophone o ~ 8 sianel (e.e., 8 uned hydrophone mewn 2 x clwstwr), yna gellir cofnodi hyd at 8 TB o ddata bob dydd (Sparling et al., 2020). Gellir cywasgu data acwstig, er mwyn hwyluso'r broses o drin (e.e., defnyddio cywasgiad digolled yn Gillespie et al., 2020) a all ganiatáu mwy o hyd recordio (Johnson et al., 2013). Serch hynny, angenrheidiol bod cynlluniau rheoli data da ar waith cyn dechrau unrhyw gasglu data (G. Veneruso, Prifysgol Bangor, 2021).

Hydroffonau ymreolaethol sydd ar gael yn fasnachol yn amrywio o ran terfynau storio. Gall SoundTraps storio data 256GB (fersiwn gryno a 4-sianel) neu 2TB (recordydd tymor hir). Gall y sianel hydrophone 'llamhidydd' storio data 4TB. Byddai hyn yn golygu y byddai angen lawrlwytho data bob 1-4 diwrnod os yw hydroffonau ar fin recordio yn barhaus, yn seiliedig ar eu defnyddio o amgylch Minesto, er y bydd hyn yn amrywio yn ôl y math o offeryn. Gellir

prosesu data acwstig amser real o hydroffonau ceblau (fel hydrophone wedi'i dynnu, neu system integredig MeyGen) gyda meddalwedd ffynhonnell agored fel PAMGuard (Gillespie et al., 2008), ar gyfrifiadur ar fwrdd y llong, i ddosbarthu a lleoli signalau.

6.5.3. Crynodeb

I grynhoi, gellir defnyddio dyfeisiau clwstwr / arae o ddyfeisiau PAM ar gyfer astudiaethau ar raddfa eang o bresenoldeb a dosbarthiad morfilod ac fe'u defnyddiwyd i gael data ar raddfa ger cae / mân ar symudiadau morfilod o amgylch tyrbinau. Ar hyn o bryd mae'r dechnoleg yn dal i ddatblygu, ac mae'r rhan fwyaf o astudiaethau'n cael eu harwain gan ymchwil yn hytrach nag yn seiliedig ar gynhyrchion masnachol oddi ar y silff. Ar gyfer olrhain arae graddfa fanwl mae'n hanfodol, ac mae'r dadansoddiad yn gymhleth sy'n gofyn am arbenigedd.

6.6. Technoleg acwstig weithredol

Technoleg acwstig weithredol yn ddull cadarn o fonitro bywyd morol gan ei fod yn gallu canfod a lleoleiddio targedau yn y golofn ddŵr yn gywir. Mae'r dulliau hyn yn cynhyrchu corbys sain yn electronig gan ddefnyddio taflunydd sonar ac yna'n monitro am adleisiau o'r corbys hyn wrth iddynt adlewyrchu gwrthrychau sy'n defnyddio un neu fwy o hydroffonau (McConnell et al., 2013). Mae technoleg o'r fath (e.e. sonar, echosounders, dyfeisiau hollt a multibeam) yn darparu mesur cydraniad uchel (mewn amser a gofod) o brosesau biolegol (sŵoplancton a digonedd a dosbarthiad pysgod) a phrosesau eigioneg ffisegol (tonnau mewnol, micro-gynnwrf, a systemau blaen) trwy gyfres amser o fesuriadau acwstig cefndir (Lavery et al., 2010, Howe et al., 2019). Defnyddiwyd acwsteg weithredol o'r blaen mewn ymchwil pysgodfeydd i asesu biomas, digonedd, dosraniadau gofodol ac amserol, dosbarthiadau maint a strwythur y boblogaeth. Gellir eu defnyddio hefyd i astudio ymddygiadau fel ymfudo, silio, bwydo ac addysg.

Mae yna nifer fawr o systemau sonar gweithredol sydd ar gael yn fasnachol gydag un adolygiad yn coladu rhestr eiddo yn manylu ar dros 200 o systemau gan 39 o wneuthurwyr sonar gan gynnwys Sound Metrics, Kongsberg, Tritech, Valeport, Qinetiq, Reson, BioSonics, Simrad, Si-TEX. 'r 200 system hyn, ymgorfforodd 24 feddalwedd canfod ac olrhain targed awtomataidd gan gynnwys systemau BioSonics DT-X a Tritech Gemini; fodd bynnag, cynlluniwyd y mwyafrif o'r rhain ar gyfer diogelwch cychod neu borthladdoedd yn hytrach nag ar gyfer olrhain bywyd gwyllt morol (McConnell et al., 2013).

6.6.1. Technegau acwstig gweithredol cyfredol ac sy'n dod i'r amlwg

Technegau acwstig gweithredol wedi'u cynllunio ar gyfer ystod eang o ddefnyddiau gan gynnwys mapio, llywio o dan y dŵr, ymchwil pysgodfeydd, a phroffilio gwely'r môr (Griffin et al., 2020).

Mewn amgylcheddau gwelededd isel fel y rhai sy'n bresennol o amgylch Cymru (yn enwedig Sianel Bryste), nid yw systemau acwstig gweithredol fel echosounders neu sonars multibeam, wedi'u cyfyngu gan lefel golau neu welededd oherwydd bod y ddelwedd yn cael ei chynhyrchu gan sain wedi'i adlewyrchu, nid golau wedi'i adlewyrchu. O'r herwydd, nid yw'r lefelau mater gronynnol crog amgylchynol yn effeithio ar y systemau hyn (Belcher & Lynn, 2000). Addaswyd acwsteg weithredol fel camerâu acwstig i ddechrau ar gyfer cyfrifo pysgod neu eu hadnabod o dan amodau gwelededd isel fel goleuadau gwael neu gymylogrwydd uchel (Belcher & Lynn, 2000; Kim et al., 2005; Moursund et al., 2003).

Mae amleddau trosglwyddo sylfaenol fel arfer yn amrywio rhwng 12 a 3,000 kHz (McConnell et al., 2013). Mae systemau o'r fath yn cynnwys sonars amlbwrpas amledd uchel neu "gamerâu acwstig", sy'n dechnoleg gymharol arloesol, a ddefnyddiwyd yn flaenorol i wyllo ac archwilio strwythurau tanddwr yn yr amgylchedd morol (Belcher et al., 2002). Gan fod systemau acwstig yn galluogi arolygon cymharol anymwthiol o amgylcheddau morol, maent yn cael eu defnyddio fwyfwy i astudio poblogaethau anifeiliaid morol gan nad ydynt yn addasu eu hymddygiad naturiol. Fodd bynnag, gall anifeiliaid sydd â galluedd clywed cryf fel mamaliaid morol newid eu hymddygiad mewn ymateb i sonar, ac os felly mae angen systemau sonar ag amleddau y tu allan i'w hystod clyw.

Er mwyn gallu mesur ymddygiad unigolion gan gynnwys mamaliaid morol a physgod o amgylch dyfeisiau ynni llanw, rhaid i system sonar fodloni manylebau hanfodol gan gynnwys:

- Cwmpas gofodol priodol (llorweddol ac fertigol); mae hyn i bob pwrpas yn pennu cyfaint y dŵr y gellir ei fonitro o amgylch y tyrbin.
- Datrysiaid amserol digonol (cyfradd-ping), datrysiaid onglog ac amrediad i ganiatáu i unigolion targed (pysgod neu famaliaid) gael eu canfod, eu dosbarthu a'u holrhain yn effeithiol.
- Dim ymyrraeth ag ymddygiad rhywogaethau targed a rhywogaethau nad ydynt yn darged.

Yn flaenorol, gweithredwyd y systemau acwstig gweithredol hyn mewn astudiaethau ymddygiad pysgod, adar môr a mamaliaid morol gan asesu rhyngweithio â thyrbinau llanw yn ogystal ag ar gyfer dosbarthu targedau biolegol yn awtomatig (Williamson et al., 2017). Mae gan systemau acwstig gweithredol fel multibeam ystodau arsylwi o ddegau i gannoedd o fetrau yn dibynnu ar amllder (Cotter & Polagye, 2020) a'r gallu i olrhain unigolion (Melvin & Cochrane, 2014). Mae hyn yn caniatáu i'r technegau hyn gael eu defnyddio i fonitro gweithgaredd unigolion yn ardal uniongyrchol y tyrbin (<30 m) yn ogystal â'r ardal ehangach (> 60 m).

Gan systemau acwstig gweithredol y potensial i gadarnhau cyswllt corfforol rhwng llafnau thyrbinau ac unrhyw wrthrychau neu unigolion mamaliaid morol, gyda rhai systemau amledd isel (<1 kHz) yn darparu ystod ddamcaniaethol o hyd at 120 m (er yn ymarferol llawer llai - hyd at 50 m ar gyfer morloi, SMRU) a sonars delweddu amledd uwch sy'n darparu cydraniad uwch ar ystod o 1 m - 5 m (Jha, 2016). Gellir defnyddio systemau mewn amgylcheddau deinamig, gwelededd isel sy'n gysylltiedig â datblygiadau nentydd llanw i ganfod a nodi presenoldeb rhywogaethau sy'n peri pryder o amgylch ardal thyrbinau (> 60 m). O ran monitro

isadeiledd ar ôl gwrthdrawiad, efallai y bydd sonar delweddu a ddefnyddir ar amledd uchel hefyd yn gallu canfod lleoliad cyswllt neu wrthdrawiad gyda'r lafnau tyrbinau.

6.6.2 Echosounder trawst sengl a thrawst hollt

Mae echosounder trawst sengl, sydd wedi esblygu o ddyfeisiau analog, hyd at ryngweithio sengl amledd, band eang aml-amledd a band eang amledd uchel wedi bod yn ddull mynd-i-ddeall ar gyfer deall yr amgylchedd o dan wyneb y môr ers amser maith. Gall y dyfeisiau hyn ganiatáu ar gyfer canfod targedau yn y golofn ddŵr a dosbarthu targedau trwy fesur ymatebion i sbectra sain cydraniad uchel ac amrywiol, mewn rhai achosion i lawr i lefel rhywogaeth (Korneliussen et al., 2016). Gall echosounder trawst hollt ddefnyddio gwahaniaethau ymhellach mewn amseroedd dychwelyd ping i wahanu pwyntiau ar wyneb y trawsatebwr i nodi lleoliad targed o fewn signal y trawst. Mae'r diwydiant pysgota wedi gyrru datblygiad yr offer hyn i dargedu'r heigiau pysgod mwyaf proffidiol, a gellir eu defnyddio i adnabod heigiau o rai rhywogaethau masnachol. Grŵp Simrad / Kongsberg sy'n arwain y rhan fwyaf o ddatblygiad yn y maes hwn gyda mwyafrif yr ymchwil yn ystod y degawdau diwethaf yn seiliedig ar eu pecynnau lleoli ES ac EK 60 ac 80 (ES ac EK yn cyfeirio at fodel echosounder (Sakinan & Berges, 2020).

Er bod y technolegau hyn yn ddefnyddiol mewn pysgodfeydd ar gyfer pennu maint heigiau, maint pysgod unigol yn y dosbarthiad heigiau a rhywogaethau, maent yn dod â rhai anfanteision. Y prif bryder ar gyfer monitro safleoedd YAM yw, fel offerynnau trawst sengl, bod eu ongl wyllo naill ai wedi'i gyfyngu i oddeutu 7 ° pan fydd ffocws neu drawst cydraniad isel ongl uwch o hyd at 120 ° (Williamson et al., 2017). Mae hyn yn golygu, fel dull ar gyfer monitro ardal fawr ar gyfer nodi targedau, eu bod o ddefnydd cyfyngedig ar eu pennau eu hunain (Williamson et al., 2017), er eu bod yn ychwanegu gwerth sylweddol wrth eu cyfuno ag offer eraill. Fel dulliau eraill y gellir eu defnyddio ar gyfer adnabod, mae angen llawer iawn o ddata hyfforddi arnynt hefyd i ganiatáu dosbarthu, y mae angen iddynt ystyried newidynnau megis rhywogaethau, maint, cyfeiriadedd, cyflymder, amodau amgylchynol, ac amrywiadau mewn graddnodi (Renfree et al., 2020). O ganlyniad i hyn, ac oherwydd y gyfradd fawr o gynhyrchu data, mae prosesu hefyd yn wddf potel ar gyfer monitro safleoedd mewn amser real.

Mae systemau'n cael eu datblygu sy'n cwmpasu nifer o bennau sonar mewn un pecyn. Mae biosonics yn datblygu system canfod a dosbarthu targed hir-gyfeiriadol omni-gyfeiriadol sy'n cynnwys 48 o bennau sonar sy'n rhoi sylw 360 ° ar gyfer canfod targedau. Yna mae sonar eilaidd, y dosbarthwr dan gyfarwyddyd, yn cael ei anelu'n awtomatig at y targed a ganfyddir i olrhain ei safle mewn tri dimensiwn a chasglu data cydraniad uwch ar ddwysedd, maint a chyfradd symud. Mae hyn yn cael ei ddatblygu ar hyn o bryd ac yn cael ei dreialu yn Safle Prawf Ynni Wave (WETS) yn Hawaii.

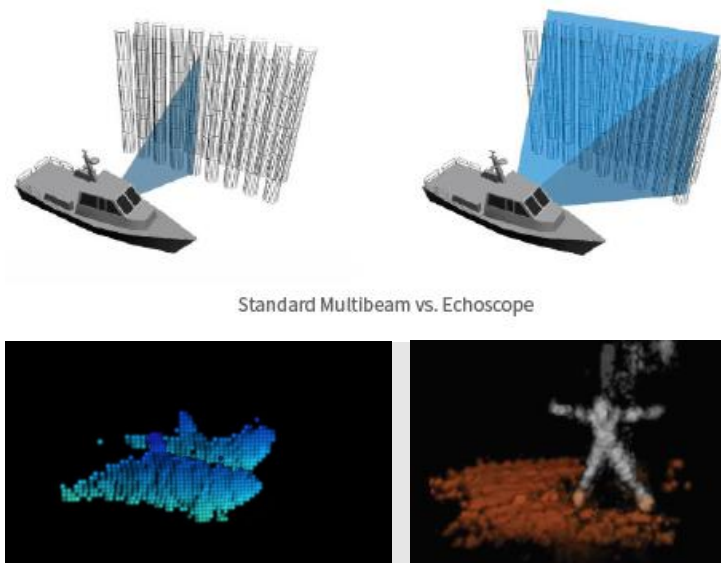
6.6.3. Sonars aml-drawst a chamêrau acwstig

Mae pysgod yn targedau bach, ac mae gwyddonwyr pysgodfeydd wedi defnyddio sonar adnabod amledd deuol Sound Metrics Corp DIDSON yn bennaf (Holmes et al., 2006; Handegard & Williams, 2008; Boswell et al., 2008; Burwen et al., 2010; Doehring et al. 2011; Martignac et al., 2015) yn arbennig ar gyfer nodi a chyfrif pysgod mudol mewn afonydd.

DIDSON yn caniatáu monitro ar sawl amledd, a'r uchaf ohonynt yw 1.8 MHz sy'n cynhyrchu ansawdd delweddd uchel gyda maes golygfa 29 °. Y pellter mwyaf ar gyfer yr amledd hwn yw tua 12 m. Gellir cynyddu'r pellter hwn i 30 m gydag amledd isel o 1.1 MHz (Moursund et al., 2003). Yn fwy diweddar, mae Sonar Delweddu Datrysiad Addasol Sound Metric Corp 'ARIS' wedi'i wella i weithredu ar 1.8 a 3.0 MHz, gyda'r olaf yn darparu delwedddau o ansawdd uwch ar ystod o 5 m. Mae'r camera hwn wedi'i gymhwyso i fonitro pysgod dŵr croyw ac arfordirol gan gynnwys dilysu mesuriadau hyd pysgod (Cook et al., 2019) hyd at oddeutu 5-20 m wrth ddefnyddio meddalwedd a gosodiadau ARIS SCOPE priodol. Efallai y bydd adnabod nodweddion megis siâp y corff, maint, caudal, pectoral, ac esgyll dorsal i'w gweld ar y delwedddau sonar yn dibynnu ar ba mor aml y gweithredir yn (Jones, 2020). Gall nodweddion ymddygiadol fel symud hefyd gynorthwyo adnabod. Er bod y camera hwn wedi'i ddefnyddio'n helaeth mewn amgylcheddau dŵr croyw, fel y mae, gall y system hon fod yn agored i bwysau morol fel biodanwydd a chorydiad yn ystod lleoliadau morol tymor hir: mae angen ymchwil a phrofi pellach i asesu ei wytnwch yn yr amgylcheddau hyn.

Dewis arall yn lle ARIS a ddefnyddiwyd o'r blaen i fonitro morol, gan gynnwys o amgylch tyrbinau llanw, yw'r sonar delweddu Tritech Gemini cydraniad is sy'n gweithredu ar amledd o 720 kHz ar gyfer canfod targedau ystod hir (ystod ddamcaniaethol 0.2 m i 120 m) a 1200 kHz ar gyfer adnabod ystod agos (0.1 m - 50 m). Awgrymodd trafodaethau gyda'r gwneuthurwr y gellir defnyddio pellter o 40-50 m i ganfod mamaliaid morol wrth weithredu ar 720 kHz, sy'n gyson â chynghor gan SMRU (uchod) ar gyfer morloi. Er bod hwn yn ystod amledd isel o'i gymharu ag ARIS, y Tritech Gemini fu'r ddyfais a ffeirir mewn datrysiadau aml-ddyfais integredig, oherwydd ei chydawnsedd â dyfeisiau a meddalwedd eraill, ei botensial i gael ei chynnwys mewn 'system sbarduno' er mwyn osgoi cofnodi'n ddiangen data a chost. Mae ganddo hefyd wytnwch profedig i ddefnyddio morol yn y tymor hwy ac mae wedi'i addasu i'w ddefnyddio gyda gorchuddion camerâu tanddwr titaniwm amddiffynnol. Hefyd, defnyddiodd Prosiect SeaGen yn Strangford Lough yr system sonar Tritech Gemini yn uniongyrchol ar y tyrbîn llanw gan ddefnyddio plât mowntio wedi'i sicrhau i ganol croesbeam y tyrbîn, wedi'i ynysu'n drydanol o'r tyrbîn gan ddefnyddio matiau rwber rhwng y pen a'r plât mowntio. Roedd dyfnder y transducer pan ostyngwyd y groesbeam 11.5m yn isel na Gwanwyn Dŵr Isel Cymedrig (GDIC) ac roedd yn agos at ganol y golofn ddŵr. Ymgorfforwyd trosglwyddo data o'r pennau sonar mewn ceblau pwrpasol o fewn ceblau systemau presennol y tyrbinau. Roedd y sonar yn darparu gorchudd llorweddol 120° x gorchudd graddol 20° o flaen y tyrbîn gan ddarparu gorchudd colofn ddŵr llawn oddeutu 68 metr o'r tyrbîn (Hastie 2013).

Mae yna hefyd systemau multibeam 3D, fel Echoscope CodaOctopus ac Echoscope PIPE. Mae'r Echoscope yn defnyddio amleddau 375/630 kHz ac yn cynhyrchu 128 x 128 trawst (cyfanswm o 16,384 trawst), fel cael 128 o sonars amlbib mewn un cwpwrdd (Ffigur 6). Defnyddiwyd y system hon yn bennaf ar gyfer adeiladu tanddwr, gosod cebl, olrhain a monitro plymwyr, ond mae ganddo'r potensial i'w ddefnyddio i fonitro rhyngweithiadau anifeiliaid â dyfeisiau ynni nentydd llanw.



Figur 6. Cymhariaeth o sylw safonol multibeam yn erbyn cwmpas Echoscope Coda Octopus (delwedd uchaf), enghreifftiau o ddelweddau Echoscope (delweddau gwaelod), wedi'u cymryd o Coda Octopus.

Mae'r PIPE Echoscope yn ddiddorol mewn y cymhwysiad hwn gan ei fod yn rhoi posibilrwydd i edrych ar ddata dethol yn y gyfrol gyfan ac i weithredu'r sonar mewn dilyniant fel:

- Ping 1af: golwg 90 wrth 44° ar 240kHz - ystod isel ongl lydan (a datrysiad isel) i gwmpasu'r gosodiad cyfan.
- 2il ping: 50 wrth 50° wedi'i gyfyngu i gwmpasu'r ardal sydd efallai 10 metr o flaen y gosodiad i weld bywyd y môr yn agosáu at y gosodiad.
- 3ydd ping: 24 wrth 24° wedi'i gyfyngu i orchuddio'r ardal reit o flaen y gosodiad i weld bywyd morol yn mynd i'r tyrbin.
- 4ydd ping: 24 wrth 24° wedi'i gyfyngu i orchuddio ardal y tu ôl i'r tyrbin.
- Dilyniant yn dechrau drosodd.

Yna gellir arddangos y delweddau mewn ffordd gyfunol neu ar wahân ar gyfer pob elfen o'r dilyniant. Gall y sonars PIPE weithredu ar gyfradd ffrâm hyd at 40 Hz felly yn yr enghraifft hon byddai pob elfen o'r dilyniant yn rhedeg hyd at 10 Hz a ddylai fod yn ddigon i gael delweddaueth o ansawdd da. Mae'r PIPE Echoscope ac Echoscope yn ddrud o'u cymharu â'r mwyafrif o fathau eraill o multibeam ond mae lle i'r system hon ddarparu lefel uchel o sylw os caiff ei chyfeirio i edrych ar ddyfais ynni llif llanw. Byddai angen ystyried amllder gweithredol yn ofalus hefyd er mwyn osgoi effeithiau ar rywogaethau fel mamaliaid morol.

Gellir defnyddio systemau aml-drawst i grwpiau anifeiliaid morol eraill gan gynnwys mamaliaid morol ac adar y môr. Er enghraifft, mae Staines et al. (2020) yn cyflwyno canfyddiadau sy'n treialu'r defnydd cyfun o echosounder trawst sengl ongl lydan gyda camera sonar delweddu wedi'i leoli o gychod o fewn safleoedd prosiect tyrbinau llanw. Awgrymodd dadansoddiad fod mamaliaid morol i'w gweld ar y camera wrth weithredu ar amledd uchel (1.8 MHz) gydag ystod o 2 m i 12 m o dan yr wyneb. Adnabod rhywogaethau mamaliaid morol hefyd yn bosibl gydag astudiaethau'n dod i'r casgliad y gellir nodi maint, siâp, ac ymddygiad nofio ar gyfer rhywogaethau fel morlo harbwr *Phoca vitulina*, morlo llwyd *Halichoerus grypus*, ac orca

Orcinus orca. Roedd nodweddion fel llyngyr yr iau, esgyll dorsal a siâp y corff i'w gweld ar y ffilm (Francisco & Sundberg, 2019).

6.6.4 Cyfyngiadau acwstig gweithredol

Er eu bod yn cael eu cyflwyno yma fel cyfres o ddulliau ar gyfer monitro safleoedd YAM, mae'r rhagosodiad dyfeisiau acwsteg gweithredol yn debyg y o'r herwydd mae cyffredinedd i'r materion a'r cyfyngiadau y mae'r offerynnau hyn yn dod ar eu traws:

Ymyrraeth â'r anifail targed

Yr adolygiad Hastie (2013) atebion sonar gweithredol gan y gwneuthurwyr canlynol: BioSonics, Tritech a Codaoctopus. Roedd y canlyniadau'n awgrymu bod llamhidyddion yn arddangos ymatebion cymharol gynnil i system Tritech Gemini tra bod morloi yn arddangos ymatebion amlwg i'r system DT-X BioSonics. Rhagwelwyd hefyd y byddai morloi a llamhidyddion harbwr yn gallu clywed signalau Tritech Gemini a BioSonics DT-X ar ystodau o oddeutu 60 a 4,000m, yn y drefn honno. Mae'r canlyniadau hyn yn awgrymu y gallai anifeiliaid morol ymateb yn wahanol i wahanol ddyfeisiau, rhywbeth y dylid ei ystyried wrth greu rhaglenni monitro. Mae BioSonics yn anelu at ddatrys y materion hyn trwy ddatblygu tonffurfiau trosglwyddo pwls unigryw sydd i gyd ond yn dileu llabedau ochr amledd isel. Eu nod yw monitro mamaliaid morol o bell (hyd at 300 + metr) wrth iddynt agosáu at safleoedd YAM a phheidio â'u cael yn ymwybodol o'r signal acwstig (cyfeirnod, BioSonics).

Maes golygfa

Er bod yr ystod o systemau acwstig gweithredol yn fwy o gymharu â thechnolegau eraill fel camerâu optegol, wrth weithredu ar amledau uwch mae'r amrediad hwn yn cael ei leihau'n fawr i gyflawni delweddau cydraniad uwch (1-5 m yn dibynnu ar y system). Mae hyn yn arbennig o wir yn achos systemau fel ARIS (Sound Metrics). Felly, mae'n dal yn anodd olrhain symudiadau ac ymddygiad anifeiliaid morol yn gywir dros bellteroedd mwy (60 m) a'u hadnabod yn hyderus i lefel rhywogaeth wrth weithredu ar benderfyniadau uwch.

Adnabod lefel rhywogaeth

Mae hyder a chywirdeb adnabod ar lefel rhywogaeth gan ddefnyddio acwsteg weithredol yn llawer isel o gymharu â thechnegau monitro eraill fel camerâu optegol ac arsylwadau gweledol uniongyrchol eraill. Yn achos camerâu acwstig ac adnabod grwpiau rhywogaethau yn amlbwrpas h.y., efallai mai mamaliaid morol, adar môr a physgod yw'r opsiwn gorau i gategoreiddio unigolion a gofnodwyd. Mewn rhai achosion, efallai y bydd rhai nodweddion yn gallu cynorthwyo adnabod, gall hyn gynnwys maint, ymddygiad nofio, nodweddion esgyll a phocedi aer mewn plu. Mae echosounder trawst sengl yn darparu llwybr ychwanegol ar gyfer nodi targedau, ond mae eu maes barn neu ddatrysiad cyfyngedig yn golygu bod hwn yn ddefnydd cyfyngedig at ddibenion monitro.

Cythrwfl yn y dŵr

ellir lleihau ansawdd data mewn amgylcheddau tanddwr cythryblus, gan guddio targedau ecolegol pwysig (Williamson et al., 2017), gan wneud adnabod nodweddion yn anodd (Fraser et al., 2017) ac o bosibl achosi dosbarthiad ffug. Ar gyfer defnyddio systemau acwstig mewn lleoliadau sy'n destun llifoedd mawr, mae angen cywiro deinamig ar ddelweddau acwstig er mwyn i symudiad dŵr gael gwared ar ystumio. Mae'r broblem hon yn fwy difrifol pan fydd camerâu yn edrych ar draws y llanw, neu ar anifeiliaid yn symud ar draws y llanw yn hytrach nag edrych ar ei hyd neu symud yn uniongyrchol yn erbyn y llanw. Gall algorithmau canfod sefydledig fethu yn yr eiddo amgylcheddol deinamig sy'n gysylltiedig â safleoedd datblygu adnewyddadwy morol. Felly mae'n bwysig tynnu cynnwrf o setiau data gan ddefnyddio hidlo, canfod, ac olrhain algorithmau (Williamson et al., 2017). Gweithgynhyrchwyr fel Sound Metrics Corp. wedi cynnwys hidlo fel tynnu cefndir, lleihau crosstalk a cholli trosglwyddiad fel rhan o'u pecynnau meddalwedd i wella ansawdd delwedd mewn achosion o'r fath (Sound Metrics Corp 2018). Yn ogystal, gall gwrthrychau cefndir gan gynnwys y tyrbin ei hun neu falurion ym maes gweld y camera ystumio delweddau hefyd.

Storio a phrosesu data

Mae angen storio data drud mawr i ddiwallu anghenion monitro tymor hir systemau acwstig a ddefnyddir o bell heb gysylltiad uniongyrchol â'r lan. Tynnu data yn yr achosion hyn yn dibynnu ar yr amserlen y mae angen cynnal a chadw'r systemau acwstig gweithredol. Mae'r swm enfawr o gofnodi data wrth ddefnyddio systemau acwstig yn her i brosesu data. Mewn rhai achosion, gall casglu data fod yn gyfoethog o ddata, ond eto'n brin o wybodaeth (Cotter & Polagye, 2020). Gall dadansoddiad awtomataidd gan gynnwys dysgu trwy beiriant felly dim ond 'digwyddiadau' sy'n cael eu dal leihau'r llwyth data a gwella amseroedd prosesu. Mae dysgu trwy beiriant mewn acwsteg yn faes sy'n datblygu'n gyflym ar gyfer canfod patrymau mewn data.

Er bod gan dechnegau acwstig sawl mantais dros ddelweddau optegol, mae'n anoddach dosbarthu ac adnabod targedau yn hyderus (Horne, 2000) ac mae dulliau prosesu data i ganiatáu canfod, olrhain a dosbarthu targedau amser real mewn perthynas â llifoedd cyfredol yn cael eu datblygu ar hyn o bryd (Hasselman et al., 2020).

Fel term ystyried, mae caledwedd acwstig gweithredol yn allbynnu ystod eang o fathau o ddata amrwd a lled-brosesu. Gellir archwilio data ar gyfer mesuriadau pellter, delweddu acwstig, neu enillion cymharol o donfeddi gwahanol, y gall amodau amgylchynol effeithio ar bob un ohonynt gan gynnwys tymheredd y dŵr, halltedd, cymylogrwydd, cynnwrf, a phresenoldeb swigod nwy ynghyd â chyfeiriadedd a maint y targedau sy'n cael eu dilyn. Yn ychwanegol at hyn, mae'r ystod o ddefnyddiau o'r data hyn, o bathymetreg a nodweddu isel-waelod yn ogystal ag arsylwi yn y golofn ddŵr yn golygu bod angen nifer o ddulliau i brosesu data i'r wybodaeth ofynnol ar gyfer y cais a ddymunir gan y defnyddiwr.

Rhan mwyafrif o geisiadau, mae gofynion arolwg yn gysylltiedig â gwely'r môr ac yn ymwneud â bathymetreg a'r math gwaelod. Felly mae mwyafrif y meddalwedd prosesu acwstig gweithredol yn ymwneud â phrosesau mapio. Monitro targedau yn y golofn ddŵr yn farchnad arbenigol, sydd o ddiddordeb yn bennaf i ymchwil wyddonol a chymunedau pysgota masnachol, felly mae meddalwedd ar gyfer prosesu yn canolbwyntio ar rywogaethau

masnachol pwysig penodol neu'n ddrud i'w trwyddedu. At ddibenion dadansoddol, y prif becyn meddalwedd sydd ar gael yn fasnachol yw Echoview (Echoview Software Pty Ltd.), prynu trwydded ar ei chyfer, sy'n cynnwys y gallu i brosesu a nodi targedau mewn trawstiau hollt ac echosounder aml-haen a chamêrau acwsteg, costau yn y oddeutu £45, 000 gyda chostau trwyddedu cynnal a chadw ychwanegol ar ôl y pryniant cychwynnol. Mae pecynnau prosesu am ddim, a ddatblygwyd gan y gymuned ac yn sefydliadol ar gael, ond daw'r rhain gyda'r pryderon ychwanegol ynghylch gwarant, diffyg dogfennaeth, diffyg cynnal a chadw a chwestiynau am atebolrwydd sy'n gysylltiedig â'u defnyddio sy'n gysylltiedig â phecyn meddalwedd anfasnachol a fyddai'n ystyriaeth fawr ar ddatblygiad YAM ar raddfa fawr.

Pŵer

Mae'r systemau pweru monitro acwstig yn parhau i fod yn her gyda'r opsiynau a ffeirir gan gynnwys pweru offer gan ddefnyddio cebl pŵer / ffibr optig ar y lan. Ar gyfer safleoedd anghysbell, gall cysylltiad ceblau â bwi arwyneb sy'n gweithredu arae solar a modem celloedd neu gynnwys caniau batri tanfor fod yn opsiwn arall. Yn yr achos hwn, gall gwasanaethau batri fod fisoedd ar wahân.

6.6.5 Crynodeb

Gellir defnyddio technegau acwstig gweithredol i archwilio rhyngweithiadau ger caeau (FR3) ar gyfer pob grŵp rhywogaeth yng nghyffiniau tyrbinau, hyd yn oed mewn amodau gweladwy, cymylog isel. Pan fyddant yn gysylltiedig â data monitro amgylcheddol neu ddata arall gallant hefyd gyfrannu at ofynion eraill (FR2, FR4, FR6).

Mae'r offer yn ddrud ac ar gyfer eu defnyddio yn y tymor hwy argymhellir yn gryf eich bod yn integreiddio'n gynnar i ddylunio tyrbinau.

Nifer o gyfyngiadau wedi'u nodi, gellir goresgyn y mwyafrif o'r rhain trwy gynllunio'n iawn. Y prif fater sydd angen cynnydd pellach yw dosbarthu targedau, yn enwedig ar lefel rhywogaeth; gan ddefnyddio technegau fel offer AI gall hyn fod yn bosibl, ond ar hyn o bryd cyfuno'r dechneg hon ag offer a data eraill i helpu i nodi targedau yw'r dull gorau.

6.7 Tagio ac olrhain

Data cofnodydd anifeiliaid yn offer pwerus a ddefnyddir i feintio defnydd ac ymddygiad gofod ar raddfa fawr. Fe'u defnyddir yn helaeth mewn astudiaethau o bysgod, adar a morloi. Gall marcwyr allanol syml ddarparu data ar raddfa eang ar ddosbarthiad a demograffeg anifeiliaid. Fodd bynnag, mae tagiau a synwryddion integredig, mwy soffistigedig yn darparu gwybodaeth feintiol ar y potensial ar gyfer rhyngweithio a data ymddygiadol cyd-destunol ar raddfa gain, o bosibl yng nghyffiniau dyfeisiau ynni morol.

Mae'n anodd dal morfilod yn ddiogel, i'r anifail ac i'r gweithredwr, ac o'r herwydd, nid oes unrhyw raglenni tagio morfilod yn y DU ar hyn o bryd. Astudiaethau mewn mannau eraill sy'n cynnwys morfilod wedi'u tagio yn defnyddio anifeiliaid sydd wedi'u dal gyda llaw fel sgil-ddal,

gydag ymchwilwyr sy'n cydweithredu yn tagio anifeiliaid cyn iddynt gael eu rhyddhau (Johnston et al., 2005; Westgate et al., 1995). Astudiaethau eraill wedi defnyddio anifeiliaid sownd sydd wedi cael eu hadsefydlu a'u tagio cyn eu rhyddhau (e.e., Risso's, Shoham-Frider et al., 2002).

Mae nifer o astudiaethau tagio morloi llwyddiannus wedi'u cynnal yn y DU, yn bennaf ar forloi harbwr gyda data cyfyngedig ar gyfer morloi llwyd (Sparling et al., 2020). Gellir tagio morloi bach â marcwyr allanol ar gyfer edrych ar recriwtio i fod yn oedolion (Pomeroy et al., 2010), tra bod tagiau GPS / lloeren wedi'u defnyddio ar gyfer darparu data telemetreg ar ddefnydd ar y môr ar raddfeydd poblogaeth (SCOS, 2013).

Ar hyn o bryd mae astudiaethau tagio adar môr yn defnyddio tagiau integredig archifol ynghyd â GPS i ddarparu data ar gyfer paramedrau sy'n cael eu bwydo i mewn i Modelu Risg Gwrthdrawiadau (MRG) a modelau osgoi yn seiliedig ar asiantau. Mae'r dyfeisiau hyn a gludir gan anifeiliaid yn caniatáu i symudiadau tanddwr yr unigolyn gael eu hailadeiladu gan ddefnyddio synwryddion pwysau, a gellir delweddu ymddygiad gan ddefnyddio cyflymromedrau a magnetomedrau. Mae'r dull hwn yn darparu data empeiraidd cydraniad uchel, cydraniad uchel ar gyfer adar sy'n plymio a'u defnydd gofod 3-D, mae'r dull hwn wedi'i ddefnyddio'n helaeth ar draws sawl rhywogaeth o ddiddordeb. Gallai dadansoddi data a gasglwyd o'r holl astudiaethau olrhain yng nghyd-destun asesu tebygolrwydd a natur rhyngweithio rhwng adar a dyfeisiau ynni'r llanw ddarparu data defnyddiol i ddatblygwyr yn y sector, gan eu galluogi i liniaru unrhyw effeithiau posibl.

Am rhywogaethau pysgod anadromaidd, mae Prifysgol Abertawe, gan weithio gydag Ymddiriedolaeth Eog yr Iwerydd (AST) a'r Ymddiriedolaeth Cadwraeth Gêm a Bywyd Gwyllt (GWCT), mewn adroddiadau a gomisiynwyd gan CNC, wedi adolygu'r systemau hyn yn fwy manwl (Clarke et al., 2021a) ac maent wedi cynllunio araeau acwstig sy'n cwmpasu'r parthau adnoddau dynodedig (Clarke et al., 2021b). Mae'r adroddiadau yn cynnwys argymhellion ar gyfer astudiaethau tagio i werthuso llwybrau mudo ar gyfer y rhywogaethau pysgod anadromaidd a nodwyd yn yr adroddiad hwn ac i feintoli argaeledd poblogaethau sentinel o fewn y parthau adnoddau strategol dynodedig ar gyfer llif llanw, amrediad llanw a dyfeisiau tonnau.

6.7.1. Mamaliaid morol

Morfilod

Er na wneir tagio morfilod yn y DU, gall adnabod lluniau o forfilod sy'n defnyddio marciau a rhiciau unigryw ar esgyll dorsal ddarparu buddion tebyg i farcwyr allanol am ddarparu data ail-ddal marciau cipio ar gyfer amcangyfrifon poblogaeth a ffyddlondeb safle. Mae'r dull hwn wedi'i gynnal o amgylch Cymru mewn nifer o leoliadau fel Ardaloedd Cadwraeth Arbennig (ACA) Bae Aberteifi lle mae dolffiniaid trwyn potel wedi'u monitro gan CNC a chyrff anllywodraethol (sefydliadau anllywodraethol) fel Sea Watch Foundation (Feingold ac Evans, 2013; Lohrengel et al., 2018). SeaTrust, a leolir yn Wdig, Sir Benfro, yw'r sefydliad cyntaf i dreialu'r dull hwn ar lamddyddion harbwr o amgylch Pen Strwmbel a Ramsey Sound, (H. Dunn, SeaTrust, 2021).

Mae Photo ID wedi cael ei gynnal ar ddolffiniaid Risso oddi ar Ynys Enlli, gyda data yn darparu amcangyfrifon poblogaeth tebyg i'r cyfrifiad cenedlaethol a thystiolaeth o lefel o ffyddlondeb tymor tymhorol tymor hir (de Boer et al., 2013).

Morloi

Yn yr Alban, bu nifer o astudiaethau tagio ar forloi harbwr. Defnyddiwyd Logwyr Data Cyfnewid Lloeren (SRDLs) mewn astudiaeth genedlaethol ar raddfa fawr yn edrych ar ymddygiad chwilota morloi harbwr ledled y DU (Sharples et al., 2012). Mae'r math o dag yn gymharol fawr (Tabl 3) ac mae'n cynnwys cofnodydd data wedi'i ryngwynebu i uned trosglwyddydd ARGOS, ond hefyd yn cynnwys synhwyrdd pwysau a dargludedd (Sharples et al., 2012).

Mae SMRU wedi bod yn datblygu tagiau telemetreg ar gyfer morloi ledled y DU er 1988 (Plunkett & Sparling, 2015). Gellir trosglwyddo data o'r tagiau hyn trwy system loeren Argos (tagiau Argos) i roi lleoliadau ond fe'u datblygwyd hefyd i ddefnyddio system fyd-eang ar gyfer rhwydweithiau ffôn symudol (GSM - tagiau ffôn). Mae'r ddau fath yn arwain at atgyweiriadau lleoliad, ond canfuwyd bod data o dagiau ffôn o ansawdd gwell, gan ddarparu lleoliadau amlach (Plunkett & Sparling, 2015). Y tagiau telemetreg GPS-GSM hyn yw'r ffordd orau o bennu dosbarthiad morloi ar y môr (Carter et al., 2020). Defnyddiwyd y tagiau hyn ar forloi harbwr o amgylch Strangford Lough i weld defnydd cynefin cyn ac ar ôl i dyrbin llanw SeaGen gael ei ddefnyddio (Joy et al., 2018; Sparling et al., 2018). Mae'r tagiau'n cael eu gludo ar y ffwr ar gefn gwddf morloi wedi'u tynnu allan, sydd wedyn yn dod ar wahân yn ystod y tymor tynnu. Defnyddiwyd y dull hwn hefyd ar forloi harbwr a llwyd o amgylch Ynysoedd Erch (ardal prydles ynni llanw Brims) dros sawl blwyddyn i ddarparu data dyfnder plymio ar gyfer pennu defnydd colofnau dŵr (Evers et al., 2017).

Gelli'r defnyddio'r data telemetreg o'r math hwn i greu amcangyfrifon risg gwrthdrawiadau ar gyfer morloi o amgylch tyrbinau llanw (Thompson et al., 2016) a darparu tystiolaeth o ddefnydd cynefinoedd ar raddfa fawr o ardaloedd ynni llanw uchel. Er enghraifft, canfuwyd bod morloi llwyd yn osgoi ardaloedd cerrynt uchel yn Strangford Narrows (safle SeaGen) (Lieber et al., 2018), a chanfuwyd bod morloi harbwr wedi'u tagio yn Strangford Loch yn ffafrio dŵr llac i ddŵr sy'n llifo'n gyflym pan yng nghyffiniau dyfais tyrbin SeaGen (Sparling et al., 2018). Canfu'r astudiaeth hon hefyd, er nad oedd y ddyfais ei hun yn gostwng presenoldeb morloi harbwr, eu bod yn dangos ymddygiad osgoi pan oedd y ddyfais yn weithredol, gan drosglwyddo ar 250 m y naill ochr (Sparling et al., 2018). Mae offeryniaeth SMRU, y DU yn darparu ystod o dagiau biotelemetreg a meddalwedd delweddu, rhestrir y manylion yn Nhabl 3.

Tabl 3. Rhestr o dagiau lloeren a ffôn a ddatblygwyd gan SMRU Instrumentation, DU, gan gynnwys y fanyleb.

Math o dag	Manylion	Manyleb
Argos SRDL - (cofnodydd data ras gyfnewid lloeren)	Yn cyfnewid lleoliad gan ddefnyddio system loeren Argos Global, sampl o gofnodion plymio manwl, dyfnder, tymheredd a chyflymder.	Hirhoedledd: 1 flwyddyn Maint: 10.5 x 7 x 4 cm Pwysau: ~ 370 g
Argos CTD	Nodweddion SRDL plws: tymheredd ansawdd halltedd a halltedd.	Hirhoedledd: hyd at flwyddyn Maint: 10.5 x 7 x 4 cm Pwysau: 545 g Cyfrol: ~ 250 cm ³
GPS Tag Ffôn	Lleoliadau ansawdd GPS ar gyfradd a ddiffiniwyd gan y defnyddiwr (Fastloc). Data plymio a thynnu allan unigol manwl. Yn defnyddio rhwydwaith ffôn symudol GSM.	Peiriant GSM: modiwl Cinterion BGS2 Bandiau GSM: 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz. Maint: 10 x 7 x 4 cm Pwysau mewn aer: 370 g
GPS SDRL	Lleoliadau ansawdd GPS ar gyfradd a ddiffiniwyd gan y defnyddiwr. Yn cyfnewid sampl ddiwedd o gofnodion plymio a thynnu allan. Dyfnder a Thymheredd.	Hirhoedledd: 3-6 mis yn nodweddiadol. Maint: 10.5 x 7 x 4 cm Pwysau: ~ 370 g
Proffil isel SRDL (Argos)	Trosglwyddo data (lleoliadau) trwy system loeren Argos. Sampl ddiwedd o gofnodion plymio unigol. Tymheredd a dyfnder.	Hirhoedledd: hyd at ddwy flynedd o bosibl. Gall y batri o gelloedd AA a ddefnyddir yn y SRDL Proffil Isel ddarparu hyd at 60,000 o gysylltiadau Argos. Maint: 102 x 72 x 4 mm Pwysau: ~ 305 g Cyfrol: ~ 180 cm ³

Mae tagiau archifol, gan gynnwys cyflymromedr, GPS, a TDR, wedi'u datblygu i'w defnyddio ar forloi llwyd, gydag ymchwil ar y lleoliadau atodi gorau ar gyfer lleihau llusgo yn fanwl yn Kay et al. (2019). Morloi llwyd o Ynys Dewi wedi cael eu tagio gan ymchwilwyr o Brifysgol Abertawe a SMRU, er bod data cyfyngedig wedi'i adfer hyd yn hyn (W. Kay, Prifysgol Abertawe, 2021).

Gellid hefyd ystyried tagiau pinger acwstig amledd uchel gyda araeau derbynnydd acwstig ar gyfer astudiaethau meintiol (gweler yr adran pysgod isod). Mae'r rhain yn fach ac ysgafn iawn (yn pwyso cyn lleied â 0.28 g) a gallant gael bywyd o 12 mis neu fwy.

6.7.2. Adar y môr

Dal ac arfogi adar môr gyda chofnodwyr data bron bob amser yn gyfyngedig i'r tymor bridio pan fydd adar nythu trefedigaethol yn hygyrch ar dir. Mae hyn yn cyfyngu ar y cyfle i gasglu data symud gyda thagiau integredig sydd angen atodiadau dros dro ac y gellir eu gosod ar yr aderyn am gyfnod byr yn unig o'r tymor. Gall synwryddion syml, fel Synhwrydd Lleoliad Bydeang (SLB) neu Cofiadur Dyfnder Amser (CDA), y gellir eu gosod ar gylch Darvic parhaol, gael eu cyfarparu am sawl blwyddyn gyda chyfradd ail-ddaliad da sy'n darparu rhywfaint o fewnwelediad tymor hwy i ddefnydd gofod eang ac ymddygiad plymio. Mae tagio yn parhau i fod yn offeryn bwysig ar gyfer monitro symudiadau a rhyngweithiadau rhywogaethau adar môr hollbresennol.

Am adar y môr, mae marcwyr parhaol fel modrwyau aloi metel wedi'u hysgythru â chodau alffa-rifiadol unigryw neu gylchoedd Darvic lliw yn galluogi adnabod unigolion pan fyddant mewn cytref neu pan ddarganfuwyd moribund / marw. Mae'r dulliau hyn yn arbennig o ddefnyddiol ar gyfer tynnu tueddiadau poblogaeth hanesyddol, monitro newidiadau mewn demograffeg (Peach et al., 1999) a mesur effeithiau lefel poblogaeth digwyddiadau amgylcheddol stochastig megis marwolaethau torfol adar y môr o ollyngiadau olew (Birkhead et al., 1973; Stowe, 1982). Modrwyau blynyddol ar nifer fawr o adar y môr ac maen nhw wedi bod ers y 1930au (Harris et al., 1999). Rhai poblogaethau o adar y môr yng Nghymru wedi'u marcio'n anhygoel o dda e.e., dyfroedd cneifio Manaweg o Ynys Sgomer a gwylogod cyffredin o Ynys Seiriol, mae eu demograffeg wedi'i hastudio'n dda, ac mae'r ynysoedd yn haws eu cyrraedd na threfedigaethau eraill. Gall arfogi'r poblogaethau hyn â chofnodwyr data ategu data demograffeg ar raddfa eang â data ar raddfa fanwl ar ddefnydd gofodol ac ymddygiad.

Defnyddiwyd tagiau storio data neu archifol yn helaeth i astudio patrymau symud ac ymddygiadol anifeiliaid morol ar raddfa fawr. Roedd datblygiadau cyflym mewn technoleg tag archifol (maint celloedd llai [CE2], mwy o gapasiti cof a chost isel) yn caniatáu casglu gwybodaeth am amrywiaeth eang o anifeiliaid cefnfor agored gan gynnwys mamaliaid, adar môr, a physgod. Gall tagiau fod yn ysgafn (1.3-20 g) ac yn amlaf maent yn cael eu mewnbrannu neu eu sicrhau yn allanol ar ran dorsal y pysgod neu eu cysylltu trwy dâp Tesa â phlu cyfuchlin adar. Gall tagiau archifol gofnodi paramedrau anfiotig fel gwasgedd, golau amgylchynol, tymheredd dŵr allanol a maes magnetig yn ogystal â pharamedrau fel tymheredd y corff mewnol, cyfradd curiad y galon, cyflymder nofio a gogwyddo.

Defnyddiwyd tagiau storio data ar gyfer llawer o astudiaethau olrhain adar môr dros y degawdau diwethaf ers eu cysyniadu (Hatch et al., 2000; Wilson et al., 2012, 2010). Mae adar môr yn systemau astudio sydd wedi'u hymchwilio'n dda yn hyn o beth gan eu bod yn amlwg ar y môr wrth hedfan a nythu trefedigaethol, sy'n hwyluso dal ac ail-ddal unigolion wedi'u marcio'n effeithlon. Mae tagiau allanol a roddir ar yr anifail sy'n storio lleoliadau GPS yng nghof mewnol y ddyfais, yn galluogi ymgorffori synwryddion eraill - ar yr amod bod y pwysau'n parhau i fod yn llai na 3% o fâs yr anifail, ac yn bwysig i adar sy'n plymio, mai siâp y ddyfais yw wedi'i symleiddio ac mae ganddo gyfernod llusgo isel (Vandenabeele et al., 2012). Mae gan GPS fanteision dros synwryddion archifol-lleoliadol eraill, megis geolocators, yn yr ystyr eu bod yn addas ar gyfer olrhain adar môr dros ystodau byr (lle mae newid bach mewn

lledred), maent yn llai gyda gofynion pŵer isel ac yn gallu derbyn signal lloeren yn gyflym yn ystod cyfnodau. lle gall hyn fod yn ysbeidiol hy, pan fydd aderyn yn plymio dro ar ôl tro (Phillips et al., 2004).

Defnyddir Cofnodwyr Dyfnder Amser (CDA) yn gyffredin astudiaethau o ymddygiad plymio adar môr ac maent yn casglu gwybodaeth fel tymheredd, gwasgedd a dyfnder. Mae cyflymromedrau tair-echelol yn darparu mewnwelediad ymddygiadol, gan ddelweddu symudiad anifeiliaid trwy amcangyfrifon (ailadeiladu taflwybrau symud anifeiliaid) (Wilson et al., 1991) ac maent yn arbennig o addas ar gyfer astudio adar morol yn yr ystyr y gellir cywiro effeithiau drifft cyfredol mewn ardaloedd llanwol iawn yn y trac GPS canlyniadol (Ryan et al., 2004).

Mae cyfuniad o'r holl synwryddion uchod / y rhan fwyaf ohonynt yn un tag soffistigedig yn darparu data cyd-destunol ymddygiadol a seiliedig ar le ar gyfer adar môr a gallant ganiatáu mewnwelediad i'r ffordd y maent yn ymddwyn mewn amgylcheddau nentydd llanw p'un a all rhyngweithio â dyfeisiau tanddwr ddigwydd. Mae'r dyfnder plymio a arddangosir gan adar môr yn nodi i ba raddau y gallant rhyngweithio â dyfeisiau tanddwr (Furness et al., 2012; Johnston et al., 2018) ac felly delweddu symudiad adar môr yn yr amgylchedd 3-D, mewn cyfuniad â cyflymromwentydd a synwryddion eraill gall hyn roi darlun clir o'u defnydd o'r gofod. Mae astudiaethau sy'n defnyddio'r mathau hyn o dagiau yn darparu data uniongyrchol sy'n bwydo i mewn i bamedrau risg gwrthdrawiad ac modelau osgoi e.e., dyfnder plymio, nifer y teithiau chwilota am fwyd, a'r amser a dreulir ar gyfnodau dyfnder penodol. Pan gânt eu defnyddio i fonitro adar o gytrefi sy'n agos at ardaloedd lleoli YAM, gall tagiau archifol ddarparu data llinell sylfaen a gellid eu defnyddio i arsylwi newidiadau ymddygiad mewn ymateb i ddatblygiadau.

Yng Nghymru, cynhaliwyd sawl astudiaeth o'r math hwn; Tagiodd Cole et al., (2019, heb ei gyhoeddi) gwylogod cyffredin o Ynys Seiriol (Ffigur 7) gyda chyflymromedrau tair-echelol, GPS, a TDR. Dangoswyd bod yr adar yn defnyddio ardaloedd o gyflymder llanw uchel ac yn chwilota o amgylch parth arddangos Morlais. Dangoswyd bod yr adar hyn yn plymio i ddyfnderoedd mwy na 35m ac yn chwilota ar lan y môr ac yn y golofn ganol dŵr. Yn annisgwyl, dangosodd y data weithgaredd plymio nosol sylweddol yn yr amgylcheddau nentydd llanw hyn. Heb y data hwn, nid yw'r ymddygiadau nosol hyn yn weladwy. Mae prosiectau FAME yr Y Gymdeithas Frenhinol er Amddiffyn Adar (GFAA) (dyfodol amgylchedd morol yr Iwerydd) a STAR (olrhain ac ymchwilio adar môr) wedi tagio sawl rhywogaeth o adar môr ers 2010 i edrych ar ddisbarthiadau ar y môr a defnydd gofod ar raddfa eang o sawl cytref bwysig ledled y DU (Wakefield et al., 2017). Mae gan y data hwn y potensial i gael ei ddadansoddi yng nghyd-destun ymchwilio i ddefnydd cynefinoedd ar raddfa fawr o adar môr o fewn ardaloedd adnoddau gan fod cyflymromedrau a thagiau integredig eraill yn rhai o'r anifeiliaid. Adolygiad o'r data coladu hwn yn cael ei gynnal ar hyn o bryd yng nghyd-destun rhyngweithio â physgodfeydd: Mae'n flaenoriaeth graidd ynni'r cefnfor ORJIP i ddefnyddio unrhyw ddata sy'n bodoli i lenwi bylchau gwybodaeth a hysbysu'r sector YAM ac felly byddai astudiaeth sy'n debyg i hyn yn fuddiol.



Ffigur 7. Llun o guillemot yn cynnwys cofnodydd data integredig, Ynys Seiriol Ynys Môn (Emma-Louise Cole 2019).

Gall y gofyniad i ail-gipio adar i adfer y cofnodydd data fod yn ffactor sy'n cyfyngu ar effeithiolrwydd y dull tagio hwn, er bod rhai tagiau'n gallu lawrlwytho gwybodaeth i orsafoedd sylfaen anghysbell. Gellir cael cyfraddau adalw da o gytrefi sydd wedi'u hymchwilio'n dda gyda mynediad hawdd a modrwyau adar profiadol, ond dim ond ffenestr fach sydd lle bydd adar sy'n nythu yn magu cywion ac felly'n gallu cael eu dal a'u hail-ddal cyn eu bod yn anghyraeddadwy ar y môr. Dulliau ymlyniad hefyd yn cyfyngu a rhaid eu hystyried yn ofalus i beidio â rhwystro'r aderyn plymio. Rhaid perfformio lleoliad dyfeisiau yn gywir hefyd. Mae angen protocol a thrwyddedu trylwyr ar gyfer trin adar a rhaid cael caniatâd dulliau arbennig gan y Ymddiriedolaeth Adareg Prydain (YAP) cyn defnyddio cofnodwyr data a gludir gan adar.

Gellid ystyried tagiau pinger acwstig amledd uchel gyda araeau derbynnydd acwstig ar gyfer astudiaethau meintioli (gweler yr adran pysgod isod). Mae'r rhain yn fach iawn ac yn ysgafn (yn pwysu cyn lleied â 0.28 g) a gallant gael bywyd o 12 mis neu fwy.

6.7.3. Pysgodyn

efnyddir tagiau marciwr allanol yn helaeth mewn ymchwil pysgodfeydd ac maent yn cynnwys tagiau fel tagiau Carlin, tagiau floy, marciau llifyn a thagiau llygaid; Mae CNC yn parhau i dagio pysgod fel hyn ar afon mynegai Dyfrdwy yng Ngogledd Cymru. Yn hanesyddol fe'u defnyddiwyd yn helaeth i gynhyrchu amcangyfrifon ail-ddal marciau o boblogaethau mudol anadromaidd, er bod tagiau PIT (trawsatebwr integredig goddefol) bellach yn cael eu defnyddio'n ehangach. Gellir sefydlu llwybrau ymfudo hefyd gan ddefnyddio'r technegau hyn, ar yr amod bod pysgodfa fasnachol yn bodoli i ddarparu gwybodaeth ail-ddal. Mae yna lawer o astudiaethau o'r fath o rywogaethau morol sy'n cael eu hecsbloetio'n fasnachol, a wneir yn

aml gan gyrff y Llywodraeth at ddibenion rheoli pysgodfeydd. Er enghraifft, mae Picket a Pawson (1994) yn disgrifio llwybrau mudo morfil Ewropeaidd *Dicentrarchus labrax*, yn Sianel Lloegr ac i fyny arfordir Gorllewinol y DU, gyda llawer o'r data yn deillio o dagiau allanol wedi'u hail-ddal mewn pysgodfeydd allanol. Fodd bynnag, ar gyfer y rhywogaethau mudol a nodwyd gan egni cefnfor ORJIP fel blaenoriaeth, prin yw'r pysgodfeydd masnachol ym mharth arfordirol Cymru i ddarparu ail-ddaliadau, ac ychydig neu ddim gwybodaeth am lwybrau ymfudo.

Defnyddir tagiau pinger acwstig yn helaeth mewn ymchwil pysgodfeydd morol (Thorstad, 2013b). Gallant ddarparu gwybodaeth am ddsbarthiad pysgod unigol, cyfraddau mudo, a chyfraddau goroesi ar lefel y boblogaeth. Gallant hefyd alluogi adnabod cynefinoedd a chyfnodau morol critigol (Chaput et al., 2019). Gyda dyluniad arbrol da gellir eu defnyddio hefyd i feintio cyfran yr anifeiliaid sydd wedi'u tagio a'u hamser preswyllo mewn ardal adnoddau, neu yng nghyffiniau datblygiad penodol.

Mae tagiau bys yn trosglwyddo cod unigryw sy'n adnabod yr anifeiliaid unigol ac yn cael eu canfod gan hydroffonau sefydlog goddefol (derbynyddion). Mae'r ystod canfod yn dibynnu ar amllder, allbwn pŵer y tag, ac amodau amgylcheddol (mae amgylcheddau swnllyd yn tueddu i leihau ystod canfod). O ganlyniad, gall yr ystod canfod amrywio o 50 m i 1 km. Mewn astudiaethau morol, mae derbynyddion fel arfer yn cael eu defnyddio fel llinellau sefydlog, ffensys neu mewn araeau matrices. Nodir lleoliad y pysgod yn ôl lleoliad y derbynydd; fodd bynnag, fel gyda PAM, gyda chydamseriad cloc derbynydd a dyluniad arae gellir pennu lleoliad pysgod yn gywir mewn 3D os yw 4 derbynydd neu fwy yn canfod ping sengl. Gyda araeau derbynydd dwysedd uchel, gallant ddarparu lleoliad graddfa fain gyda chywirdeb o lai nag 1 m (Leander et al., 2020; Aspillaga et al., 2021).

Mae derbynyddion a thagiau ar gael fel COTS; mae bywyd tag yn amrywio yn ôl tag, ond mae tagiau â bywyd aml-flwyddyn ar gael yn rhwydd, gan alluogi astudiaethau aml-flwyddyn. Y tagiau acwstig a ddefnyddir fwyaf yn y DU ar gyfer astudiaethau morol yw tagiau 69 kHz a weithgynhyrchir gan Innovasea, gydag ystodau nodweddiadol o 200-400 m mewn amodau arferol, er bod tagiau a weithgynhyrchir gan Thelma biotol hefyd yn cael eu defnyddio. Cyfyngiad pwysig yw bod tagiau 69 kHz o fewn ystod clyw mamaliaid a morloi morol, felly mae defnydd ymarferol wedi'i gyfyngu i ddefnyddio pysgod.

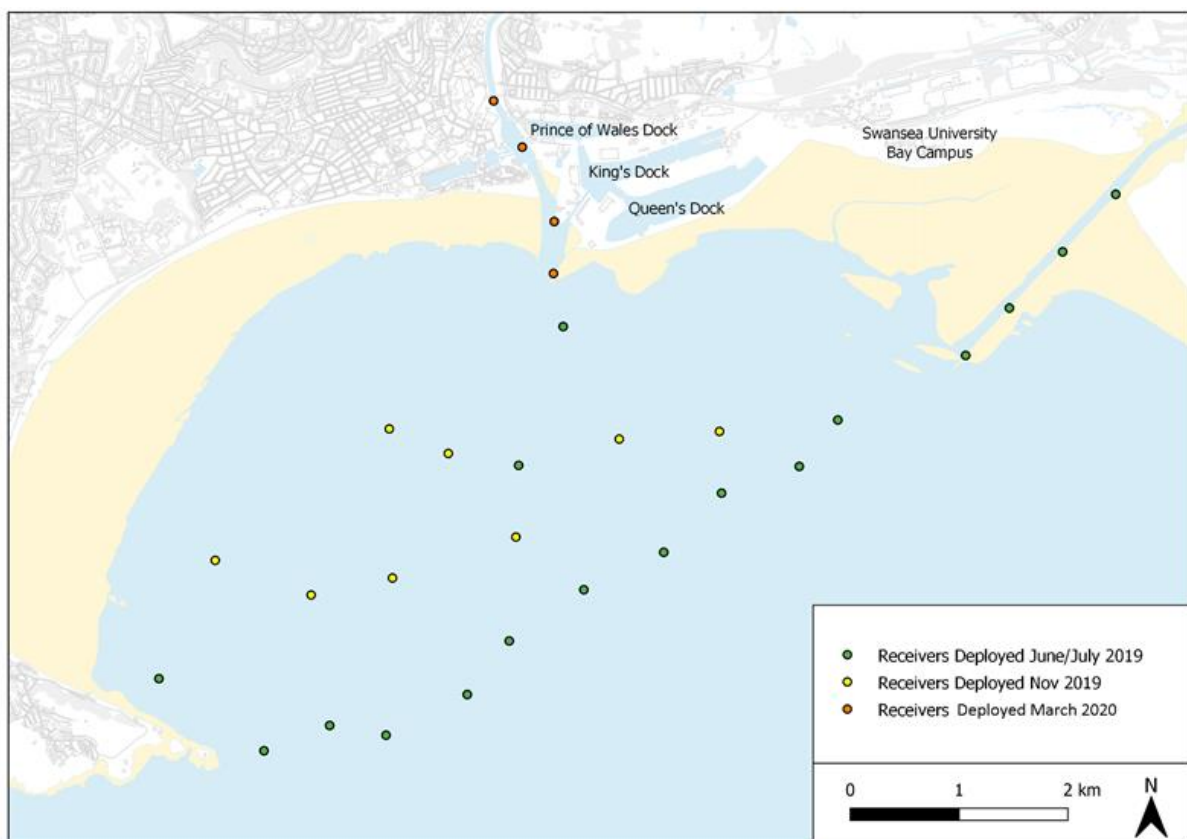
Defnyddir tagiau pinger acwstig yn helaeth i sefydlu llwybrau mudo morol o'r rhywogaethau anadromaidd sy'n peri pryder yn yr adolygiad hwn, gan gynnwys eog yr Iwerydd, brithyll y môr, shad twaite, a llysywen Ewropeaidd. Er enghraifft, mae Marine Scotland ac Ymddiriedolaeth Afon Dyfrdwy wedi ymgymryd â thagio brithyllod môr ac eogiaid, gan ddefnyddio mwy na 150 o dderbynyddion i edrych ar ymfudiadau ym Mae Aberdeen, fel rhan o ymchwiliadau i Ganolfan Datblygu Gwynt ar y Môr Ewropeaidd (Ymddiriedolaeth Afon Dyfrdwy a Marine Gwyddoniaeth yr Alban, 2019). Mae ystod o astudiaethau ymfudo ar y gweill yn edrych ar batrymau mudo morol eog a brithyll môr gan gynnwys astudiaethau gan ymddiriedolaeth Eog yr Iwerydd sy'n bwriadu defnyddio tua 800 o dderbynyddion acwstig yn y Moray Firth ac oddi ar arfordir Gorllewin yr Alban. Mae mudo eogiaid arwyddocaol eraill yn astudiaethau'r DU yn cynnwys y rhaglen Monitor Môr, sy'n gonsortwm o naw partner o'r Alban, Gogledd a De

Iwerddon, dan arweiniad Asiantaeth Loughs. Astudiwyd llysywen Ewropeaidd hefyd mewn amgylcheddau morol gyda thagiau 69 kHz. Mae ymfudwyr ac ymddygiad cyfnod bywyd llysywen Melyn ac Arian wedi cael eu hastudio gan ymchwilyr gan gynnwys Walker et al. (2014) a Thorstad et al. (2013a).

Mae astudiaethau olrhain acwstig morol o amgylch Cymru wedi bod yn gyfyngedig er bod rhai astudiaethau o eogiaid oedolion wedi'u cynnal gan CNC a'u rhagflaenwyr o amgylch Bae Caerdydd a chynhaliwyd astudiaethau olrhain radio mewn aberoedd. Disgrifiwyd offer ac opsiynau lleoli enghreifftiol ar gyfer araeau derbynydd 69 kHz yn fanwl mewn adroddiad ar wahân (Clarke et al., 2021b).

Symudiadau caeau-pell a meintioli defnydd ardal

Yn ddiweddar, mae Prifysgol Abertawe, gan weithio gyda datgloi consortiwm Hafren, wedi gwneud gwaith ar gysgodol Twaite i werthuso cyfran y cysgodol a dagiwyd yn Afon Hafren gan ddefnyddio ardal Bae Abertawe trwy gydol y flwyddyn. Gwnaed y gwaith hwn i ddarparu gwybodaeth a allai lywio a helpu i raddnodi modelu o effaith y morlyn llanw arfaethedig i gynhyrchu pŵer ym Mae Abertawe. Mae tua 30 o dderbynyddion wedi'u defnyddio (Ffigur 8) gyda chylch derbynydd allanol wedi'i gynllunio i fod yn effeithlon a nifer o dderbynyddion wedi'u lleoli yn y cylch i ganfod o leiaf cyfran o'r pysgod sy'n dod i mewn i'r Bae. Mae'r dull hwn yn caniatáu amcangyfrif effeithlonrwydd y cylch allanol trwy gymharu'r pysgod a ganfyddir ar y derbynyddion yn y cylch â digwyddiadau mynediad ac ymadael ar y derbynyddion allanol.



Ffigur 8. Map o dderbynyddion Bae Abertawe, derbynyddion wedi'u defnyddio fel cylch allanol a chylch mewnol. Mae'r clwstwr gogleddol o dderbynyddion yn cael ei ddefnyddio ar hyd Afon Tawe.

Mae'r gwaith yn galonogol iawn ac wedi dangos y gellir casglu data meintiol ar gyfran y boblogaeth sydd wedi'i dagio sy'n dod i mewn i ardal Bae Abertawe, ac felly mewn perygl o bosibl. Gall y data hyn ddarparu tystiolaeth ar argaeledd, amser preswyllo a ffactorau megis argaeledd llanw. Mae tagfeydd brithyll môr ac oedolion hefyd wedi cael eu tagio yn Afon Tawe ac mae eu symudiadau yn cael eu tracio trwy Fae Abertawe, i sefydlu dosbarthiad tymhorol ac amser preswyllo yn yr ardal gyfagos. Gellid cynnal astudiaethau tebyg gyda llyswennod melyn ac arian a byddai'n bosibl defnyddio tagiau synhwyrdd (gweler isod) i gasglu data ar baramedrau sy'n ofynnol ar gyfer modelu, megis dyfnder nofio ar gyfer brithyll y môr, cysgodol twaite a llyswennod Ewropeaidd.

Yn ehangach, gellid defnyddio'r dull hwn ar gyfer unrhyw ddatblygiad YAM (neu ddatblygiad arall).

Ceisiadau graddfa gain

Gellir defnyddio'r systemau hyn ar gyfer olrhain ar raddfa fawr, gydag amrywiaeth ddigon trwchus.

Gyda dwysedd arae derbynnydd digonol, gellir defnyddio tagiau acwstig 69 kHz a derbynnyddion ar gyfer astudiaethau graddfa ddirwy, gan gynnwys edrych ar symudiadau yng nghyffiniau tyrbinau llanw, ac o bosibl canlyniad digwyddiadau gwrthdrawiad. Mae'r dull hwn yn seiliedig ar ganfod y signal gan dri derbynnydd neu fwy (pedwar neu fwy ar gyfer lleoli 3D). Mae hyn yn caniatáu datrys lleoliad yr anifail sydd wedi'i dagio gan ddefnyddio algorithmau lleoli yn seiliedig ar y gwahaniaeth yn amser cyrraedd y signal (e.e., Baktoft et al., 2017; Steig a Holbrook, 2012; Li et al, 2014). Mae cywirdeb yn seiliedig ar ystod o ffactorau, gan gynnwys sŵn a thymheredd amgylcheddol, datrysiad cloc, a'r dull lleoli Melnychuk (2012). Mae cywirdeb a defnyddioldeb traciau at y diben hwn hefyd yn cael eu heffeithio gan y gyfradd drosglwyddo a hyd y trosglwyddiad adnabod. Mae cyfnodau byrrach rhwng trosglwyddo yn caniatáu gwell datrysiad trac, ac mae pyliau tag byrrach yn caniatáu gwell cywirdeb, gan fod yr anifail bob amser yn symud.

Mae datblygiadau diweddar o dagiau amledd uchel (180 a 307 kHz ar gyfer Innovasea, a 416 kHz ar gyfer Lotek) wedi caniatáu gwell cywirdeb graddfa ddirwy. Mae gan yr amleddau hyn ystod isel mewn amgylcheddau morol, sy'n lleihau eu gwerth yn sylweddol mewn unrhyw beth heblaw astudiaethau graddfa ddirwy. Mae'r tagiau, fodd bynnag, yn defnyddio pyliau trosglwyddo byr iawn (milieiliadau) sy'n caniatáu gwell cywirdeb lleoliadol mewn astudiaethau graddfa ddirwy, gyda chywirdeb 3 dimensiwn o lai nag un metr y gellir ei gyflawni'n ddamcaniaethol (Leander et al., 2020). Mae sŵn cefndir hefyd yn effeithio llai arnynt mewn amgylcheddau cythryblus fel y rhai a geir yng nghyffiniau tyrbinau. Canfu astudiaeth gymharol o systemau Innovasea PPM ac HR2 (307 kHz) fod y system HR2 yn llai sensitif i sŵn cefndir, ei bod yn cyflawni cywirdeb gwell nag 1 m a'i bod yn fwy cywir na'r system PPM (Leander, 2020). Mewn astudiaeth gwbl forol gan ddefnyddio system JSATS (Aspillaga et al., 2021), defnyddiodd 70 o dderbynnyddion acwstig (cost fras £2, 000 yr un), i gwmpasu ardal 600 m x

270 m. Gosodwyd derbynyddion ar fylchau 50 m, a llwyddon nhw i olrhain mwy na 100 o bysgod (tagiau yw £140 yr un) gyda chywirdeb o ychydig fetrau.

Y prif gyfyngiad ar olrhain graddfa ddirwy i bennu ymddygiad pysgod mudol yn agos ac yn bell yw'r diffyg sicrwydd y bydd anifeiliaid wedi'u tagio yn mynd i mewn i gae'r tyrbin dan sylw. Gellir mynd i'r afael â hyn trwy astudiaethau maes pell cychwynnol tebyg i enghraifft bae Abertawe a ddisgrifir uchod, gan ddefnyddio gridiau arae bras. Mae dwy fantais i'r astudiaethau hyn. Os ydynt yn dangos mai ychydig o anifeiliaid sy'n defnyddio'r ardal ddatblygu, gallant roi hyder bod yr effeithiau'n debygol o fod yn isel ac nad oes angen buddsoddiad pellach. Os yw nifer sylweddol o anifeiliaid yn defnyddio'r ardal, yna gellir cadarnhau ymarferoldeb astudiaethau graddfa ddirwy a gellir cyfiawnhau buddsoddiad pellach mewn monitro graddfa ddirwy.

Er enghraifft, yn amrediad llanw Bae Abertawe a ddisgrifir uchod, o 91 shad twaite wedi'i dagio yn gadael Afon Hafren yn 2019 aeth mwy na 30% i mewn i Fae Abertawe, rai sawl gwaith, gan arwain at dros 270 o ddigwyddiadau mynediad. O'r 46 o frithyll y môr a dagiwyd yn Afon Tawe, cafodd 25 eu tracio trwy'r bae ac ail-gofnodwyd 8 ar sawl achlysur. Felly, pe bai morlyn llanw yn cael ei adeiladu, byddai disgwyl i ddefnyddio arae acwstig ar raddfa fain yng nghyffiniau'r tyrbinau a'r llifddorau cymeriant, ac ymgorffori derbynyddion yn y cronïad ei hun, gynhyrchu swm da o ddata ar gyfer rhywogaethau pysgod mudol fel Eog yr Iwerydd, brithyll y môr, shad twaite, llyswennod a llysywen bendoll. Byddai hyn yn cynnwys ymatebion ymddygiadol yn agos ac yn bell i'r strwythur a'i weithrediad, ynghyd â data ar oroesiad symud a thramwy pysgod sy'n mudo i'r ddau gyfeiriad.

Gellid defnyddio dull o'r fath ar wefannau eraill i gasglu'r data ymddygiadol a argymhellir gan ynni'r cefnfor ORJIP (2020) pe bai olrhain ar raddfa ehangach yn dangos tebygolrwydd rhesymol o ddod ar eu traws. Byddai angen rhywfaint o brofi ar ddefnyddio ymarferol er mwyn sicrhau bod ystod tagiau digonol yn yr amgylchedd o amgylch y tyrbin a byddai angen trwyddedu priodol ar gyfer tagio.

Ar gyfer pysgod, gellir defnyddio mesur tymheredd amgylcheddol, lefelau golau a maes magnetig i geolocateiddio llwybrau mudo 'ôl-gastio' unigolion. Gall tagiau archifol gofnodi'r paramedrau amrywiol hyn, ar gyfradd wedi'i raglennu (o ychydig eiliadau i sawl munud), dros gyfnodau o leoli hyd at ddeng mlynedd. Mae'r lefel hon o ddwyyster data yn caniatáu pennu patrymau ymddygiad cain a graddfa fawr anifail, llwybrau mudol, ac ymateb ffisioleg, i gyd mewn perthynas â'r amgylchedd cyfagos.

Prif gyfyngiad tagiau archifol yw bod yn rhaid eu hadennill i gael y data a gofnodwyd. Ar gyfer pysgod, mae'r cyfyngiad hwn yn cyfyngu eu defnydd i rywogaethau sydd â physgodfa ddigon mawr yn gysylltiedig â hwy i sicrhau eu bod yn cael eu dal a'u dychwelyd yn y pen draw; neu anifeiliaid sy'n dychwelyd i safleoedd penodol fel afonydd, gyda ffyddlondeb uchel. Fodd bynnag, fe'u defnyddiwyd yn llwyddiannus gyda nifer o rywogaethau, gan gynnwys brithyll y môr ifanc 'kelts', i 'ôl-gyfrifo' llwybrau mudo morol o ddata synhwyrdd (tymheredd a dyfnder). Mae rhai tagiau archifol wedi'u hymgorffori mewn fflôt ac mewn rhai achosion wedi'u cynllunio gyda mecanwaith rhyddhau (ymlyniad allanol) i ganiatáu i'r tag ddrifftio adeg marwolaeth yr anifail a dod o hyd iddo ar draethau. Defnyddiwyd tagiau archifol lloeren gyda rhywogaethau

mawr. Am pysgod, yn dibynnu ar y rhywogaethau sydd wedi'u tagio, gall cyfradd y tagiau archifol y mae'r cyhoedd yn eu canfod ar draethau gyrraedd 20% o'r tagiau a ddefnyddir.

6.7.4. Cyfyngiadau tagio

Er bod tagio yn dechneg werthfawr, mae'n bwysig deall ei gyfyngiadau. Yn gyntaf, rhaid dal digon o anifeiliaid ar gyfer yr amcan, yn ddelfrydol yn gynrychioliadol o'r boblogaeth / poblogaeth y mae'r rheoleiddwyr yn pryderu yn eu cylch. Mae hwn yn fater penodol wrth ddefnyddio tagiau sydd â chynhwysedd batri cyfyngedig ar gyfer adar y môr. Lle mae gweithrediadau tagio yn canolbwyntio ar ddal adar yn ystod y tymor bridio, mae'n bosibl y bydd anawsterau wrth ddal anifeiliaid ar glogwyni wrth leihau aflonyddwch.

Astudiaethau meintiol, mae angen dal digon o anifeiliaid hefyd. Ar gyfer y mwyafrif o rywogaethau pysgod a allai fod yn ymarferol, ond gallai fod yn anoddach i adar môr ac yn dibynnu ar natur y tagio, am morloi.

Weithiau gall y broses tagio a thagio ddylanwadu ar ymddygiad yr anifail; gall effeithiau a marwolaethau tag a achosir effeithio ar astudiaethau meintiol ac mae angen ystyried a rhoi cyfrif am hyn wrth ddylunio protocol tagio a monitro dilynol.

Mae goblygiadau moesegol yn gysylltiedig â dal ac offeryn anifeiliaid a rhaid cael trwyddedau Swyddfa Gartref ar gyfer y mwyafrif o astudiaethau yn ychwanegol at ganiatâd tîrffeddiannwr a chaniatâd arall gan gyrrff trwyddedu priodol. Mae tagiau storio data ar gyfer pysgod (ac adar môr mewn rhai achosion) yn fawr a rhaid adfer y tagiau er mwyn lawrlwytho data. Mae rhai tagiau adar môr yn trosglwyddo data i orsafoedd sylfaen ond dim ond os yw'r tag yn cofnodi mewn pyliau a thrwy hynny golli data parhaus amledd uchel.

6.7.5. Crynodeb

Mae astudiaethau tagio yn offeryn gwerthfawr ar gyfer casglu gwybodaeth am FR1, FR2, FR3, FR4 ac o bosibl FR6. Gallant ddarparu gwybodaeth symud fanwl a manwl iawn ar gyfer monitro caeau yn agos ac yn bell, gan gynnwys osgoi ac o bosibl debygolrwydd streiciau. Am morloi, adar môr a physgod gallant ddarparu gwybodaeth fanwl am ffactorau megis defnyddio dyfnder a chyflymder nofio sy'n ofynnol i boblogi modelau risg gwrthdrawiad ac osgoi.

Ar gyfer rhywogaethau pysgod, o ystyried maint bach y targedau ar gyfer canfod acwstig ac anallu i arsylwi gweledol ar yr wyneb, tagio acwstig yw'r dull o ddewis ar gyfer casglu gwybodaeth am FR1, elfennau meintiol FR2 a FR3, gyda thagiau synhwyrdd yn darparu gwybodaeth ar FR4. Am pysgod, gall astudiaethau tagio hefyd ddarparu asgwrn cefn monitro astudiaethau amrediad y llanw gyda siawns yn arbenig o lwyddo.

6.8. Synwryddion wedi'u gosod â llafn

Mae synwryddion wedi'u gosod â llafn fel mesuryddion straen a chyflymromedrau yn cael eu gosod yn rheolaidd ar dyrbinau llanw fel rhan o'r system monitro cyflwr ac fel rheol cânt eu

monitro'n barhaus trwy'r system rheoli goruchwyllo a chaffael data (SCADA). Defnyddir mesuryddion straen i fesur plygu neu ystwytho llafn y tyrbin. Mae datblygwyr yn arbrofi â'u defnyddio i ganfod gwrthdrawiadau ag anifeiliaid morol. Mae gan lawer o'r dyfeisiau sy'n profi yn Canolfan Ynni Morol Ewropeaidd (CYME) a MeyGen yn yr Alban fesuryddion straen wedi'u gosod (e.e., MeyGen, Sabella, Orbital Marine Power, Voith Hytide) a DeltaStream, Ramsey Sound. Fodd bynnag, mae'r canlyniadau cychwynnol wedi awgrymu y bu cymaint o ddigwyddiadau fel na fyddai'n bosibl gwahaniaethu rhwng cynnwrf cefndir a digwyddiad gwrthdrawiad (Hutchison et al., 2020).

Defnyddiwyd cyflymyddion mesuryddion hefyd fel rhan o'r system monitro cyflwr ac maent yn mesur y cyflymiad a'r dirgryniad y mae'r llafnau tyrbin yn derbyn. Cyflymyddion mesuryddion yn cael eu profi i ganfod effeithiau gwrthdrawiad ond adroddwyd ar ddata cyfyngedig ar eu heffeithiolrwydd. Oherwydd mäs cymharol tyrbinau ac anifeiliaid morol, mae'n debygol y bydd cyflymromedrau ond yn effeithiol wrth ganfod gwrthrychau mwy fel mamaliaid morol neu rywogaethau pysgod mwy fel siarcod ac mae gwahaniaethu'r rhain oddi wrth wrthrychau naturiol eraill yn parhau i fod yn broblem.

Efallai y bydd yn bosibl integreiddio nifer o synwryddion a thechnolegau i system amlsynhwyrdd i ganfod gwrthdrawiadau. Mae hydroffonau sydd wedi'u gosod ar strwythur allanol dyfais tyrbin a meicroffonau wedi'u gosod y tu mewn i gorff y tyrbin hefyd yn cael eu harchwilio fel dull o ganfod y sain yn ystod digwyddiad effaith. Gellid ymgorffori cyfuniad o fesuryddion straen, cyflymromedrau, hydroffonau, meicroffonau, technolegau sonar gweledol ac acwstig yn y system. Gellid defnyddio dysgu peiriant i integreiddio synwryddion i system canfod effaith awtomataidd, gwnaed y gwaith hwn ar dyrbinau ffermydd gwynt gyda chanlyniadau addawol (Hu & Albertani, 2019) ond byddai angen ymchwil bwrpasol yn y dyfodol yn y sector llanw morol os yw problemau i fod goresgyn o amgylch amgylchedd hydrodynamig cythryblus safleoedd ynni nentydd llanw.

6.8.1. Crynodeb

Er bod gan synwryddion wedi'u gosod â llafn y potensial i ddarparu gwybodaeth am ddigwyddiadau gwrthdrawiad, prin yw'r dystiolaeth o'u llwyddiant a'u dibynadwyedd wrth ganfod digwyddiadau gwrthdrawiad yn y byd go iawn ar dyrbinau llanw yn y llenyddiaeth. Serch hynny, mae'r technolegau hyn yn cael eu hintegreiddio'n rheolaidd i strwythur y tyrbin fel rhan o'r system monitro cyflwr a gallent fod yn faes ar gyfer ymchwil bellach. Gydag ymchwil bellach, efallai y bydd yn bosibl goresgyn rhai o'r heriau trwy ddatblygu algorithmau effeithiol a all dynnu signal effaith o'r cefndir swllyd.

Nid yw'r technolegau hyn yn barod i ganfod digwyddiadau gwrthdrawiad yn ddibynadwy, yn enwedig am adar môr a phlymio adar, sy'n debygol o fod yn rhy fach i'w canfod. Nid yw'n glir ychwaith pa mor effeithiol fyddai'r synwryddion hyn wrth ganfod hits anuniongyrchol ar anifeiliaid morol mawr. Os na all y synwryddion hyn ganfod cyfarfyddiadau anuniongyrchol yn ddibynadwy hyd yn oed ar anifeiliaid morol mawr, yna mae eu defnyddioldeb fel offeryn ar gyfer canfod digwyddiadau gwrthdrawiad yn gyfyngedig iawn, oherwydd gallai taro anuniongyrchol arwain at ganlyniadau angheuol neu isel-angheuol.

6.9 Technolegau integredig

Mae sawl grŵp ymchwil wedi cydnabod y gallai defnyddio ystod o ddyfeisiau mewn dull system integredig gwyno ddarparu trosolwg gwell a mwy cynhwysol o ryngweithio anifeiliaid morol â dyfeisiau tyrbin. Gall cyfuno data o amrywiol ffynonellau, megis sonar multibeam, echosounder, proffilwyr cerrynt doppler acwstig (ADCP), acwsteg goddefol (hydroffonau, derbynyddion tagiau pysgod), camerâu tanddwr optegol (HD a goleuo artiffisial), ac algorithmau dysgu dwfn ychwanegu gwerth synergadd. Er enghraifft, mae rhai systemau integredig yn cysylltu data echosounder ac multibeam mewn amser real i wella olrhain targedau ac i ddarparu sbardunau ar gyfer camerâu optegol (Bicknell et al., 2016; Wilby et al., 2016).

Er enghraifft, mae'r Pecyn Monitro Addasadwy (PMA) (Ffigur 9) wedi bod yn cael ei ddatblygu ers 2011 gyda mwy na 7 o leoliadau a dros 2 flynedd mewn gweithrediadau dŵr ar gyfer monitro rhyngweithiadau ecolegol â thyrbinau tanddwr (Polagye et al., 2020). Datblygu'r math hwn o offer yn gostus; prosiectau sy'n gysylltiedig ag AMP wedi derbyn ychydig filiwn (USD) i gefnogi caffael offer, datblygu system, defnyddio / adfer, a thasgau eraill sy'n gysylltiedig â phrosiectau. Fe'n cynghorwyd bod hwn yn ganllaw rhesymol ar gyfer costau datblygu systemau newydd ar gyfer gweithrediadau mewn cymwysiadau tebyg.

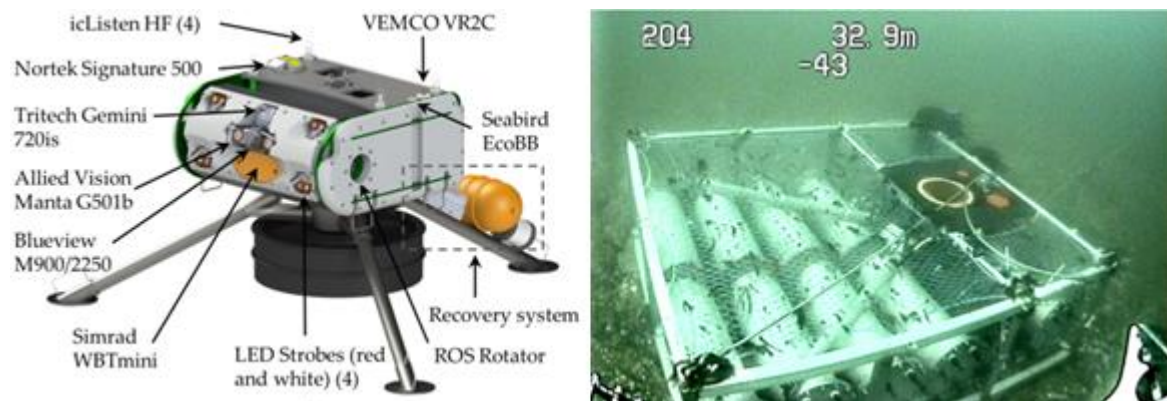
Mae'r platfform 4D Ecoleg Llif ac Benthig (FLOWBEC) hefyd wedi'i ddatblygu gan ddefnyddio cyllid Cyngor Ymchwil yr Amgylchedd Naturiol (NERC) i fonitro sut y gall hydrodynameg a symudiadau ysglyfaethus fod yn dylanwadu ar ymddygiad ysglyfaethwyr mewn safleoedd ynni llanw uchel (Williamson et al., 2016). Mae FLOWBEC yn defnyddio nifer o ddyfeisiau integredig gan gynnwys ADCP, echosounder un trawst ac amlbwrpas gyda'r potensial i ychwanegu unedau monitro eraill fel hydroffonau. Er 2010, bu dros 6 o leoliadau yn darparu data presenoldeb sylfaenol a dyfeisiau. Gellir addasu'r platfform i ateb gwahanol gwestiynau monitro. Am arolygon tymor byr â ffocws, mae pecynnau batri arbenigol sydd wedi'u cysylltu o fewn ffrâm tanfor wedi'u datblygu i'w defnyddio a'u hadfer yn gyflym. Os yw wedi'i fwriadu ar gyfer monitro tymor hwy, gellir ceblau'r platfform trwy'r ddyfais YAM hefyd. Mae yna bosibilrwydd hefyd y gellir ei ddefnyddio gan bwyntio tuag i lawr o blatfform arolwg neu long sy'n symud. Mae system FLOWBEC yn un o'r unig lwyfannau integredig sydd wedi'u defnyddio'n llwyddiannus mewn llif llanw uchel (hyd at 4 m / s) a defnyddio rhyngwyneb cydamseru ping i osgoi ymyrraeth acwstig rhwng dyfeisiau sonar.

Yn ystod y blynyddoedd diwethaf, mae SMRU wedi datblygu'r HiCUP (platfform tanddwr cyfredol uchel) sydd â dyluniad wedi'i seilio ar drybedd sy'n caniatáu defnyddio offer monitro yn sefydlog ar arwynebau anwastad. Defnyddiwyd y system gydag offer sonar aml-haen amledd uchel wedi'i osod i ganfod ac olrhain morloi o fewn sianel llanw ar arfordir gorllewinol yr Alban (Hastie et al., 2019). Mae'r platfform sonar HiCUP yn cael ei ffurfweddu i'r cysylltiad tyrbin ar safle MeyGen, sy'n cynnwys dau sonar i alluogi gorchuddio uchder llawn y tyrbin (Hasselman et al., 2020). Bydd defnyddio algorithmau dosbarthu awtomatig a ddatblygwyd (Hastie et al., 2019), yn lleihau lefel sgrinio â llaw a storio data sonar meintiau mawr.

Systemau integredig eraill yn cynnwys platfform Technoleg Synhwyrdd Uwch Arian a ddatblygwyd gan Ganolfan Ynni Ymchwil Oceany, y Pecyn Monitro Integredig a ddatblygwyd

gan GYME, a “Plug & Play” sy'n cael ei ddatblygu gan SMRU yn Prifysgol St Andrews (Polagye, 2020).

Hyd yn hyn mae'r pecyn monitro addasadwy a ddisgrifiwyd gan Polagye (2020) wedi'i ddefnyddio mewn rôl ymchwil. Fodd bynnag, ar ôl cyfathrebu â'r grŵp ymchwil yn ystod yr adolygiad hwn, mae tystiolaeth yn awgrymu ei fod wedi cymryd camau sylweddol yn ei ddatblygiad tuag at ddatrysiad COTS. Mae hyn hefyd yn wir am system FLOWBEC.



Figur 9. Enghraifft o system fonitro integredig fel y'i disgrifir yn Polagye (2020) ar y chwith, a delwedd o ffrâm tanfor FLOWBEC a ddefnyddir ar safle ynni llanw EMEC o Williamson et al. (2016).

Un o'r heriau allweddol sy'n parhau i ddehongli data acwstig gweithredol yw dosbarthu targedau, yn enwedig adnabod ar lefel rhywogaethau, a chyfuno data acwstig â ffynonellau eraill fel PAM (ar gyfer morfilod), delweddau gweledol neu arsylwadau arwyneb, i greu setiau data acwstig sy'n disgrifio nodweddion targedau hysbys, yn allweddol i wella algorithmau dosbarthu awtomataidd. Gellir cymharu data llif ADCP amser real hefyd â data symudiadau targed multibeam i helpu i wahaniaethu rhwng targedau biolegol byw (defnyddiwyd y dull hwn gan ddefnydd Ramsay Sound cadarn DataStream).

Gall adnabod targedau integredig hefyd leihau faint o storio data sy'n ofynnol ar gyfer monitro tyrbinau gan nad yw'r camerâu yn ffilmio'n barhaus. Yn y pen draw, mae lleihau faint o ddata 'amherthnasol' a gofnodir, yn lleihau'r amser prosesu ac unrhyw gostau sy'n gysylltiedig â hyn. Yn ogystal, gall cyflwyno algorithmau dysgu dwfn i'r systemau hyn leihau'r dadansoddiad â llaw o ddata. Gellir cymhwyso technolegau dysgu peiriannau wrth ddadansoddi setiau data delwedd a fideo (Ditria et al., 2020).

Nid oes unrhyw becynnau integredig COTS ar gael yr ydym yn ymwybodol ohonynt. Er bod data integredig yn ychwanegu gwerth sylweddol, wrth ddefnyddio technegau integredig, ni ddylai datblygwyr danamcangyfrif yr ymyrraeth drydanol neu acwstig bosibl rhwng dyfeisiau, her integreiddio meddalwedd a materion fel cyflenwi pŵer a storio data. Fodd bynnag, mae sawl grŵp ymchwil wedi gwneud cynnydd sylweddol tuag at atebion COTS, gan oresgyn llawer o'r problemau sylfaenol sy'n gysylltiedig ag integreiddio offer, gan gynnwys ymyrraeth drydanol ac acwstig rhwng dyfeisiau, ac integreiddio meddalwedd.

6.9.1 Crynodeb

Gall integreiddio data o amrywiol ffynonellau megis PAM, acwstig gweithredol, camerâu optegol, a dyfeisiau monitro amgylcheddol ychwanegu gwerth sylweddol at arsylwadau.

Mae pecynnau modiwlaid integredig fel FLOWBEC, HICUP ac AMP wedi cael eu datblygu gan nifer o grwpiau ymchwil gan ddefnyddio grantiau a chyllid arall ac maent bellach wedi'u defnyddio mewn sawl lleoliad ar gyfer pob dyfais. Bu'n rhaid i'r pecynnau hyn oresgyn problemau integreiddio system gan gynnwys datblygu rheolaeth meddalwedd, ymyrraeth rhwng electroneg a gwahanol elfennau acwstig y pecyn, cydamseru signalau i osgoi ymyrraeth, pŵer a storio data. Mae'r pecynnau mwy datblygedig wedi goresgyn y problemau hyn, er na ellid eu disgrifio eto fel cynhyrchion sydd ar gael yn fasnachol (COTS). Gellir naill ai defnyddio'r pecynnau hyn wedi'u hintegreiddio i ddyfais (sy'n gofyn am gynnwys dyluniad cam cynnar) neu becynnau annibynnol a fydd yn gofyn am gynllunio angorfeydd yn ofalus. Yn yr amodau cymylog o amgylch Cymru, efallai mai cyfuniadau o'r math hwn yw'r unig ffordd effeithiol o edrych ar ymddygiad osgoi ger cae, neu streiciau tyrbinau o bosibl, (er bod arsylwi streiciau ar derfyn yr hyn sy'n gyraeddadwy). Mae ganddyn nhw'r potensial i adnabod ac olrhain ac, mewn rhai achosion, adnabod anifeiliaid mawr, fel mamaliaid morol ac adar y môr. Gellir eu defnyddio hefyd i arsylwi symudiadau pysgod, er bod adnabod rhywogaethau yn annhebygol yn absenoldeb arsylwi gweledol.

Tabl 4. Y buddion a'r cyfyngiadau sy'n berthnasol i'r technolegau addas sydd ar gael i fonitro grwpiau rhywogaethau yn nyfroedd Cymru.

Technolegau ar gael	Gofyniad swyddogaethol	Cais grŵp rhywogaethau	Technoleg	Buddion	Cyfyngiadau
PAM	FR1, FR2	Morfilod	Hydroffonau CPOD	- Hydrophone sefydlog, drifftio, wedi'i dynnu - Darparu data presenoldeb / absenoldeb - Adnabod rhywogaethau - Dosbarthiad gofodol ac amserol - Sŵn cefndir ac ymddygiad osgoi - Anfewnwithiol	- Yn gallu cynhyrchu setiau data mawr - Mae CPODS yn ymreolaethol ac felly ni allant ddarparu porthiant data byw ar hyn o bryd
Araeau PAM, dyfeisiau PAM pwrpasol	FR1, FR2, FR3	Morfilod	Arae hydroffon	- Ychydig iawn o faterion storio data sydd gan C-PODS. - Gall clystyrau / araeau hydrophone olrhain symudiadau anifeiliaid yn agos a rhoi dosbarthiad 3D o fewn y golofn ddŵr	- Gall hydroffonau gynhyrchu setiau data mawr ac mae angen dadansoddiad arbenigol arnynt. - Mae clystyrau hydrophone wedi'u hadeiladu'n bwrpasol at y diben
Camerâu optegol	FR1, FR2, FR3	Pysgod, mamaliaid morol, adar môr	Camera / fideo tanddwr	- Yn gallu adnabod lefel rhywogaeth - Arsylwi ar symudiad ac ymddygiad anifeiliaid - Y gallu i gadarnhau synwryddion eraill - Cadarnhau digwyddiadau gwrthdrawiad o bosibl	- Wedi'i gyfyngu gan eglurder dŵr ac argaeledd golau - Gall fod yn llafurddwys, er y gall dysgu â pheiriant leihau'r cyfyngiad hwn
Sylwadau Gweledol	FR1, FR2	Marine mammals, seabirds	- Pwyntiau gwyllo (ar y tir) ac arolygon cychod - ID Llun, ysbienddrych fector, olrhain fideo 3D, rychwant laser	- Trac anifeiliaid unigol, penodoldeb y safle - Cywirdeb a datrysiaid uchel - ail-greu traciau symud - Casglu a phrosesu data syml, cysylltu â setiau data hanesyddol	- Cyfyngiadau tywydd - Arsylwadau yn ystod y dydd yn unig - Llafur ddwys

Technolegau ar gael	Gofyniad swyddogaethol	Cais grŵp rhywogaethau	Technoleg	Buddion	Cyfyngiadau
			- Ornithodolite		
Arsylwadau Gweledol (Awyr)	FR1, FR2	Marine mammals, seabirds	- Awyrennau â chriw - Cerbyd Awyr Di-griw	- Awyrennau â chriw: Dosbarthiad dros ardaloedd mawr - Cerbyd Awyr Di-griw: Dosbarthiadau cost-ffeithiol ar raddfa ddirwy	- Uwchlaw wyneb y môr yn unig - Cyfyngiadau tywydd - Arsyllwadau yn ystod y dydd yn unig - Awyrennau â chriw: Cost uchel, symudiad cyfyngedig, a gwybodaeth ymddygiadol
Acwsteg weithredol (Sonar multibeam / Delweddu)	FR1, FR2, FR3, FR4	Pysgod, mamaliaid morol, adar môr	Sonar Multibeam / Delweddu (> 200 KHz)	- Targedu canfod ac olrhain targedau biolegol ac an-fiolegol yn y golofn ddŵr - ARIS: Potensial ar gyfer arsyllwi rhyngweithiadau pysgod yn uniongyrchol	- Amrediad cyfyngedig (<60 m) - Crëwyd llawer iawn o ddata - Mae dosbarthiad lefel rhywogaethau yn isel
Acwsteg weithredol (trawst sengl / hollt)	FR1, FR2, FR3	Pysgod, mamaliaid morol, adar môr	Transducers trawst sengl neu hollt (<200 KHz)	- Dosbarthiad ffawna yn y golofn ddŵr - Mae gwerthoedd cryfder baciwr a tharged yn caniatáu rhywfaint o ddosbarthiad rhywogaethau - Amrediad hirach na sonar delweddu amlbwrpas - Gall transducers trawst hollt leoli targedau mewn awyren fertigol a llorweddol, gan ganiatáu olrhain targedau yn 3D yn effeithiol	- Nid yw mapio dosbarthiad ysglyfaeth yn cyfrif am anifeiliaid sy'n trosglwyddo ardal pan nad ydyn nhw'n bwydo - Dangoswyd bod transducers amledd is yn effeithio ar ymddygiad mamaliaid morol
Tagiau acwstig / arae derbynnydd acwstig	FR1, FR2	Pysgod	-Systemau 69 kHz - Tagiau acwstig amledd uchel	- tagiau acwstig 69 kHz a araeau derbynnydd ar gyfer asesiad meintiol o stociau sentinel	- Angen tagio digon ar gyfer canlyniadau meintiol - Mae gan dagiau amledd uchel ystod gyfyngedig o gymharu â'r systemau 69 kHz

Technolegau ar gael	Gofyniad swyddogaeth ol	Cais grŵp rhywogaethau	Technoleg	Buddion	Cyfyngiadau
			(180, 307 a 416 kHz)	- mae tagiau amledd uchel wedi gwella cywirdeb graddfa ddirwy ac mae sŵn cefndir yn effeithio llai arnynt	
Telemetreg / Bio-logwyr	FR2, FR4, FR6	Morloi / adar môr	Logwyr Data Cyfnewid Lloeren (SRDLs) Tagiau radio	- Meintoli defnydd ac ymddygiad gofod - Yn gallu ymgorffori synwryddion GPS, pwysau, dyfnder a chyflymromedr - Asesu ymateb ymddygiadol / effeithiau rhwystr	- Goblygiadau moesegol. - Tuedd tuag at anifeiliaid sy'n hawdd eu tagio, ni chaiff anifeiliaid fynd i mewn i faes diddordeb - Materion logistaidd gyda dal a thagio anifeiliaid - maint sampl bach
RADAR	FR1	Adar môr	Radar morol X-band	- Y gallu i ganfod ac olrhain adar môr dros ardaloedd eang a chyfnodau estynedig (gan gynnwys yn ystod y nos), (McCann et al., 2017)	- Mae cyflwr y môr yn effeithio'n negyddol ar ganfod - Ni all gyfrif am uchder targed, ond potensial i wahaniaethu rhwng adar môr sy'n hedfan ac arnofio gan ddefnyddio algorithmau olrhain wedi'u cyfuno â gwybodaeth gyfredol ar yr wyneb
eDNA	FR1, FR2	Pysgod, mamaliaid morol, adar môr	Mae eDNA yn metabarcodio / dilyniannu safonol	- Darparu data presenoldeb / absenoldeb a galluogi sefydlu llinell sylfaen strategol ar gyfer ystod o rywogaethau a dibenion	- Angen rhagdybio isafswm trothwy ar gyfer absenoldeb (= lefel canfod) - Ardal eang yn hytrach nag offeryn manwl gywir
Synwryddion wedi'u gosod â llafn	FR3	Pysgod, mamaliaid morol, adar môr	- Cyflymyddion - Mesuryddion straen	- Posiblwydd defnyddio synwryddion monitro cyflwr tyrbinau sydd eisoes wedi'u gosod i ganfod gwrthdrawiad	- Gallu isel i ganfod effaith gydag anifail yn ddibynadwy oherwydd dirgryniad uchel a fflecs mewn llafnau tyrbinau - Mae angen datblygu algorithmau prosesu signalau ymhellach - Yn debygol o ganfod gwrthdrawiad ag anifeiliaid mawr yn unig ac nid adar na pysgod - Methu adnabod i lefel rhywogaeth

7. Costau

Bwriad y costau yn yr adran hon yw darparu trosolwg o raddfa a galluogi cymharu costau cymharol gwahanol dechnegau. Yn ymarferol mae cyfran fawr o'r costau monitro yn gysylltiedig â ffactorau megis llogi cychod ar gyfer defnyddio ac adfer offer, a bydd y rhain yn amrywio yn ôl argaeledd cychod, anghenion defnyddio offer, ac amodau gwaith. Bydd dyluniad yr arolwg hefyd yn amrywio yn ôl safle, graddfa, gofynion swyddogaethol a rhywogaethau, a fydd hefyd yn effeithio'n sylweddol ar gostau.

Am y rhesymau hyn, dylid ystyried costau a ddarperir yn yr adran hon fel canllaw i raddfa debygol y costau ac ni ddylid dibynnu arnynt i ddylunio arolygon unigol. Crynhoir costau dangosol y prif fath o offer yn Nhabl 5.

7.1. Costau cychod

Mae costau cychod yn amrywio yn ôl gallu ac amgylchiadau. Pan fydd offer wedi'i ymgorffori mewn tyrbin neu blatfform, mae'n debygol y bydd costau lleoli yn cael eu hymgorffori yng nghostau defnyddio'r ddyfais ei hun.

Fel rheol gellir defnyddio a chynnal a chadw offer llai o faint fel CPODs, SoundTraps neu dderbynyddion acwstig gan ddefnyddio cychod llai fel cychod pysgota neu gychod glan môr llai â chod masnachol. O amgylch Cymru gellir llogi'r rhain fel arfer am £800- £1, 500 y dydd ynghyd â thanwydd.

Defnyddio dyfeisiau mwy fel dyfeisiau monitro integredig yn dibynnu ar bwysau'r ddyfais (gan gynnwys angorfeydd) a gallu codi'r llong. Fel enghraifft o hyn, byddai angen lifft 2 dunnell ar gyfer defnyddio dyfais fonitro integredig angori gwaelod mewn ceryntau cryf; yn seiliedig ar ein profiad diweddar ein hunain, byddai costau cychod i'w defnyddio oddeutu £2, 500 ynghyd â TAW (Treth ar Werth), gan dybio y gellid defnyddio'r lleoliad mewn diwrnod 12 awr.

Gall prisiau cychod sydd â galluoedd lifft mwy helaeth fod yn llawer uwch ac yn aml byddant yn cynnwys costau symud (cyrraedd y safle). Gall llongau ymchwil â chyfarpar llawn fel Celtic Explorer Sefydliad Morol Iwerddon gostio oddeutu £1, 500-2, 000 y dydd.

7.2. Costau arolwg strategol eDNA

Amcangyfrifir costau dangosol ar gyfer cynnal arolwg sy'n cwmpasu'r holl Ardaloedd Adnoddau a nodwyd (6 safle, samplu 2 wythnosol am 12 mis), ar gyfer un grŵp rhywogaethau, yn £400,000 ar gyfer metabarcodio a dilyniant Sanger o 8 rhywogaeth pysgod anadromaidd mudol. Mae hyn yn cynnwys amser cychod i ddefnyddio ac adfer samplwyr, llogi samplwyr, deunyddiau samplu, dilyniannu, dadansoddi ac adrodd. Byddai'r costau ychwanegol ar gyfer grwpiau rhywogaethau eraill oddeutu £28, 000 neu £48, 000 ar gyfer metabarcodio a dilyniannu Sanger yn y drefn honno. Ni fyddai costau samplu yn cael eu dyblygu.

Mae'r costau hyn yn seiliedig ar y dull a ddefnyddir gan Mynott a Marsh (2020).

7.3. Camerâu optegol

Mae costau camerâu optegol yn amrywio yn dibynnu ar y fanyleb, y gwneuthuriad a'r model. Gall camerâu cryno rhad a chamcorders amrywio unrhyw le rhwng £100 a £1, 000 ond maent wedi'u cyfyngu gan bŵer batri a storio data. Gall camerâu tanddwr wedi'u pweru gan brif gyflenwad fel y rhai a gymhwyswyd yn flaenorol i raglenni monitro tyrbinau tymor hir amrywio rhwng £200 a £30, 000 heb gynnwys unrhyw ofynion neu ategolion lleoli eraill megis storio data a chyfleusterau pŵer. Er y gall technoleg camerâu ddarparu canlyniadau dibynadwy o dan yr amgylchiadau cywir, dim ond os oedd samplu ansawdd dŵr yn dangos bod gan yr ardal leoli welededd da y dylid defnyddio camerâu optegol.

7.4. Visual surveys

Mae'r costau i arsylwyr mamaliaid morol, ar dir neu ar gwch, yn debygol o fod rhwng £250 a £350 y dydd yn dibynnu ar brofiad. Gan gymryd lefel ganol-ystod o £300 y dydd, byddai arolygon ar y tir gydag o leiaf 2 arsylwr ym mhob pwynt gwyllo, yn costio rhwng £600 y dydd. Arolygon cychod yn gofyn am o leiaf 4 arsylwr felly byddai'r costau yn ~ £1,200 y dydd ynghyd â chost llogi cychod. Yn dibynnu ar ddyluniad yr arolwg a pha ddata sydd eisoes ar gael, mae'n debygol y bydd arolygon yn cael eu cynnal yn dymhorol.

Mae'r costau sy'n gysylltiedig â chynnal arsylwadau gweledol adar y môr yn debyg i gostau morfilod gydag arolygon man gwyllo ar y lan sy'n gofyn am isafswm ymdrech o 36 awr y 'tymor' (bridio / gaeaf), wedi'u rhannu'n arolygon 12 x 3 awr, datblygiadau cyn-adeiladu ac yn costio tua £200 - 250 y dydd i adaregydd ar ei liwt ei hun. Gellir nodi'r costau hyn os ydynt yn cyflogi ymgynghoriaeth a fyddai hefyd yn cynnwys dadansoddi ac adrodd. Mae arolygon trawslun trwy long yn ddrytach sy'n costio tua £300 - £400 i'r adaregydd, ac mae angen o leiaf dau ohonynt fesul arolwg; rhaid ailadrodd y trawsluniau cychod o leiaf ddwywaith y tymor ac anelu at gwmpasu mwy na 25% o'r ardal adnoddau. Dim ond o dan rai tywydd a chyflyrau'r môr y gellir cynnal arsylwadau gweledol ac arolygon cychod, ac felly gellir lleihau ymdrech yr arolwg os bydd cyfnodau estynedig o dywydd ansefydlog yn parhau. Unwaith eto, rhaid ystyried costau llogi cychod yn hyn hefyd.

Efallai mai arolygon o'r awyr, ynghyd â delweddau diffiniad uchel, yw'r dull mwyaf ymarferol weithiau sefydlu presenoldeb adar môr a digonedd ar gyfer datblygiadau sydd ymhellach ar y môr ac felly allan o ystod o offer optegol safonol, Mae costau'r arolygon hyn yn uchel; mae llogi awyren addas yn costio ~ £5, 000 y dydd (gall costau fod yn uwch os yw ardal fwy i gael ei gorchuddio), gall llogi offer ffotograffig ac amser staff i brosesu'r delweddau gostio mwy na £4, 000 yr arolwg.

7.5. Monitro acwstig goddefol

7.5.1. Unedau sengl

Mae costau C-PODS / F-PODS (Chelonia Ltd) oddeutu £2, 900 yr uned. Mae SoundTraps (Ocean Instruments, NZ) yn £3, 000-4, 000 yr uned. High Tech Inc (HTI) wedi cynhyrchu miloedd o hydroffonau at ddefnydd y llywodraeth a diwydiant. Mae eu hunedau hydroffon / preamplifier yn costio £1, 170 yr un ar gyfer y model HTI-99-UHF amledd uchel. Yr hydroffonau hyn yw'r rhai a argymhellir i'w defnyddio gyda'r recordydd SoundTrap sianel 4.

7.5.2. Clystyrau hydroffon

Mae Ocean Instruments yn cynhyrchu recordydd 4-sianel oddi ar y silff y gellir ei ddefnyddio fel clwstwr tetrahedrol ar gyfer lleoli lleisiau. Mae hyn yn costio £ 3, 600 ynghyd â chost pedwar hydroffon addas (£ 4680), cyfanswm o £ 8, 280. Byddai costau ychwanegol yn cynnwys costau mewnfario, y fframiau sy'n ofynnol ar gyfer eu defnyddio a fydd yn ddyluniadau pwrpasol, profi, defnyddio, cynnal a chadw a dadansoddi.

Costau clwstwr hydroffon o fewn costau dangosol AMP a ddarperir gan Brifysgol Talaith Washington yn cynnwys ychydig llai na £9000, gan gynnwys integreiddio (£7, 250) a 4 hydroffon (£1, 450).

Mae Minesto wedi defnyddio dau glwstwr hydrophone. Maent wedi cynghori bod eu costau offer yn £100, 000 ac, yn arwyddol, mae'n debygol y bydd cost lawn eu defnyddio yn £250, 000 neu fwy. Byddai hyn yn cynnwys cost offer gwerth £100k ynghyd â chostau lleoli a chynnal a chadw (amser llong a staff) a chostau dadansoddi.

7.5.3. Araeau wedi'u tynnu a chlystyrau arnofio

Yn ddiweddar, prynodd Prifysgol Abertawe amrywiaeth bwrpasol wedi'i thynnu ar gyfer arolygon morfilod, sy'n gallu lleoli morfilod yn gyfeiriadol. Y gost oedd £ 18,000. Byddai araeau fertigol fel y bo'r angen ynghlwm wrth fwi neu debyg yn debygol o fod yn ddrytach.

7.5.4. Araeau PAM a chostau cynnal a chadw

Er mwyn dangos costau cyffredinol lleoli, byddai angen 25 uned fonitro ar gyfer defnyddio arae PAM sy'n cwmpasu ardal o 4 km², gyda 500 m o ofod derbynnydd i sicrhau gorgyffwrdd trylwyr mewn datrysiadau. Gan ddefnyddio F-PODS, byddai hynny'n cyfateb i £72, 500 o gostau offer a £5, 000 mewn angorfeydd (£200 yr uned).

Yn seiliedig ar ein profiad ein hunain, wrth weithio o amgylch Cymru, mae'n ddymunol adfer a glanhau offer bob 3 mis i gyfyngu ar fiodanwydd ac adfer data. Gan dybio y dylid ei leoli am 12 mis, byddai hyn yn gofyn tua £20, 000 o amser llong ar gyfer lleoli a chynnal a chadw (yn tybio bod 5 uned yn cael eu gwasanaethu neu eu defnyddio bob diwrnod llong). Byddai angen o leiaf un gweithiwr amser llawn, gyda lefelau sgiliau priodol, hefyd i baratoi a rheoli lleoliadau a chynnal a chadw, lawrlwytho a dadansoddi data.

Byddai disgwyl i'r lefel hon o leoli ddarparu data o ansawdd da ar forfilod sy'n dod i mewn i'r ardal a gwmpesir gan yr arae, gan gynnwys symudiadau ar raddfa fras sy'n galluogi dealltwriaeth o osgoi caeau pell a chanolig. Byddai deall symudiadau graddfa ddirwy ac effeithiau posibl yn gofyn am ddefnyddio clystyrau hydroffon yn ychwanegol (gweler uchod am gostau) neu ddyfais integredig sydd â gallu acwstig goddefol a gweithredol.

7.6. Active acoustic monitoring

Mae systemau acwstig gweithredol (camerâu acwstig) yn ddrytach na thechnolegau eraill fel systemau camerâu optegol. Mae yna ystod eang o offer ar gael, gyda chostau yn amrywio o £25, 000 i £275, 000 yn dibynnu ar y ddyfais. Enghreifftiau o rai dyfeisiau a ddefnyddir yn gyffredin yw:

Sonar pysgodfeydd (cyfres SIMRAD WBMini / Simrad EK) £36, 000 - £50, 000+

Sonar multibeam Tritech Gemini 720IS SDK £30, 000-£35, 000

Camera acwstig (Soundmetrics ARIS 3000) £80, 000

Echoscope Coda Octopus -£250, 000-£276, 000.

Yn dibynnu ar y defnydd arfaethedig o ddata a gesglir, bydd angen meddalwedd brosesu ychwanegol i gategoreiddio targedau a ganfyddir. Mae trwydded blwyddyn ar gyfer y pecyn meddalwedd a ddefnyddir fwyaf Echoview, yn costio tua £15, 000 cychwynnol gyda'r farn am drwyddedau gwasanaeth ar ôl dod i ben.

7.7. Systemau tagio

7.7.1. Tagiau pinger a synhwyrdd 69 kHz

Mae'r rhain yn gynhyrchion COTS a ddefnyddir mewn ymchwil pysgodfeydd, gyda nifer o weithgynhyrchwyr. Mae tagiau pinger dangosol yn costio rhwng £ 150 a £ 265 y tag, ac mae tagiau synhwyrdd yn costio rhwng £ 250 a £ 400 y tag yn dibynnu ar synwryddion.

Mae derbynyddion goddefol ar gyfer canfod y tagiau yn costio rhwng £850 a £3, 000, gyda'r derbynyddion a ddefnyddir fwyaf yn costio tua £1, 400. Mae'r unedau cost uwch wedi'u gosod â gollyngiadau acwstig ar gyfer gweithredu dŵr yn ddyfnach.

7.7.2. Orlhain graddfa gain (Innovasea HR a LOTEK JSATS)

Mae'r rhain yn cael eu gwerthu am gwaith pysgodfeydd ond gellid eu rhoi ar adar môr a morloi. Mae dwy system, LOTEK JSATS ac Innovasea HR. Mae tagiau JSATS yn costio £130 a derbynwyr £2, 034.

7.7.3. Araeau olrhain acwstig

Mae derbynyddion olrhain acwstig yn cael eu defnyddio mewn llinellau ffens neu araeau. Mae derbynyddion safonol 69 kHz fel arfer yn cael eu defnyddio 400 m ar wahân, er y bydd hyn yn amrywio yn ôl pŵer tagiau ac amodau lleol. Ar gyfer gwaith graddfa ddirwy gan ddefnyddio tagiau amledd uchel, efallai y bydd angen i dderbynyddion fod mor agos â 50 m ar wahân mewn grid o amgylch y safle. Rhoddir costau gwahanol araeau o amgylch Cymru yn Clarke et al. (2021).

7.7.4. Storio data a thagiau GPS (DST)

Mae yna ystod o dagiau COTS integredig datblygedig ar gyfer olrhain adar môr, gan ymgorffori GPS, cyflymromedrau, recordwyr tymheredd / dyfnder a nodweddion eraill. Gwneuthurwyr yn cynnwys TechnoSmArt, technolegau Wildbytes, Ecotone, Biotrack / LOTEK a PathTrack. Rhaid ail-gipio rhai tagiau, tra bod eraill yn lawrlwytho data i orsafoedd sylfaen. Mae'r costau'n tua £300- £900.

7.7.5. Tagiau lloeren a ffôn

Defnyddir y rhain yn gyffredin am morloi. Mae tagiau arbenigol yn cynnwys y rhai a ddatblygwyd ym Mhrifysgol Abertawe gan dechnolegau Wildbyte (gan gynnwys cyflymromedr, magnetometr (am symudiad) a synhwyrdd pwysau barometrig (am ddyfnder) sy'n costio £3,600 yr un. Offeryniaeth SMRU yn cynhyrchu ystod o dagiau lloeren a ffôn sy'n addas i'w defnyddio ar forloi, yn costio tua £3, 500 i £5, 000.

Tabl 5. Costau dangosol gwahanol dechnegau arolwg ar gael.

Math monitro	Technoleg enghreifftiol	Amrediad cost dangosol	Sylwadau / rhagdybiaethau
Arolygon cychod	Pysgota, llong lan y môr llai gyda ffrâm-A a gêr winsh	£800-£1,500 y dydd	Yn addas ar gyfer defnyddio a gwasanaethu offer fel derbynyddion CPOD / FPOD / Acwstig. Capasiti lifft cyfyngedig.
	Cychod canolig	£2,000-£3,000 y dydd	Yn addas ar gyfer lleoli mwy fel defnyddio pecyn integredig o bell ac angorfeydd.
	Gallu RV llawn	Hyd at £20,000 + y dydd	Yn addas ar gyfer lleoli mwy fel defnyddio pecyn integredig o bell ac angorfeydd.
Arolygon eDNA	Samplwyr parhaus, metabarcodio a dilyniannu cantorion, dadansoddi ac adrodd	£400, 000 costau unwaith	Wedi'i gostio am arolwg strategol o 6 maes adnoddau o amgylch Cymru; Arolwg 2 wythnosol am 12 mis, yn cynnwys costau cychod.
Arolwg gweledol	Mamaliaid Morol	£250-£350 y dydd y arsylwr £250-350 y dydd am dadansoddi neu ysgrifennu adroddiadau.	Pwynt gwyllo obs. angen o leiaf 2 arsylwr felly byddai'r costau yn ~ £ 600 y dydd. Mae arolygon cychod yn gofyn am o leiaf 4 arsylwr felly byddai'r costau yn ~ £ 1,200 y dydd.
	Adar y môr	£200 - £300 y dydd arsylwadau gweledol. £300 - £400 (x 2) y dydd o arolwg cychod (ar y môr)	Gall cost ymgynghorol ar adaregydd ar ei liwt ei hun gael ei nodi gan ymgynghoriaeth ond byddai hyn yn cynnwys dadansoddiad ac adroddiadau pellach. Mae angen o leiaf 2 arsylwr ar gyfer arolygon cychod, gan gynnwys defnyddio llong arolygu addas gyda dec hedfan a drychiad 5 m o leiaf. Wedi'i gostio fesul adaregydd.
Monitro Acwstig	CPODS/FPODS	£2,900 yr uned	Yn cynhyrchu (i ddechrau) data cryno wedi'i brosesu. Ac eithrio angorfeydd a lleoli, cost fesul uned.
	SoundTraps	£3,000-£4,000 yr uned	Yn cynhyrchu ffeil sain. Ac eithrio angorfeydd a lleoli, cost fesul uned.

Math monitro	Technoleg enghreifftiol	Amrediad cost dangosol	Sylwadau / rhagdybiaethau
Goddefol (morfilod)	Clwstwr hydrophone COTS. Recordydd 4 sianel (Ocean Instruments NZ)	£5,000 uned recordio + £4,800 am 4 hydroffon	Nid yw'n cynnwys ffrâm gwely, angorfeydd, lleoli ac ati.
	Clwstwr hydrophone pwrpasol	£50,000	Ffigur o Minesto.
Camerâu gweledol	Amrywiaeth eang o fathau a galluoedd yn dibynnu ar y gofynion.	£100-£30,000	
Monitro acwstig gweithredol	TriTech Gemini 720is - Multibeam	£25,000-36,000	Costau gan Washington State AMP. Nid yw'n cynnwys ffrâm gwely, angorfeydd, lleoli ac ati.
	Blueview M900/2250-130-S-MKS(W)-MK2	£43,000	Yn cynnwys pen sonar, pecyn affeithiwr a chynnal a chadw blynyddol sy'n darparu mynediad i'r feddalwedd SDK ddiweddaraf.
	BioSonics DT-X AMS (System Monitro Awtomataidd)	£58,000 - £65,000	Mae hyn yn cynnwys uned reoli AMS, uned rheoli pŵer AMS, echosounder DT-X, ceblau transducer a transducer trawst sengl neu drawst hollt. Defnyddir ym mhrosiect RITE, Efrog Newydd, UDA.
	Coda Octopus - Echoscope	£250,900 - £276,00 Rhent 12 mis o £120,00 Rhent dyddiol: £725	Mae'r prisiau'n amrywio o Echosogop amledd triphlyg safonol gyda meddalwedd archwiliwr arolwg tanddwr i'r PIPE Echoscope amledd Triphlyg gyda Modiwl 4G USE Live & Replay a Sequencer. Mae'r prisiau i gyd yn cynnwys dyfais Pan & Tilt, cyflenwad pŵer 3D Connect a cheblau 75 m ar gyfer sonar a Pan & Tilt.
	ARIS 3000 - Camera acwstig cydraniad uchel	£80,000	Gall ganiatáu adnabod pysgod mewn rhai achosion. Nid yw'n cynnwys ffrâm gwely, angorfeydd, lleoli.
	Imagenex – 837B Delta T sonar delweddu multibeam	£13,600	Pris y pen sonar. Defnyddir ar blatfform FLOWBEC.
Systemau Tagio Acwstig	Tagiau a derbynnyddion pinger acwstig (69 kHz)	£150-£250 y tag £850-£3,000 yr uned	Tagiau Id Syml. Patrymau amledd ping yn rhaglenadwy. Pysgod addas yn unig. Mae costau derbynnydd pen uchel yn cynnwys rhyddhau acwstig. Mae derbynnyddion oes hir (lleoli 5 mlynedd) yn costio tua £ 14,000.
	Tagiau synhwyrdd	£250-£400 y tag	Yn dibynnu ar synhwyrddion; mae costau diwedd uchel yn cynnwys dyfnder. Pysgod addas yn unig.

Math monitro	Technoleg enghreifftiol	Amrediad cost dangosol	Sylwadau / rhagdybiaethau
	Tagiau a derbynnyddion Amledd Uchel (LOTEK / Innovasea)	£130 (JSATS) y tag / £2,000-£2,800 yr uned	Olrhain graddfa gain; pysgod ac adar môr / morloi. Ac eithrio costau tagio a defnyddio / cynnal a chadw derbynnydd.
Adar Môr - Storio Data / tagiau GPS	Wildbytes technologies / Ecotone / Biotrack /Pathrack	£500-£1,000	Y rhan fwyaf gyda GPS a synwryddion; mae angen adfer tagiau ar gyfer rhaf, rhaf i'w lawrlwytho i orsafoedd sylfaen (UHF / VHF).
Morloi - tagiau Lloeren a GSM	Technolegau SMRU	£3,500-£4,500 y tag	Nid yw'n cynnwys taliadau data a chostau defnyddio.
Morloi - Storio Data / tagiau GPS	Technolegau Wildbytes	£3,600 y tag	Ac eithrio costau lleoli ac adfer, dadansoddi data ac ati.
Offeryn integredig pecynnau	AMP (Prifysgol Talaith Washington)	£113,000-£250,000 per unit (see text for detail)	Dewis a chymysgu lleoli o bell, yn cynnwys fframiau, meddalwedd integreiddio, mae'r gost yn dibynnu ar y dechnoleg a gynhwysir.
	BioSonics System canfod a dosbarthu targed hir- gyfeiriadol un cyfeiriad.	£180,000	Wrth ddatblygu a phrofi yn WETS (Safle Prawf Ynni Wave) yn Hawaii. Sylw 360 ° o 48 o bennau sonar ynghyd â phen sonar eilaidd ar gyfer dosbarthwr dan gyfarwyddyd.

7.8. Offer asesu integredig

7.8.1. Pecyn Monitro Addasadwy (PMA)

Mae Prifysgol Talaith Washington wedi darparu dadansoddiad cost o gydrannau eu dyfais CRhA yn ddefnyddiol (Tabl 6). Mae hyn yn caniatáu dull 'dewis a chymysgu,' mae'r cydrannau a amlygwyd yn darlunio costau clwstwr PAM ynghyd â sonar delweddu Tritech sy'n dod i gyfanswm £113,000. Yn ychwanegu camera gweledol, echsunder pysgodfeydd a mowntiau ar llawr y môr yn dod â'r gost i £240, 000.

Nid yw'r costau hyn yn cynnwys defnyddio, cynnal a chadw, adfer nac unrhyw ran o'r gwaith rheoli / dadansoddi data. Byddai'r costau hyn yn amlwg yn benodol iawn i'w defnyddio yn dibynnu ar opsiynau cychod, hyd eu defnyddio a'r amgylchedd gweithredu. Maent yn argymhell cyllidebu ar gyfer un person llawn amser i gynnal a dadansoddi data ar gyfer cynhyrchu adroddiadau.

Mae wladwriaeth Washington hefyd wedi cynghori bod y treuliau anghylchol sy'n gysylltiedig â datblygu'r ddyfais, gan gynnwys 5 lleoliad, yn y \$ miliynau isel.

Tabl 6. Technoleg wedi'i osod ar y ddyfais AMP a chostau cysylltiedig.

Offeryn / Cydran	Gwneuthurwr	Cost Uned £	Nifer	Cost £
Delweddu Sonar 1	Tritech Gemini	36,000	1	36,000
Delweddu Sonar 2	Teledyne BlueView	25,200	1	25,200
Hydroffon	HTI	1,440	4	5,760
Array Integreiddio PAM	Custom	7,200	1	7,200
ADCP	Nortek Signature	21,600	1	21,600
Echosounder	Simrad WBTmini	36,000	1	36,000
Rotator	ROS P-25	14,400	1	14,400
System Camera Optegol	Custom	36,000	1	36,000
Hwb Integreiddio	Custom	21,600	1	21,600
Ceblau	Subconn/McCartney	7,200	1	7,200
Ffrâm Mowntio Offerynnau	Custom	14,400	1	14,400
Lander Gwaelod	Custom	14,400	1	14,400
Cyfanswm popeth (cyfradd gyfnewid dybiedig; 1USD=0.72GBP)				£239,760
Cyfanswm wedi'i amlygu:				£113,760

7.8.2. FLOWBEC a HiCUP

Mae platfform monitro FLOWBEC wedi'i ddatblygu allan o ymchwil a ariannwyd gan NERC a 10 mlynedd o waith ymchwil a datblygu. Yn yr un modd â'r AMP, mae'r costau'n dibynnu ar ddyluniad y platfform a'r cydrannau a ddewisir.

Mae platfform pwrpasol HiCUP, yn dibynnu ar offer monitro ynghlwm, ond nid yw'r costau ar gael ar hyn o bryd.

8. Trafodaeth a chasgliadau

Mae'r cwmpas y prosiect hwn yn gofyn am ymchwilio i dechnegau monitro sydd ar gael ac sy'n dod i'r amlwg i asesu effeithiau caeau tyrbinau llanw a chynlluniau llanw ar bellter agos at famaliaid morol, adar môr a physgod, a darparu argymhellion ar y rhai mwyaf addas i'w defnyddio mewn amgylcheddau ynni uchel yn nyfroedd Cymru.

8.1 Heriau

Mae safleoedd addas am defnyddio dyfeisiau llif llanw ac ystod llanw yn debygol o fod yn amgylcheddau deinamig, sy'n berthnasol i lawer o arfordir Cymru. Mae ardaloedd adnoddau ar gyfer lleoli nentydd llanw yn dangos cyflymderau cyfredol uchel, cynnwrf ac mewn llawer o achosion, maent yn agored i donnau sylweddol. Felly mae'n rhaid i'r holl ddyfeisiau monitro a ddefnyddir i edrych ar ryngweithio llanw weithredu yn yr amgylchedd hwnnw. Mae dau materion yn y dyfroedd o amgylch Cymru, cymylogrwydd uchel (cyfyngu ar welededd tanddwr) a biodanwydd. Mae'r ffactorau hyn yn gyd-destun pwysig ar gyfer dewis technegau monitro a'r dewis o ddyfeisiau sydd i'w defnyddio. Rydyn ni'n eu disgrifio'n fyr isod.

8.1.1 Cyflymderau llanw a chythrwfl

Datblygwyd llawer o'r technegau monitro a ddefnyddir ar hyn o bryd i edrych ar ryngweithio caeau agos a phell at ddefnydd ehangach, ac mae'r amgylcheddau deinamig o amgylch safleoedd tyrbinau yn heriol. Mae hyn yn effeithio yr offer; o ran gofynion sain a thrwy effaith sŵn llanw a chythrwfl ac y sŵn tyrbîn yn ymyrryd â, ac yn lleihau ystod effeithiol o dechnegau fel PAM, sonars gweithredol, a thagiau.

Mae cyflymderau llanw yn effeithio ofynion angori ar defnyddio offer monitro ar wely'r môr ac ar yr wyneb, yn ogystal â ffenestri gweithio ar gyfer timau lleoli cyffredinol, ROV's a phlymio. Mae angen offer dyletswydd trwm ac mewn llawer o achosion, fframiau pwrpasol i'w defnyddio yn yr amgylcheddau hyn. Effaith hynny yw cynyddu'r amser llong sy'n ofynnol lleoli a chynnal a chadw, ac mewn rhai achosion dylanwadu ar allu'r llong sy'n ofynnol i gyflawni'r gwaith. Mae'r ddau ffactor hyn yn cynyddu costau o gymharu â gweithredu mewn amgylcheddau mwy diniwed.

8.1.2 Cymylogrwydd

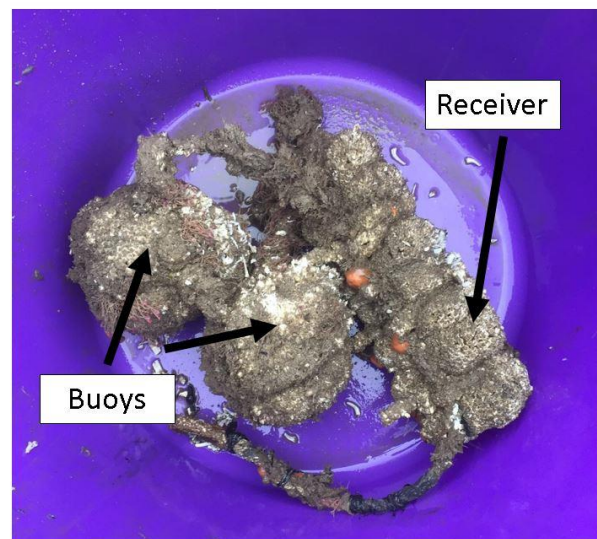
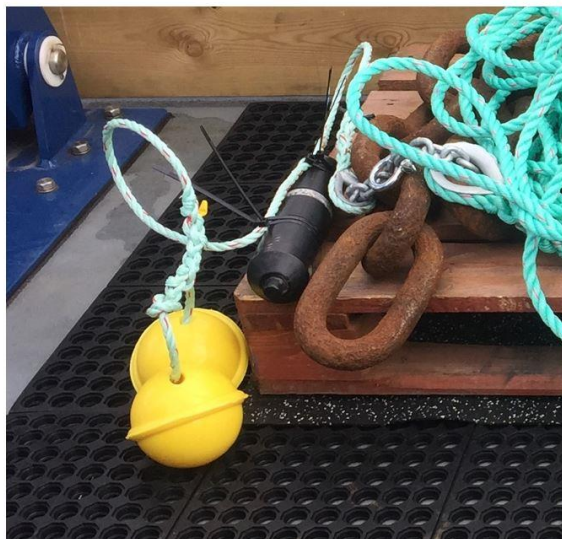
Dyfroedd arfordirol o amgylch Cymru yn destun ystodau llanw mawr a cheryntau cyflymder uchel sydd yn ei dro yn cynyddu lefelau cymylogrwydd tanddwr trwy waddodion crog yn y golofn ddŵr (Jones, 2020). Mae lefelau gwaddod crog mewn rhannau o arfordir Cymru yn uchel iawn, gyda Sianel Bryste yn cyfartalu lefelau gwaddod crog o > 30 mg / l rhwng 1998-2015. Mae'r ardal hon yn cynnwys Bae Abertawe ac Aber Hafren. Mae rhannau o Orllewin a Gogledd Cymru hefyd wedi'u nodi fel lefelau gwaddod crog wyneb o 10-15 mg / l ar gyfartaledd rhwng 1998-2015 (Silva, 2016). Gwelededd mewn ardaloedd fel Morlais a Chaergybi hefyd yn wael (M.J Roberts, cyfeirnod). O ganlyniad, mae technegau camera yn fwy addas ar gyfer arolygon presenoldeb / absenoldeb cyffredinol yn hytrach nag monitro gwrthdrawiadau (Jones

et al 2019; Jones et al., 2020). Mae hyn yn cyfyngu ar y defnydd o ddulliau camerâu optegol i monitro gwrthdrawiadau uniongyrchol â thyrbinau llanw; mae camerâu sonar neu acwstig yn dechnegau mwy priodol i'w defnyddio o amgylch Cymru. Dylid ystyried ffactorau fel tymor (blodau algaidd), llanw, ceryntau dŵr, dyfnder a chyfansoddiad gwaddod mewn unrhyw leoliad datblygu tyrbin llanw arfaethedig wrth ystyried defnyddio camerâu tanddwr.

8.1.3. Biofouling

Bydd unrhyw strwythur caled dan y môr yn gartref i gymuned o organebau morol sy'n tyfu ar ei wyneb ac yn gysylltiedig ag ef. Mae'r twf morol hwn, neu'r biodanwydd, yn cynnwys amrywiaeth o rywogaethau yn dibynnu ar leoliad, dyfnder a chyfluniad y strwythur (Coy, 2016). Os bydd biofouling yn digwydd, gall y maes golygfa offerynnau optegol fynd yn aneglur, gan leihau'r gallu i arsylwi anifeiliaid (Hutchison et al., 2020). Er nad yw'r transducers biofouling acwstig a / neu rannau eraill o'r system bob amser yn diraddio delweddaueth sonar neu ymatebion acwstig goddefol, gall ddal i niweidio cydrannau sensitif dros amser (Hasselman et al., 2020). Er enghraifft, os yw biofouling yn effeithio ar y system acwstig ei hun ac offer atodol gan gynnwys ceblau, bwiau isel-wyneb neu fwiau wyneb a batris (gweler Ffigur 10), gall hefyd gyfaddawdu mecanweithiau rhyddhau ac adfer acwstig.

Gall biofouling yn ddigwydd o fewn dyddiau mewn rhai achosion (Jha, 2016). Mae lliniaru i leihau biofouling yn cynnwys gosod yr offerynnau sy'n wynebu'r cerrynt, dilyn amserlen lanhau reolaidd a'u gosod mewn lleoliadau hygyrch. Mae technolegau glanhau newydd yn cynnwys sychwyr profion, goleuadau UV, a defnyddio paent gwrth-baeddu tryleu (Hutchison et al., 2020).



Ffigur 10. Derbynnnydd olrhain acwstig ac offer angori (chwith); bwiau isel-wyneb a derbynnydd ar ôl 4 mis o leoli ym Môr Hafren (dde).

8.1.4. Cyrydiad

Yn ogystal â biodanio, gall defnyddio offer yn y tymor hir mewn dŵr môr hefyd ei wneud yn agored i gyrydiad a all fod yn broblem sylweddol. Dywedodd datblygwyr technoleg yn ystod yr adolygiad hwn fod technolegau aeddfed ac profedig bellach yn y maes hwn i leihau'r mater hwn i'r eithaf. Defnyddio gorchuddion titaniwm ac alwminiwm, ac anodau aberthol yn fesurau pwysig sy'n gyffredin i lawer o'r offer a ddefnyddir. Er gwaethaf y ddealltwriaeth honno, fe'n cynghorwyd y gallai methiant y rotator ar gyfer yr amryliw ar ddyfais DeltaStream (sain Ramsay) fod oherwydd cyrydiad, ac rydym yn deall bod materion cyrydiad wedi peryglu monitro amlbwrpas ar safle MeyGen.

8.1.5. Trosglwyddo pŵer a data

Mae dewis dulliau pŵer ac adfer data yn gwestiwn pwysig i ddatblygwyr wrth ystyried cynlluniau monitro. Ar gyfer dyfeisiau wedi'u gosod ar yr wyneb a monitro tymor hir, mae cyflenwadau pŵer ceblau a throsglwyddo data ar y lan yn ddymunol, gan eu bod yn galluogi asesu data mewn amser real, gan gynnwys nodi problemau gyda'r ddyfais fonitro, a lleihau'r gofynion ar gyfer storio lleol a chymorth batri.

Fodd bynnag, gall fod problemau posibl sylweddol gyda'r dull hwn wrth ei gymhwyso i offer monitro ar wely'r môr, fel y gwelwyd yn y defnydd o FLOWBEC ar safle MeyGen, lle na chyflwynwyd y cyflenwad pŵer yn effeithiol, ac er ei fod yn weithredol wrth ei adfer, arhosodd y ddyfais ymlaen, llawr y môr am 18 mis heb gasglu data.

Felly mae cyfaddawd sylweddol i'w ystyried rhwng lleoli angori sy'n hawdd eu hadalw a'u gwasanaethu, a lleoliadau wedi'u gosod ar y strwythur a allai fod yn anoddach eu hadfer, pa mor addas bynnag ar gyfer lleoli tymor hwy gyda phŵer a chysylltiadau amser real â'r lan.

8.1.6 Storio, dadansoddi a dosbarthu data

Pwysleisiodd sawl un o'r sefydliadau y gwnaethom siarad â nhw bwysigrwydd cael cynllun clir ymlaen llaw ar gyfer rheoli data.

Fel y disgrifir yn adran 6, gall faint o ddata a gynhyrchir gan dechnegau fel acwsteg weithredol, acwsteg oddefol a delweddaeth optegol cydraniad uchel fod yn eithriadol o fawr; sawl terabytes o ddata mewn un diwrnod ar gyfer delweddau optegol cydraniad uchel parhaus (Polagye et al., 2014). Er bod storio data yn gymharol rhad, gall fod yn broblem o hyd ar gyfer lleoli o bell, gan gyfyngu ar amseroedd defnyddio. Hyd yn oed gyda storio data ar y lan, gall yr her logistaidd sy'n gysylltiedig â choladu, rheoli a dadansoddi'r wybodaeth a gesglir fod yn broblem.

Gall cyfeintiau data mawr hefyd gyfyngu ar ddadansoddiad dilynol, oherwydd y gofyniad i ymyrraeth ddynol nodi ac asesu digwyddiadau. Gall dadansoddiad amser real ar gyfer rheoli addasol hefyd fod yn llafurddwys oni bai y gellir defnyddio offer meddalwedd dibynadwy i nodi a dosbarthu digwyddiadau. Mae sawl dull o fynd i'r afael â'r problemau hyn. Lle gellir cysylltu data yn uniongyrchol â storfa tir neu lestr mewn amser real, mae'r broblem yn cael ei lleihau i'r eithaf oherwydd gall y storio data fod yn fawr. Gellir cyflawni hyn trwy linellau sefydlog,

cyswllt radio i'r lan, neu gyswllt lloeren. Fodd bynnag, lle mae dyfeisiau anghysbell yn cael eu defnyddio gyda storfa leol, mae angen technegau amgen.

Mae prosesu'r data mewn amser real, a dim ond storio data wedi'i brosesu yn lleihau'r gofynion storio. Mae'r dull hwn wedi'i ymgorffori yn rhai offer COTS (CPODS / FPODS), ac mae opsiwn i dewis targedau mewn llawer o offer meddalwedd acwstig (e.e., y rhai a ddarperir gan Tritech a PamGuard). Mae defnyddio'r offer hyn yn aml yn gyfyngedig i gaffael a chofnodi targedau, gan ddefnyddio'r data targed mewn rhai achosion i sbarduno offerynnau eraill.

Mae cywasgu a throsysgrifennu data hefyd yn offer defnyddiol; Yn ddiweddar, estynnwyd opsiynau SoundTrap Ocean Instruments i gynnwys dyfais gyda chyfleusterau canfod clic morfil danheddog sy'n cofnodi ffeiliau .wav mewn fformat cywasgedig. Gellir defnyddio hwn am hyd at 6 mis.

Mae sawl ymchwilydd a gweithgynhyrchydd yn hyfforddi offer AI i brosesu data i gydnabod targedau gan ddefnyddio data gweledol ac acwstig. Mae'n bwysig cydnabod cyfyngiadau cyfredol ar y technegau hyn; mae angen data rhywogaethau a safle-benodol sydd â nodweddion hysbys hyfforddiant. Serch hynny, cyflawnwyd peth llwyddiant eisoes, a gallai AI fod yn arbennig o werthfawr wrth fonitro ceisiadau amser real a phrosesu llawer iawn o ddata gweledol ac acwstig.

8.2 Technegau monitro addas

Mae'r adran hon yn edrych ar bob un o'r gofynion swyddogaethol ac yn trafod opsiynau monitro, mewn cyd-destun Cymreig.

FR1. Rhywogaeth presenoldeb neu absenoldeb mewn datblygiad a digonedd neu gyfran y poblogaethau allweddol o rywogaethau sydd mewn perygl mewn datblygiad.

Ar gyfer mamaliaid morol ac adar y môr, presenoldeb / absenoldeb, a digonedd cymharol cyn ac ar ôl adeiladu gan ddefnyddio technegau arsylwi syml. Mae'r rhain yn rhad ac yn ddibynadwy. Mae tystiolaeth ar ddosbarthiad morol y grwpiau hyn ar gael, gydag amcangyfrifon digonedd yn seiliedig ar arolygon blynyddol ledled y wlad. Dylid sefydlu protocolau arolwg datblygiadau ynni llanw i safoni casglu data sylfaenol a gweithredol, wedi'i lywio gan dull wynt ar y môr.

Am morfilod, gellir casglu tystiolaeth feintiol hefyd trwy ddefnyddio araeau o unedau PAM COTS sefydlog fel CPOD / FPOD a SoundTraps, i gasglu data parhaus sy'n ymdrin â chyfnodau estynedig gan gynnwys digwyddiadau yn ystod y nos. Mae angen profi'r rhain gydag allyrwyr sain llinell sylfaen allanol i gywiro am effeithlonrwydd amrywiol ar wahanol gyflwr llanw.

Mae poblogaethau morloi yn cael eu meintoli o gyfrif morloi bach gan ddefnyddio arolygon gweledol o safleoedd tynnu allan. Gall astudiaethau tagio gan ddefnyddio tagiau DST / lloeren ddarparu data gwerthfawr dosbarthiad morloi ar y môr ond byddent yn fwy ymarferol pe baent hefyd yn cael eu defnyddio gofynion swyddogaethol eraill (FR2, FR3, FR4) oherwydd llafur a chostau dan sylw.

Am adar môr, mae technegau tagio gan ddefnyddio cofnodwyr data a gludir gan anifeiliaid, neu dagiau acwstig amledd uchel a araeau derbynnydd yn darparu data gwerthfawr. Mae'r ddwy dechneg yn gostus gyda'r olaf heb ei brofi ar gyfer adar môr ar hyn o bryd. Felly ni ddylid ystyried eu defnyddio at y diben hwn oni bai mai nhw yw'r dull mwyaf priodol ar gyfer gofynion swyddogaethol eraill (FR2, FR3, FR4).

Am pysgod, mae'r gofynion yn fwy heriol. Rhywogaethau pelagig a ecsbloetir yn fasnachol, cynhelir arolygon echsunder pysgodfeydd arbenigol gan Cyngor Rhyngwladol Archwilio'r Môr (CRAM) ac maent yn darparu data dosbarthu synoptig yn ogystal ag amcangyfrifon maint stoc. Hyd yn oed y rhywogaethau hyn, mae gwybodaeth fel hunaniaeth poblogaethau silio a lleoliadau silio o amgylch Cymru yn anghyflawn. Mae arolygon yn ofynnol i gychod arbenigol fel y Celtic Explorer, gyda pheiriannau trydan leihau sŵn wrth arolygu, ac felly maent yn ddrud am oddeutu £20, 000 am dydd.

Am rhywogaethau mudol sy'n cael eu nodi fel blaenoriaeth gan ynni'r cefnfor ORJIP, mae gwybodaeth am eu dosbarthiad afonol yn ddealladwy a gellir ei defnyddio i gasglu presenoldeb mewn rhai achosion.- e.e., cynlluniau amrediad llanw roedd gollyngiad afon yn agos. Fodd bynnag, mae dealltwriaeth wael o ddosbarthiad morol y rhywogaethau hyn, yn enwedig yn nyfroedd arfordirol RA posibl (ardaloedd adnoddau) lle mae datblygiadau amrediad y llanw a nentydd yn debygol o gael eu datblygu. Gellir defnyddio technegau dal, ac ar wahân i arolygon eDNA efallai mai'r unig ddull ymarferol i asesu rhywogaethau cyfnodau bywyd fel llyswennod gwydr neu lamprey ifanc.

Am presenoldeb / absenoldeb a digonedd tymhorol cymharol, gallai bylchau gwybodaeth gael eu llenwi ar gyfer pob RA trwy arolwg eDNA strategol. Gellid defnyddio tagiau acwstig hefyd, gan ganolbwyntio ar boblogaethau sentinel o rywogaethau sy'n peri pryder a'u cyfuno â araeau derbynnydd a ddefnyddir yn RA. Crynhoir costau gwahanol dechnegau yn adran 7.

FR2. Patrymau deiliadaeth, dosbarthiad graddfa fain ac ymddygiad rhywogaethau symudol mewn cynefinoedd nentydd llanw.

Ar gyfer morfilod, gall arsylwadau gweledol ynghyd â PAM gan ddefnyddio dyfeisiau monitro COTS a ddefnyddir mewn araeau priodol ddarparu tystiolaeth o batrymau deiliadaeth ac ymddygiad (fel FR1). Gellir cael gwybodaeth ar raddfa eang o amrywiaeth PAM gydag unedau'n cael eu defnyddio 500m oddi wrth ei gilydd. Byddai olrhain graddfa gain yn gofyn am ddefnyddio clystyrau hydroffon a dim ond mewn ardaloedd bach y mae'n debygol o fod yn ymarferol, fel y rhai o amgylch cymeriant tyrbîn neu amrediad llanw. Ar yr amod bod monitro yn cael ei gywiro am amrywiadau yn effeithlonrwydd PAM (e.e., mewn gwahanol daleithiau llanw), gellir cysylltu ymddygiad morfilod yn y meysydd diddordeb a geir o PAM â newidynnau amgylcheddol gan gynnwys ffactorau fel cyflwr y llanw gan ddefnyddio rhagfynegiadau o fodelau llanw neu ddata ADCP.

Gellir monitro morloi ac adar môr hefyd gydag arsylwadau gweledol. Lle mae safle lleoli presennol neu arfaethedig yn weladwy o fan gwyllo ar y lan; gellir arsylwi digwyddiadau plymio yn gywir adar môr neu forloi unigol gan ddefnyddio dyfeisiau fel yr Ornithodolite (Cole, 2019),

gan ganiatáu cydberthynas rhwng defnydd gofod tanddwr geo-gyfeiriedig â data amgylcheddol a chasglu ymddygiad.

Storio data a tagiau lloeren, gyda GPS a synwryddion hefyd yn darparu data gwerthfawr ar ddefnyddio cynefinoedd ac ymddygiad o dan y dŵr ar gyfer adar môr a morloi. Mae amryw o dagiau storio data ar gael (gweler adran 6.8), gan gynnwys COTS a thagiau integredig pwrpasol. Fel mamaliaid morol, gellir cyfuno data arsylwadol a thag gyda mesuriadau amgylcheddol a modelau hydrograffig i edrych ar ymddygiadau cydraniad uchel, gofodol-amserol.

Gellir monitro pysgod gyda camerâu optegol, echosounder pysgodfeydd neu sonars multibeam i edrych ar ymddygiad. Fodd bynnag, mae'n anodd adnabod y rhywogaethau mudol sy'n peri pryder ac mae gobaith rhesymol o nodi targedau unigol wedi'i gyfyngu i gamerâu optegol yn fyr mewn golau dydd ac amodau clir, camerâu abwyd, neu gamerâu acwstig cydraniad uchel fel ARIS. Nid oes yr un o'r rhain yn ddelfrydol at y diben hwn, oherwydd cost ac ymarferoldeb (ystod).

Y rhan fwyaf o'r rhywogaethau pysgod mudol tagiau acwstig 69kHz ynghyd â araeau derbynnydd acwstig a thagio graddfa feintiol cyfnodau bywyd a rhywogaethau allweddol mewn afonydd sentinel yw'r technegau mwyaf priodol. Efallai y bydd angen buddsoddiad strategol.

FR3. Rhyngweithiadau ger caeau gan gynnwys monitro ymddygiad osgoi a gwrthdrawiadau. Gan gynnwys amllder, natur, a chanlyniad rhyngweithio ger y cae rhwng rhywogaethau symudol a thyrbinau llanw, ymatebion a chyfraddau osgoi.

Casglwyd tystiolaeth bresennol i raddau helaeth gan ddefnyddio monitro acwstig goddefol (am morfilod), ynghyd â sonars camera a sonars sengl / multibeam a thagiau acwstig i pysgod. Nid ydym yn ymwybodol o unrhyw dystiolaeth gyhoeddedig sy'n disgrifio streic tyrbinau ar forfilod neu adar y môr, er gwaethaf cyfnodau monitro eithaf hir mewn rhai safleoedd (er enghraifft, ym MeyGen lle mae systemau PAM wedi'u defnyddio ers 2017, gyda data'n rhychwantu 2 flynedd). Mae awduron eraill wedi nodi (ABPmer, 2020) gall y diffyg arsylwadau o streiciau adlewyrchu'r ystod gyfyngedig o safleoedd a rhywogaethau a arsylwyd a chyfyngiadau ar rai cynlluniau monitro oherwydd bod amodau cydsynio wedi mynnu bod y ddyfais yn peidio â gweithredu pan fydd mamaliaid morol i mewn y cyffiniau.

Am morfilod, dangoswyd bod arolygon gweledol, araeau PAM (gan ddefnyddio C-POD / F-POD a / neu hydroffonau confensiynol), ynghyd ag arsylwadau camerâu amlbwrpas / acwstig (e.e. Triton Gemini 720 neu ARIS 3000) yn gallu edrych ar rhyngweithio ger caeau. Mae SMRU wedi defnyddio technegau PAM i olrhain llamhidyddion harbwr yng nghyffiniau tyrbinau llanw ym MeyGen. Mae deunydd a gyhoeddwyd yn ddiweddar yn seiliedig ar arsylwi uniongyrchol ac olrhain unigolion sy'n defnyddio technegau PAM gyda araeau hydroffon pwrpasol wedi'u gosod ar y tyrbinau wedi dangos y gellir arsylwi ymddygiad agosrwydd ac osgoi ar yr ystod ganolig (10 metr) ac agos (metr). Fodd bynnag, mae cywirdeb lleoliadol yn gostwng yn sydyn gyda'r pellter o'r hydroffonau pan fydd anifeiliaid yn agos at y tyrbinau a sŵn cefndir yn uchel.

Gwelwyd rhyngweithio adar môr â thyrbinau yn defnyddio camerâu optegol o amgylch tyrbinau mewn sain Blue Mull Sound, Orkney. Yn nyfroedd Cymru bydd gwerth camerâu tanddŵr optegol fel arfer yn cael ei gyfyngu gan welededd. Ymhlith y technegau arsylwi adar yn absenoldeb gwelededd mae arsylwi rhyngweithiadau tyrbinau yn uniongyrchol gan ddefnyddio camerâu amlbwrpas / acwstig neu dagiau arbenigol â chyflymromedrau (yn nodi streiciau tyrbinau). Gellid hefyd ystyried olrhain graddfa gain gyda thagiau acwstig amledd uchel (Lotek JSATS neu Innovasea HR) a araeau derbynnydd acwstig. Pan fydd datblygwyr gwelededd gwell y safle fod yn well na'r amodau cyffredinol o amgylch Cymru, gallai arolygon ansawdd dŵr fod yn briodol i benderfynu a ellid defnyddio technolegau camerâu optegol.

Am pysgod, mae camerâu optegol, camerâu acwstig, a thagio acwstig / radio wedi'u defnyddio'n llwyddiannus i edrych ar ymddygiad osgoi yng nghyffiniau tyrbinau trydan dŵr mewn ystod o gynlluniau dŵr croyw. Mae'r rhain wedi darparu tystiolaeth o gyfraddau a goroesiad tyrbinau. Tystiolaeth mewn sefyllfaoedd morol yn gyfyngedig ar rhai rhywogaethau er bod rhai arsylwadau o rywogaethau morol, a gesglir gan ddefnyddio camerâu a thechnegau sonar. Mae'r rhain yn cynnwys ymddygiad osgoi ar gyfer heigiau pysgod, ac rhai adroddwyd am wrthdrawiadau gyda dyfeisiau YAM.

Mae technegau camerâu gweledol o amgylch Cymru wedi'u cyfyngu gan welededd isel gyda lefelau uwch o SPM (Mater gwaddod crog) i'w gael o amgylch ardaloedd o arfordir Cymru, yn enwedig Sianel Bryste. Gallai camerâu acwstig a ddefnyddir yn ofalus ddarparu data ger y cae ond mae natur y lluniau a gynhyrchir gan dechnegau acwstig ynghyd ag ystod gyfyngedig a llai o ddatrysiad o bell (amrediad uchaf 30-50 m) yn debygol o wneud adnabod rhywogaethau yn anodd neu'n amhosibl.

Gall tagiau acwstig ynghyd â araeau olrhain graddfa gain ddarparu data cywir ar gyfer pysgod wedi'u tagio (cywirdeb yn well nag un metr mewn 3D). Gellir defnyddio'r rhain ochr yn ochr â dulliau olrhain ar raddfa ehangach a'u defnyddio gyda'i gilydd gall y technegau feintiol argaeledd a dangos osgoi caeau yn agos ac yn bell. Mae'r dechneg yn ofynnol i'r pysgod tagio i ddefnyddio'r ardal, ond os nad ydyn nhw'n defnyddio'r ardal, ar yr amod bod digon o bysgod wedi'u tagio, gall hyn ddarparu tystiolaeth feintiol bod y risg yn isel.

Llwyfannau arsylwi integredig sy'n cario pecynnau cymysg o offer monitro hefyd wedi llwyddo i arsylwi rhyngweithio ger caeau. Mae amrywiol dimau ymchwil wedi datblygu llwyfannau arsylwi integredig, megis AMP a FLOWBEC. Er nad ydynt ar gael yn rhwydd fel offer COTS, gall y systemau hyn fod yn opsiwn a ffefrir mewn sawl sefyllfa.

FR4. Data ymddygiadol gwahanol rywogaethau megis cyflymderau nofio (gan gynnwys cyflymderau byrstio) a defnyddio dyfnder.

Mae data ar gyflymder nofio a defnyddio dyfnder yn baramedrau pwysig ar gyfer modelu risg gwrthdrawiad yn AEA. Y mwyafrif o rywogaethau, mae rhywfaint o ddata ar gael yn y llenyddiaeth ac mae tystiolaeth yn parhau i ddatblygu.

Am morfilod, gellir deillio data o arsylwadau uniongyrchol, gan gynnwys fideo tanddwr, PAM, ac anifeiliaid wedi'u tagio.

Am adar môr a morloi, gall tagiau fideo o dan y dŵr a thagiau anifeiliaid a gludir gan synhwyrdd ddarparu'r wybodaeth hon. Gall tagiau ddarparu gwariant ynni data manwl a gwybodaeth am gyflymder nofio.

Am tagiau acwstig pysgod a thagiau acwstig â chyfarpar synhwyrdd sy'n eu lawrlwytho i dderbynyddion acwstig, gallant ddarparu data yn yr RA. Rhywogaethau mawr yn gallu defnyddio tagiau DST hefyd.

FR5. Deall canfyddiad synhwyrdd ac ymatebion agos at gaeau i dyrbinau llanw, gan gynnwys canlyniad ymddygiadol sŵn, i symud y tu hwnt i ddefnyddio clywadwydd fel dirprwy ar gyfer ymateb ymddygiadol.

Mae yna nifer o ffyrdd y gall anifeiliaid morol synhwyro presenoldeb strwythurau morol, gan gynnwys golwyg, gwrandawriad, sonar, a chanfod trwy organau arbenigol fel llinellau ochrol. Yn arwynebol gellir archwilio hyn trwy ddefnyddio offer monitro caeau pell ac agos fel PAM, tagiau ac acwstig weithredol i gysylltu ymddygiad â pharamedrau amgylcheddol pwyllog fel sŵn.

Yn ymarferol, mae datgysylltu effeithiau gwahanol symbyliadau a mecanweithiau ymateb yn hynod heriol. Mae angen arbrofion a reolir yn ddelfrydol, gan amrywio newidynnau sengl. Gellir cyflawni hyn, mewn egwyddor, e.e., trwy chwarae sŵn tyrbin yn ôl yn absenoldeb strwythurau ffisegol (Hastie et al., 2018). Gall yr ystod o synau a ddefnyddir ymestyn y tu hwnt i'r ystod glywedol hysbys i'r rhywogaeth nodi mecanweithiau ac effeithiau derbynyddion eraill. Fodd bynnag, mae hyd yn oed yr arbrofion hyn yn cael eu cymhlethu gan effeithiau sefydlu ac effeithiau cyfun (e.e., clyw a golwg).

8.3. Gwahanol fathau o ddyfeisiau YAM - goblygiadau monitro caeau / gwrthdrawiadau

Mae Adran 8.2 yn nodi'r defnydd o PAM, dyfeisiau acwstig gweithredol a thechnegau tagio fel y dulliau mwyaf effeithlon ar gyfer casglu data ger caeau / gwrthdrawiadau yng Nghymru. Mae'r math o ddyfais yn gyfyngedig iawn i arolygu gweledol, technegau tagio ac olrhain a bydd gwerth cyfyngedig i gamerâu tanddwr yn nyfroedd Cymru. Felly mae'r rhan fwyaf o'r adran hon yn canolbwyntio ar ddefnyddio PAM a monitro acwstig ar gyfer rhyngweithio ger caeau. Lle mae angen gosod offer monitro ar ddyfeisiau neu'n agos atynt, maent yn fwy tebygol o gael eu heffeithio gan sŵn a gynhyrchir gan y ddyfais ynni.

8.3.1. Dyfeisiau wedi'u gosod arwyneb

Mae'n ymddangos bod Aquantis, Ynni Morol Cynaliadwy, Magallanes Renewables a Orbital Marine Power i gyd yn edrych i ddefnyddio tyrbinau sydd wedi'u gogwyddo'n llorweddol wedi'u gosod ar cilbrennau neu o dan long (au) wyneb. Mae egni Instream yn edrych ar ddyluniad hydrokinetig wedi'i osod ar yr wyneb lle mae'r tyrbin wedi'i gyfeirio'n fertigol.

Mae rai manteision sylweddol i ddefnyddio dyfeisiau wynebau dros ddyfeisiau wedi'u gosod ar wely'r môr at ddibenion monitro. Er bod cymylogrwydd yn debygol o gyfyngu ar arsylwadau o amgylch Cymru, mae defnyddio ger yr wyneb yn helpu gyda threiddiad ysgafn, a gall camerâu cost isel fod yn ddefnyddiol mewn rhai lleoliadau o hyd i helpu i nodi targedau pan fydd yr amodau'n dda. Mae dyfeisiau gyda thyrbinau yn agos at yr wyneb yn darparu cyfleoedd posibl i gael gafael ar offer monitro gwasanaeth yn haws, ynghyd â symleiddio mynediad at bŵer a throsglwyddo data i dir.

Yn chynllunio ymlaen, gellir gosod clystyrau PAM a derbynnydd tag acwstig, acwsteg weithredol neu offer camera ar y ddyfais neu'r unedau arnofio, neu ar rychwantau pwrpasol, gan edrych ar dyrbinau o ystod agos. Gellir integreiddio'r rhain i'r dyluniad fel offer pwrpasol neu eu defnyddio mewn offer integredig fel yr AMP, FLOWBEC neu HiCUP. Mae hyn yn fantais fawr ar gyfer dyfeisiau wedi'u gosod ar yr wyneb gan ei fod yn sicrhau bod yr offer monitro yn parhau i fod yn ganolog tuag at yr un pwynt o'r ddyfais YAM, gan gael gwared ar symudiad cymharol gwahaniaethol rhwng y ddau fel problem.

Bydd y hyfywedd a'r dull a ddewisir yn dibynnu ar gyfluniad y ddyfais YAM. Mae angen ystyried monitro trwy gydol y broses ddylunio i sicrhau, lle bo angen, bod gan offer monitro fynediad at bŵer (yn ddelfrydol ail-wefru pŵer batri o'r ddyfais YAM), yn ogystal â darparu cyfleusterau storio data a chyfarpar rheoli (yn ddelfrydol eu trosglwyddo i'r lan trwy uchel cyswllt radio lled band, neu ddata uniongyrchol. Mae cysylltiadau radio yn debygol o fod yn gostau sylweddol isel, ond byddant yn gyfyngedig yn ôl pellter o'r lan. Atebion gan gynnwys lawrlwythiadau o bell i gwch wyneb â chriw neu heb griw yn cael eu hystyried yn enwedig wrth ystyried defnyddio arae.

Dull arall o fonitro dyfeisiau arwyneb yw angori'r defnydd o'r offer monitro. Am monitro ger y cae gan ddefnyddio acwsteg weithredol neu gamerâu gweledol, rhaid defnyddio offer yn agos at y tyrbîn, ac mae symudiad cymharol yr angorfa fonitro a angorfa'r ddyfais yn debygol o greu anawsterau sylweddol. Gosodiadau ar wely'r môr, yn enwedig lle mae dyfnder dŵr yn fas, ac yn amrywio o'r offer monitro i'r tyrbîn yn dderbyniol, bydd angen ystyried yr ystod llanw helaeth o amgylch Cymru.

Mae yna rai anfanteision gan defnyddio lleoli arwyneb ac mae angen eu hystyried hefyd wrth ddewis offer a thechnegau monitro. Y materion mwyaf arwyddocaol yw'r cynnwrf / sŵn a symudiad cynyddol y platfform oherwydd tonnau a llanw. Bydd hyn yn effeithio yr effeithlonrwydd dyfeisiau acwstig goddefol a gweithredol, ynghyd â gwneud olrhain targedau yn anoddach.

Mae dyfeisiau wedi'u gosod arwyneb yn llai agored i'w asesiad gan ddefnyddio dulliau arolygu acwstig gweithredol wedi'u seilio ar gychod symudol. Mae offer hwn o dan y llong arolygu ar ddyfnder lleiaf a bydd presenoldeb corfforol strwythur cynnal y tyrbîn hefyd yn cyfyngu mynediad.

8.3.2. Dyfeisiau dŵr canol - barcud llanw Minesto Deep Green

Y brif enghraifft o hyn i'w ddefnyddio yng Nghymru yw'r Miniteo 'barcud,' sydd eisoes wedi'i ddefnyddio mewn prawf peilot oddi ar Ynys Môn. Yn wahanol i unedau wedi'u gosod arwyneb

neu'r gwaelod, sydd wedi'u gosod yn eu lle, mae'n rhaid i gynlluniau monitro y ddyfais hon oresgyn y ffaith bod y ddyfais yn symudol, yn meddiannu gwahanol ardaloedd mewn gwahanol daleithiau llanw [traï a llifogydd], ac yn symud yn eithaf cyflym am y rhan fwyaf o'r amser. Mae cyflymder symud y ddyfais yn golygu bod cynnwrf yn uchel ac mae atodi naill ai offer monitro acwstig goddefol neu weithredol i werthuso gwrthdrawiadau ac osgoi yn anymarferol.

Mae'r gofynion monitro yng caniatâd trwydded forol Minesto yn canolbwyntio ar famaliaid morol, ac mae'r dull wedi'i fabwysiadu yn seiliedig ar ddefnyddio PAM, gan ddefnyddio 2 glwstwr hydroffon pwrpasol a ddefnyddir ar wely'r môr i edrych ar yr ardaloedd a ddefnyddir gan y barcod llanw. Bwriad y dyfeisiau hyn yw lleoli ac olrhain morfilod sy'n agosáu at yr ardal y mae'r ddyfais yn gweithredu ynddi. Yn cymhlethdod ychwanegol nad yw lleoliad y ddyfais, yn ogystal â'r anifail sy'n cael ei olrhain, yn anhysbys ac mae'n rhaid ei amcangyfrif, gan ychwanegu at y gwall posibl wrth asesu a yw gwrthdrawiad neu bron â digwydd.

Fel y nodwyd yn adran 6, bu hwn yn ddefnydd costus, gyda Minesto yn amcangyfrif costau offer oddeutu £100, 000, a chyfanswm y costau gan gynnwys defnyddio, cynnal a chadw a dadansoddi mwy na £250 (adran 7.5.2.). Defnydd cychwynnol wedi bod yn rhannol llwyddiannus wrth adnabod morfilod, nid yw wedi llwyddo i olrhain ymddygiad o amgylch y ddyfais oherwydd materion sy'n gysylltiedig â dod i mewn dŵr a meddalwedd. Mae Minesto yn bwriadu adleoli'r offer yn dilyn atgyweiriadau ac uwchraddiadau ac maent yn gobeithio cael data olrhain yn llwyddiannus yn y lleoliad nesaf hwn.

Ar gyfer datblygwyr eraill sy'n bwriadu ymgymryd â gwaith tebyg, dylid ystyried defnyddio dulliau integredig presennol fel AMP talaith Washington, FLOWBEC neu HiCUP. Er bod y costau offer cychwynnol ymddangos yn uchel, buddsoddwyd symiau sylweddol o arian i ddatblygu'r offer hyn, ac er nad ydynt ar gael fel cynhyrchion COTS, dysgwyd llawer o wersi am integreiddio, defnyddio a defnyddio'r offer, yn llwyddiannus arwain at amrywiol senarios lleoli. Felly, gall costau cychwynnol ymddangos yn uwch, mae'n fwy rhagweladwy defnyddio nag adeiladu dyfais newydd.

8.3.3. Dyfeisiau wedi'u gosod ar wely'r môr

Mae dyfeisiau wedi'u gosod ar wely'r môr yn cael eu hystyried gan Nova Innovations, Cambrian Offshore South West Ltd, Verdant Power a Sabella. Mae gan y dyfeisiau hyn y fantais eu bod fel arfer mewn lleoliad sefydlog, gan alluogi cynllunio trefniadau monitro i'r cynllun. Fel dyfeisiau wedi'u gosod arwyneb, gyda chynllunio ymlaen, gellir gosod clystyrau derbynnydd tagiau PAM ac acwstig, acwsteg weithredol neu offer camera ar y ddyfais, gan edrych tuag allan o'r tyrbîn, neu edrych yn ôl ar y tyrbîn o bellter agos. Unwaith eto, mae angen ystyried monitro trwy gydol y broses ddylunio i sicrhau mynediad at bŵer, ac os yw'n ymarferol dolen lan i adfer data mewn amser real a lleihau gofynion storio data lleol.

Enghraifft o hyn oedd tyrbîn sain DeltaStream Ramsay Sound ddefnyddiwyd gan Tidal Energy Limited. Roedd gan hwn 'ramp' sefydlog pwerus, gyda chlystyrau acwstig goddefol ac offer monitro acwstig gweithredol yn edrych ar y safle o bellter byr. Casglodd hyn ryw faint o wybodaeth werthfawr ond hefyd aeth i drafferthion sylweddol. Dim ond pump o 12 hydroffon a oedd yn weithredol, o bosibl o ganlyniad i ddifrod wrth eu defnyddio, gan gyfyngu ar allu'r

ddyfais i olrhain morfilod trwy'r dull hwn. Serch hynny, cafwyd datrysiadau morfilod, a gwelwyd patrymau symud sy'n gysylltiedig â chylch y llanw. Roedd yr elfen acwstig weithredol yn llwyddiannus i ddechrau, gan drosglwyddo data i'r lan, ond yn anffodus ar ôl tua 5 wythnos o weithredu aeth y cylchdro yn sownd gyda'r pennau acwstig gweithredol yn edrych i fwrdd o'r tyrbîn, a achoswyd gan gyrydiad.

Mae dyfeisiau wedi'u gosod ar wely'r môr hefyd yn darparu heriau sylweddol o ran defnyddio offer monitro. Mae enghraifft DeltaStream a ddisgrifir uchod yn rhoi darlun da o rai o'r problemau. Mae mynediad i'r ddyfais yn llawer anoddach na gyda dyfeisiau arwyneb, chwyddo materion a chostau gwasanaethu, atgyweirio a chasglu data. Er nad yw'r problemau hyn yn anorchfygol, mae angen eu hystyried yn ofalus yn y cam dylunio, er enghraifft trwy gynnwys mowntiau a chysylltwyr ar gyfer dyfeisiau i lanio arnynt / atodi iddynt. Gall y penderfyniadau hyn fod yn eithaf sylweddol; gall ceblau cysylltiad sych tanddwr, er enghraifft, fod yn ddrytach na'r offer monitro ei hun.

Mae'n werth ystyried offer monitro a ddefnyddir o bell hefyd oherwydd mae'n haws ei gyrchu a'i adfer. Gellir defnyddio dyfeisiau integredig neu ddyfeisiau unigol fel clystyrau hydrophone, sonar acwstig neu systemau camera ar wely'r môr, ger y tyrbîn, ac wedi bod yn llwyddiannus. Ymhlith y materion ymarferol sy'n gysylltiedig â defnyddio mae lleoli'r ddyfais yn y lle cywir, ac yn achos dyfeisiau fel camerâu acwstig, sicrhau eu bod yn edrych i'r cyfeiriad cywir. Am y rheswm hwnnw, mae'n well defnyddio dyfeisiau sydd â gallu cylchdroi sy'n galluogi i'r ddyfais gael ei symud i edrych i'r cyfeiriad cywir.

8.3.4 Amrediad llanw

Defnyddio amrediad llanw yn debygol o gynnwys cronni mewn morlynnoedd neu aberoedd, i greu gwahaniaeth uchder a gwasgedd a ddefnyddir wedyn i yrru'r tyrbînau. Mae gwahaniaethau sylweddol o gymharu â dyfeisiau llif llanw:

- Yr cronni ei hun gwmpasu ardal fawr, gydag ystod o oblygiadau ar gyfer defnyddio cynefinoedd, a newidiadau eilaidd megis newid patrymau tonnau a hydrodynameg yn y cae agos a phell. Mae'r materion hyn (ac effeithiau adeiladu) y tu hwnt i gwmpas yr adolygiad hwn.
- Yn ychwanegoll â gwrthdrawiad tyrbîn rhag mynd trwy'r tyrbînau, gall anifeiliaid fod yn destun risgiau eraill fel ysglyfaethu o fewn y cronniad.
- Yr tyrbînau wedi'u gosod y tu mewn i diwbiau drafft sy'n ei gwneud monitro yn anodd ymddygiad osgoi.
- Mae dyluniadau tyrbînau ar gyfer ystod y llanw yn dra gwahanol ac maent yn debycach i'r dyluniadau a ddefnyddir mewn cynlluniau pŵer dŵr afon. Mae ganddyn nhw gyflymderau dŵr uwch trwy'r tyrbînau ac felly cyflymderau cylchdroi uwch. Yn ychwanegol, gall fod gwahaniaeth pwysau sylweddol a all ynddo'i hun achosi marwolaethau ar gyfer rhywogaethau pysgod.
- Rhaid i anifeiliaid sy'n dod i mewn i'r morlyn adael naill ai trwy dyrbînau neu strwythurau eraill fel llifddorau.

- Mae'n debygol y bydd yn ofynnol iddynt gael rhwystrau corfforol neu ataliadau ymddygiadol (ysgafn / acwstig) wedi'u hymgorffori, y byddai disgwyl iddynt atal y mwyafrif o famaliaid morol a chael rhywfaint o effaith ar rywogaethau eraill.

Er bod effeithiau posibl y strwythurau hyn a'u tyrbinau cysylltiedig yn wahanol i ddyfeisiau nentydd llanw, mewn rhai ffyrdd mae'n haws eu monitro. Monitro strwythurau amrediad llanw ddefnyddio ystod o dechnegau gan gynnwys arsylwi uniongyrchol, defnyddio camerâu acwstig a gweledol, ynghyd ag olrhain graddfa fanwl gan ddefnyddio clystyrau PAM a systemau tagio pysgod acwstig.

Mae strwythur sefydlog y morlyn, a mynediad hawdd trwy dir, yn symleiddio arsylwadau gweledol, cynnal a chadw a defnyddio offer monitro. A ddarperir dyluniadau'n cyfrif am ofynion monitro yn gynnar, gellir defnyddio PAM, acwsteg weithredol a systemau tagio ar strwythurau sefydlog, gyda mynediad hawdd at gysylltiadau pŵer a data.

Am pob dull, gellir defnyddio dyfeisiau ar ochr y môr i wal y morlyn ac y tu mewn i'r croniad. Am pysgod fydd yn caniatáu adnabod anifeiliaid unigol, gan alluogi nodi llwyddiant pasio a goroesi ar gyfer pysgod sy'n mudo i'r ddau gyfeiriad.

Mae prosiectau amrediad llanw yn peri risg benodol i bysgod. Morlynnoedd orchuddio ardal eang, a phan fydd pysgod yn dod ar draws y wal gronni, gallant ddilyn, gan gynyddu'r siawns y bydd tyrbinau yn dod ar eu traws, o gymharu â chynllun dŵr agored. Yn ychwanegol, mae cynlluniau amrediad llanw presennol wedi'u hadeiladu ar yr arfordir neu mewn aberoedd afonydd gan gynyddu'r risg bosibl i bysgod, ag i bysgod morol sy'n bwydo yn y parth glannau bas.

Am mamaliaid morol, nid yw'n bosibl mynd i mewn i'r morlyn trwy'r tyrbinau, ond mae'n bosibl y gallai mamaliaid morol fynd i mewn trwy lifddorau, yn dibynnu ar ddyluniad y morlyn dan sylw. Yng Ngorsaf Llanw Annapolis yng Nghanada, nofiodd morfil cefngrwm aeddfed trwy'r giât llifddor yn 2004 a chafodd ei ddal yn rhan uchaf yr afon cyn darganfod ei ffordd allan sawl diwrnod yn ddiweddarach. Ar dro arall, yn 2007, darganfuwyd corff o forfil cefngrwm anaeddfed yn yr afon, ac er bod post-mortem yn amhendant, awgrymwyd y gallai'r morfil fod wedi ei ddal yn yr afon ar ôl dilyn pysgod trwy'r llifddorau (gweler gwefan [Tethys](#) am fanylion).

O ran adar bydd y risg yn dibynnu ar agosrwydd at ardaloedd nythu neu fwydo hysbys a gallai amrywio o golled neu newidiadau i ardaloedd bwydo rhynglanwol, i risg o wrthdrawiad trwy ymatal neu atyniad i strwythur tyrbîn.

Mae Gorchymyn Cydsynio Datblygu AEA Bae Llanw Bae Abertawe a dogfennaeth ymgeisio am Drwydded Forol ddilynol yn enghraifft ddefnyddiol o'r materion sy'n ymwneud â chydsynio a monitro sy'n codi o'r math hwn o ddatblygiad.

Argymhellion monitro ar gyfer Gofynion Swyddogaethol

Mae'r gofynion swyddogaethol ychydig yn wahanol am morlyn llanw o'i gymharu â llif llanw. Y gofynion swyddogaethol allweddol yw presenoldeb / absenoldeb ac argaeledd FR1, a FR3, yn benodol osgoi caeau yn agos, effeithiau tyrbinau a goroesi. Mae gofyniad ychwanegol i ystyried goroesiad dilynol ar gyfer anifeiliaid sydd wedi mynd i mewn i'r croniad, gan gynnwys goroesi llwybr tyrbîn wrth iddynt adael.

Monitro am FR1 a FR2 yr un peth ag ar gyfer datblygiadau nentydd llanw. Am mamaliaid morol, bydd arolygon arsylwi gweledol, ynghyd ag arae PAM neu dagio ar gyfer morloi, os oes angen, yn nodi presenoldeb / absenoldeb a digonedd os oes angen. Bydd arolygon gweledol a thagiau hefyd yn ymdrin â gofynion monitro adar y môr. Am pysgod, bydd tagio acwstig ynghyd â araeau olrhain yn darparu absenoldeb a presenoldeb, osgoi caeau pell a data meintiol, fel y disgrifir ar gyfer Bae Abertawe (gweler adran 6.8.3). Adnabod opsiynau tagio afon sentinel ar gyfer pysgod blackfish yn Clarke et al (2021, a, b).

Am mamaliaid morol ac adar môr FR3 (osgoi ger caeau a streiciau tyrbinau) gallu effeithiau cronni gan ddefnyddio arsylwadau gweledol o wal y tyrbîn, fel y gwelir yn enghraifft Annapolis uchod, ynghyd â'r defnydd ychwanegol o dagiau ar gyfer adar môr pe bai arolygon gweledol cychwynnol yn arwain at pryderon. Yr arae PAM ac acwsteg weithredol ar gyfer mamaliaid morol ac adar y môr ond gallant fod yn ddiangen a gellid eu cynnwys mewn cam monitro eilaidd pe bai arsylwadau gweledol yn nodi pryderon.

Am pysgod, yr ymddygiad osgoi a llwyddiant hynt tyrbîn gan ddefnyddio tagiau acwstig, trwy ddefnyddio arae y tu mewn a'r tu allan i'r morlyn. Bydd hynny'n darparu amcangyfrifon goroesi dwy ffordd, yn ogystal â thystiolaeth ar amser preswyllo yn y morlyn neu'r morglawdd. Ar gyfer rhywogaethau â chynodau bywyd a allai fod yn rhy fach i'w tagio, megis lamprey ifanc, shad twaite ifanc a llyswennod ifanc, gellid cynnal arolygon trap neu rwydo o fewn y morlyn i bennu presenoldeb a digonedd a'u hymestyn i arolygon cymeriant pe bai'r rhain yn achos pryder.

8.3.5 Monitro system lleoli

Trefniadau mowntio am gyfer offer monitro yn dibynnu ar y ddyfais ynni morol sy'n cael ei monitro, gyda gwahanol gyfluniadau wedi'u rhoi ar waith yn ystod astudiaethau blaenorol o ddyfeisiau YAM (Tabl A6.1). Ddefnyddio systemau ar y ddyfais ei hun naill ai'n edrych tuag allan neu'n edrych yn ôl ar y tyrbîn, fantais o fynediad syml at bŵer a'r potensial i lawrlwytho data yn uniongyrchol i dir. Defnyddiwyd y dull hwn, ymhlith enghreifftiau eraill, ar gyfer dyfais ynni llanw DeltaStream yn Ramsey Sound. Fel arall, gellir defnyddio offer monitro yn annibynnol 30-50 m o'r ddyfais llanw, gan arsylwi rhyngweithiadau amgylcheddol o'r safbwynt hwnnw. Mae gan hyn y fantais bosibl o gael golwg gliriach ar ryngweithio ond gall fod angen angori anghysbell, pŵer batri a chynhwysedd storio data cynyddol, oni bai bod trefniadau bogail penodol wedi'u hymgorffori yn nyluniad y ddyfais. Yn ymarferol, byddai dewisiadau lleoli yn cael eu heffeithio gan a yw'r ddyfais ynni morol wedi'i gosod mewn man sefydlog ar wely'r môr, yn symud yn y golofn ddŵr (e.e. Barcud Minesto, www.minesto.com) neu'n hongian o long arwyneb lle mae'r gellir atodi offer monitro i'r llong sy'n edrych ar y llafnau tyrbîn. Cydosod technoleg monitro ar lwyfannau wedi'u gosod ar wely'r môr yn ffordd well o arsylwi ymddygiad anifeiliaid a rhyngweithio â dyfeisiau ynni adnewyddadwy morol o gymharu â defnyddio llongau symudol (Williamson et al., 2017). Mae lleoliad, ffenestr arsylwadol ac amllder recordio yn amrywio rhwng astudiaethau ond yn y pen draw mae'n arwain at gyfaddawd rhwng datrys data a maes cipio data. Dim ond offerynnau (optegol neu acwstig) sydd ag ystod ddigonol, sy'n darparu'r modd ymarferol i ymchwilio i ymddygiad mamaliaid morol trwy golofn ddŵr gyfan sianel lanw nodweddiadol (ABPmer 2020). Enghreifftiau o fonitro platform gwely'r môr wedi'i leoli i ffwrdd o'r ddyfais llif llanw yn cynnwys platform sonar FLOWBEC sy'n cyfuno sawl offeryn i gofnodi gwybodaeth ar ystod o wahanol lefelau corfforol ac aml-droffig am gyfnodau

o bythefnos (Williamson et al., 2016). Yn ychwanegol, mae systemau acwstig gweithredol hefyd wedi'u gosod ar ochrau y ddyfais llanw (e.e. SeaGen, Royal Haskoning 2011).

8.3.6 Mynediad a chynnal a chadw

Am offer symudol symlach, a ddyluniwyd ar gyfer defnyddio morol yn y tymor hir, fel derbynyddion acwstig, CPODS / FPODS a Sound Traps, mae'n ymarferol defnyddio hyd at chwe mis, ond oherwydd biodanio, mae'n well cynnal a chadw bob tri mis.

Mae angen cynnal a chadw offer o hyd er mwyn ei gadw mewn cyflwr da ac argymhellir ei wneud ochr yn ochr ag unrhyw waith cynnal a chadw tyrbinau llanw o leiaf. Cyfathrebu gyda datblygwyr offer yn ystod yr adolygiad hwn yn argymhell cynnal a chadw rheolaidd (bob tri mis yn ddelfrydol). Dylid cynnwys cynlluniau cynnal a chadw ac amserlenni ar gyfer monitro offer o fewn cynlluniau gweithredol ar amllder priodol.

8.4. Monitro araeau nentydd llanw

Nid oes llawer o dystiolaeth yn disgrifio monitro araeau nac effeithiau arae posibl YAM. Mae hyn yn adlewyrchu cyflwr presennol datblygiad y diwydiant a'r cyfyngiadau lleoli arae. Y methodolegau a adolygir yn adran 6 yw'r rhai y gellid eu defnyddio i asesu lleoli arae.

Effeithiau posib

O'i gymharu â dyfeisiau sengl, neu grwpiau o ddwy i dri dyfais, mae dau bryder penodol yn codi wrth ystyried priif effeithiau araeau YAM mwy. Mae rhain yn:

- dadleoli anifeiliaid o ardal fawr
- cyfraddau uwch o wrthdrawiadau.

Gallai dadleoli anifeiliaid awgrymu eu bod yn osgoi cae'r tyrbinau ac felly mae'r risg o wrthdrawiad yn cael ei leihau. Fodd bynnag, i lawer o anifeiliaid, yn enwedig adar môr nythu trefedigaethol lle mae gorgyffwrdd gofodol rhwng mannau chwilota allweddol ac ardaloedd adnoddau llanw, gall dadleoli waethygu effeithiau negyddol a dylanwadu ar ddemograffeg y boblogaeth. Mae hyn yn arbennig o berthnasol rhywogaethau nythu lle mae ystod chwilota am fwyd yn cael ei gyfyngu'n fawr wrth fagu cywion a lle mae gofynion egniol yn mwyaf. Dadleoli'r unigolion hyn sy'n ddibynnol ar ardaloedd adnoddau llanw arwain at ostyngiad yn y gyfradd egin lwyddiannus a mwy o farwolaethau. Monitro llinell sylfaen yn ofalus cyn ei ddefnyddio ar gyfer cytrefi sensitif i ragfynegi ac o bosibl liniaru effeithiau o'r fath.

Gallai risgiau cynyddol o wrthdrawiad ddeillio o'r ffaith y gallai anifeiliaid sy'n osgoi un tyrbina wedyn ddod ar draws tyrbinau arall ar unwaith gan arwain at 'ddryswch' a thebygolrwydd uwch o gael effaith. Gall hyn fod yn arbennig o wir ar gyfer dyluniadau arae lle mae digon o le rhwng y tyrbinau, gan arwain at fwy o siawns y bydd anifail yn dod ar draws tyrbinau arall yn syth ar ôl goresgyniad cychwynnol.

Opsiynau monitro – dadleoli

Gellir pennu presenoldeb / absenoldeb cychwynnol rhywogaethau mewn ardal gan ddefnyddio arolygon gweledol am mamaliaid morol ac adar y môr ac hefyd arolygon eDNA pysgod.

Asesu dadleoli ac osgoi ardal gan ddefnyddio'r offer monitro presennol. Am mamaliaid morol, byddai cyfuniad o arolygon gweledol, defnyddio PAM i morfilod, a dulliau tagio i morloi yn darparu'r data angenrheidiol ar yr amod bod cwmipas yr ardal yn ddigonol. Yn yr un modd bydd adar môr yn disgwyl i gyfuniad o arolygon gweledol a defnyddio tagiau ddarparu data priodol.

Ar gyfer rhywogaethau pysgod, ni fydd arolygon gweledol yn darparu data defnyddiol. Arolygon acwstig gweithredol o gychod arbenigol ddarparu gwybodaeth am ddosbarthiad y prif rywogaethau masnachol ond gallent fod yn anodd eu cynnal mewn maes arae. Mae tagiau acwstig a araeau derbynnydd yn debygol o ddarparu'r ffordd orau ymlaen ar gyfer asesu effeithiau. Aseswyd gan y rhain yn eithaf manwl (Clarke et al 2021a, b), gan gynnwys dyluniadau dyfroedd Cymru.

Byddai'r holl ddulliau hyn yn gofyn am gasglu data sylfaenol cyn-leoli i'w gymharu â'r cam gweithredol ôl-adeiladu.

Asesu osgoi a gwrthdrawiadau

Mae'n anoddach pennu cyfraddau gwrthdrawiad. Mewn dŵr clir, ac amodau golau dydd gallai systemau camerâu optegol ddarparu'r data angenrheidiol, ond mae'n annhebygol y bydd y dull hwn yn hyfyw o amgylch Cymru. Dechnoleg bresennol y gellid gais i edrych ar ryngweithio ger cae yn cynnwys PAM ac acwsteg weithredol morfilod, acwsteg weithredol a thagiau morloi ac adar y môr, ac acwsteg weithredol ynghyd â thracio acwstig ar raddfa wych (Clarke et al 2021a, b) rhywogaethau pysgod. Dylai'r dulliau hyn ganiatáu asesu patrymau symud yng nghyffiniau uniongyrchol grwpiau o dyrbinau, gan gynnwys osgoi ger caeau, er bod nodi streiciau tyrbinau yn bendant yn debygol o fod ar neu y tu hwnt i derfynau'r technolegau presennol.

Byddai angen ystyried ofalus i dyluniad rhaglenni monitro a chost monitro araeau. Gellid cynnal astudiaethau ar raddfa ehangach, i edrych ar osgoi a dadleoli caeau o bell, gan gynnwys arolygon cyn-leoli fel prosiectau monitro strategol ac ymchwil, gyda mewnbwn datblygwr mewn lleoliadau penodol. Y ffordd orau o fonitro caeau agos gan ddefnyddio cyfuniadau o offer acwstig, PAM ac offer amgylcheddol yw trwy ddefnyddio pecynnau integredig, naill ai'n cael eu defnyddio fel unedau arunig neu wedi'u hintegreiddio i ddyluniadau tyrbinau.

Er mwyn sylw phob rhywogaeth, gan gydnabod y materion cost sylweddol, byddai dull cytbwys yn cynnwys derbynnyddion PAM ac acwstig ar raddfa eang am pysgod sy'n gorchuddio'r ardal arae, ynghyd â araeau olrhain / clwstwr hydroffon ar raddfa ddirwy a monitro acwstig gweithredol o isel-set o dyrbinau cyfagos. Byddai nifer y tyrbinau sy'n cael eu monitro yn dibynnu ar faint cae'r tyrbinau a maint y data a gasglwyd yn flaenorol ar y safle.

Yn y cyd-destun hwn, er bod integreiddio monitro i strwythurau tyrbinau yn fanteisiol monitro tymor hir, gallai defnyddio pecynnau symudol fod â mantais sylweddol gan y gallai gwahanol

grwpiau o dyrbinau gael eu hasesu'n olynol, er enghraifft i edrych ar wahaniaethau rhwng grwpiau ar gyrion y cae tyrbinau a'r rhai yn y canol.

Amodau cydsynio a rheolaeth addasol

Bydd amodau cydsynio ar unrhyw gais yn cael eu pennu gan amgylchiadau lleol a manylion y datblygiad. Fodd bynnag, mae rhai dulliau generig sy'n werth eu hystyried. Mae defnyddio Rheolaeth Addasol ar gyfer datblygiadau morol yn offeryn a all ganiatáu rhoi caniatâd pan nad yw effeithiau amgylcheddol yn cael eu deall yn dda. Gall y sector YAM elwa o'r dull hwn a all alluogi lleoli gyda'r dull o "ddysgu trwy wneud ac addasu wrth i chi ddysgu." Bydd hyn yn helpu i leihau ansicrwydd gwyddonol ynghylch y risgiau amgylcheddol trwy gynyddu dealltwriaeth o effeithiau datblygiad ar y gweill. Mae'r broses yn defnyddio'r wybodaeth sydd ar gael i wneud penderfyniadau ac yn caniatáu i reolwyr gael eu haddasu unwaith y bydd dyfais wedi'i gosod yn seiliedig ar fonitro a dadansoddi canlyniadau. Er enghraifft, yn yr Alban mae caniatâd MeyGen yn cael ei gyflwyno'n raddol, gyda lleoliadau mawr yn dibynnu ar ganlyniadau monitro lleoliadau cychwynnol. Mae'r dull hwn yn cymhell y datblygwr i gyflawni'r gwaith, a darparwyd grantiau ymchwil i gefnogi cyflwyno'r monitro. Mae'r dull graddol hwn wedi'i gynnig gan Morlais, sydd ar hyn o bryd yn benderfynol (gweler [rheolaeth addasol](#), gwefan CNC).

8.5. Technoleg a bylchau eraill

8.5.1. Galluoedd caledwedd / meddalwedd

Hyd yn hyn, trafodwyd ystod eang o fathau o galedwedd a'u galluoedd. Mae offer a thechnegau y gellir eu defnyddio i asesu dosraniadau caeau, digonedd ac ymddygiad. Gellir asesu osgoi ger cae hefyd, er nad yw'r technegau sy'n ofynnol yn ddulliau COTS ac yn gofyn am sgiliau arbenigol; er enghraifft, defnyddio PAM i olrhain anifeiliaid unigol yn weithredol, olrhain pysgod ar raddfa ddirwy, a dosbarthu targedau acwstig gweithredol, gan gynnwys datblygu offer AI.

Arsylwi streiciau tyrbinau yn heriol. Er gall camerâu optegol ddarparu'r math hwn o wybodaeth, nid ydynt yn addas i'w defnyddio o amgylch Cymru oherwydd diffyg gwelededd tanddwr. Felly mae'r technegau sydd ar gael wedi'u cyfyngu i offer, neu gyfuniadau o offer, megis acwstig weithredol, PAM, a dulliau tagio / olrhain. Mae synwryddion llafn hefyd wedi cael eu treialu heb fawr o lwyddiant. Gall rhai o'r technegau hyn ddarparu gwybodaeth werthfawr am ymddygiad osgoi, mae asesu streiciau tyrbinau (a'r canlyniadau cysylltiedig) y tu hwnt i derfyn yr hyn y gellir ei gyflawni gan ddefnyddio'r offer sy'n cael ei ddefnyddio'n helaeth ar hyn o bryd.

Efallai y bydd yn bosibl defnyddio camerâu acwstig amledd uchel fel ARIS i arsylwi effeithiau. Mae gan ARIS ystod fer ar yr amleddau hyn ac o ganlyniad gallu cyfyngedig i ddelweddu mwy na rhan fach o ardal y tyrbinau. Gelli goresgyn hyn yn rhannol trwy gysylltu'r camera â rotator a gyrru olrhain targedau o ddata arall fel trawst sengl neu sonar amlbwrpas cydraniad isel. Mae ARIS yn ddrud (tua £80, 000 i'r uned cyn costau integreiddio a defnyddio) ac nid yw'n ymddangos bod hyn wedi treialu hyd yma.

Dyfeisiau acwstig 3D fel y Coda Octopus a'r Echoscope Pipe yn ddiddorol a gallent o bosibl oresgyn rhai o'r materion hyn. Mae Coda Octopus yn honni ei fod yn galluogi olrhain delwedd 3D o anifeiliaid o amgylch dyfeisiau fel tyrbinau - h.y., gan roi golygfa a all amgáu'r llafnau. Nid yw hyn wedi'i brofi eto ar safle ynni llanw, er iddo gael ei brofi mewn sefyllfaoedd eraill. Mae'r ddyfais yn ddud gyda chost prynu o tua £275, 000. Fel offeryn ARIS, mae'r rhain yn offer drud a byddai'r defnydd cychwynnol yn arbrofol.

Dosbarthiad anifeiliaid

Er bod y defnydd o acwsteg oddefol a gweithredol yn ddigon datblygedig i alluogi olrhain anifeiliaid yn agos at ddyfais ynni llanw, mae adnabod rhywogaethau'r anifail yn dal i fod yn heriol. Gan ddefnyddio PAM, gellir adnabod y rhan fwyaf o rywogaethau morfilod, a phan gânt eu defnyddio mewn cyfuniad ag olrhain acwstig gweithredol, gellir ei ddefnyddio i ddosbarthu dolffiniaid i lefel rhywogaeth.

Mae cydnabyddiaeth rhywogaethau o anifeiliaid o ddata acwstig gweithredol yn wael ac mae angen eu dilysu ymhellach o ffynonellau monitro eraill. Mae gwaith yn cael ei wneud gan amrywiol grwpiau i wella meddalwedd dosbarthu rhywogaethau ac algorithmau AI presennol i gynorthwyo gyda dosbarthu anifeiliaid yn awtomatig, ond mae angen gwybodaeth ddilysedig am anifeiliaid ar gyfer pob gwaith o'r fath (h.y., arsylwi sy'n gysylltiedig â rhywogaeth hysbys).

Prosesu a meddalwedd data

Er bod offer meddalwedd ar gael i gefnogi'r technegau hyn, mewn llawer o achosion nid ydynt yn hawdd eu defnyddio ac mae angen lefel uchel o wybodaeth ac arbenigedd arnynt i weithredu. Mae hyn yn berthnasol i sonar, PAM (e.e., Pamguard), ac i feddalwedd a ddefnyddir i olrhain anifeiliaid sydd wedi'u tagio. Mae dadansoddi data PAM yn dod yn anoddach fyth ar gyfer olrhain llamhidyddion a dolffiniaid 3D, sy'n dal i fod yn ddull cymharol newydd.

8.5.2 Bylchau / Materion eraill

Mae'r adolygiad wedi nodi sawl mater arall sy'n bwysig yn ein barn ni os ydym am fonitro'n llwyddiannus yng Nghymru.

Diffyg safleoedd gweithredol

Y gallu i ddatblygu technegau monitro newydd a dilysu / gwella technegau newydd wedi'i gyfyngu'n ddifrifol yng Nghymru (ac mewn sawl achosion mewn mannau eraill) gan ddiffyg dyfeisiau gweithredol YAM.

Pobl

Mae'r dechnoleg sy'n gysylltiedig â'r rhaglenni hyn, ynghyd â'r profiad sy'n ofynnol i defnyddio, mae'n gofyn am staff medrus a phrofiadol iawn i sicrhau llwyddiant. Yn yr Alban, nifer o ymryiadau cydgysylltiedig i gefnogi'r sector, a gellid ystyried y dull hwn yng Nghymru. Mae'r rhain wedi cynnwys gwaith gan Marine Scotland yn uniongyrchol gyda datblygwyr, a chyllido datblygwyr (MeyGen) i weithio'n uniongyrchol gyda SMRU i gynnal ymchwil strategol fel rhan o'u rhaglen fonitro.

Costau offer

Mae cost yr offer hwn yn sylweddol, yn enwedig lle mae angen offer cymhleth fel pecynnau monitro integredig, neu araeau mawr o offer fel CPODS, derbynyddion acwstig, neu glystyrau olrhain acwstig. Mewn llawer o achosion efallai y bydd angen offer am 2-3 blynedd ar gyfer rhaglenni monitro penodol ond gallant fod yn gallu defnyddio sawl safle ar draws sawl safle (gweler AMP a FLOWBEC). Efallai y byddai'n werth caffael offer arbrofol yn ganolog (e.e., dyfais AMP neu'r Coda Octopus a ddisgrifir uchod) a'i reoli trwy gronfa offer, i'w ddefnyddio gan ymchwilwyr sy'n gweithio gyda datblygwyr i gasglu tystiolaeth werthfawr yn strategol.

Rhannu data llinell sylfaen / oedi

Mae wybodaeth sylweddol yn bodoli mewn amrywiol leoedd, gan gynnwys prifysgolion yn y trydydd sector, y gellid eu defnyddio i lywio protocolau monitro pellach. Nid yw hyn wedi'i gyfuno, a gall y casgliad fod yn anghyson. Pryder penodol gan y sector YAM yw bod casglu data fel arolygon morfilod neu adar môr, er ei fod yn ymarferol ac yn bosibl am gost resymol, yn gofyn am o leiaf dwy flynedd o ddata. Gall hyn ohirio cwblhau AEA a chyflwyno ceisiadau am drwydded, gohirio prosiectau a cael gost ychwanegol. Gallai arolygon strategol o RA oresgyn y materion hyn.

Trosglwyddadwydd technegau a chanlyniadau

Mae hyn yn gysylltiedig â'r mater dosbarthu a nodwyd uchod. Er bod ymchwilwyr wedi llwyddo mewn rhai achosion i ddatblygu algorithmau dosbarthu sy'n rhoi canlyniadau derbyniol, mae'r rhain yn benodol i safle ar hyn o bryd. Mae angen gwaith pellach i ddatblygu offer dosbarthu y gellir eu trosglwyddo.

9. Argymhellion

9.1 Dulliau monitro a argymhellir

Agwedd bwysicaf yr adolygiad hwn yw nodi'r technegau monitro a ffeirir i'w defnyddio yng Nghymru i fonitro effeithiau dyfeisiau llif llanw ac amrediad llanw. Mae Tabl 7, yn crynhoi casgliadau yn hyn o beth. Oni nodir yn wahanol, mae cyfeiriadau'n berthnasol i nant llanw ac ystod llanw.

Tabl 7. Dulliau argymelledig o fonitro rhyngweithiadau anifeiliaid â dyfeisiau ynni llanw morol yng Nghymru a aseswyd ar gyfer pob gofyniad swyddogaethol.

Grŵp rhywogaethau	Dulliau argymelledig yng Nghymru	Sylwadau
FR1. Presenoldeb neu absenoldeb rhywogaeth o amgylch datblygiad a digonedd neu gyfrannau rhywogaethau sydd mewn perygl yn yr ardal adnoddau		
Morfilod	Arolygon gweledol, PAM	Gwell dealltwriaeth os cânt eu defnyddio gyda'i gilydd.

Grŵp rhywogaethau	Dulliau argymelledig yng Nghymru	Sylwadau
Morloi	Arolygon gweledol, Telemetreg	Tagiau GPS / synhwyrdd gyda gorsaf sylfaen lloeren / radio / lawrlwytho GSM.
Adar y môr	Arolygon gweledol, Telemetreg	Tagiau GPS / synhwyrdd gyda gorsaf ail-ddal / radio sylfaen / lawrlwytho GSM.
Pysgod	eDNA, Telemetreg, arolygon cipio	Gellir defnyddio eDNA ar gyfer presenoldeb / absenoldeb a digonedd cymharol tymhorol ar gyfer grwpiau rhywogaethau eraill.
FR2. Patrymau deiliadaeth, dosbarthiad graddfa fain ac ymddygiad rhywogaethau symudol mewn cynefinoedd llanw		
Morfilod	Arolygon gweledol, araeau PAM	Angen data / modelau amgylcheddol er mwyn cymharu ag ymddygiad
Morloi	Arolygon gweledol, Telemetreg - tagiau integredig gan gynnwys cyflymromedr a magnetomedr.	Tagiau GPS / synhwyrdd gyda dadlwythiad lloeren / gorsaf sylfaen. Data amgylcheddol (fel uchod).
Adar y môr	Arolygon gweledol, Telemetreg - tagiau integredig gan gynnwys cyflymromedr a magnetomedr.	Mae angen data amgylcheddol fel yr uchod. Tagiau GPS / synhwyrdd gyda lawrlwytho neu adfer gorsaf sylfaen. Data amgylcheddol (fel uchod).
Pysgod	Telemetreg, araeau acwstig + tagiau acwstig / synhwyrdd	Gellid hefyd ystyried acwsteg weithredol ar gyfer rhai rhywogaethau morol ond nid yw ID Rhywogaeth yn ymarferol ar gyfer rhywogaethau duwiol.
FR3. Rhyngweithiadau ger caeau gan gynnwys monitro ymddygiad osgoi a gwrthdrawiadau. Gan gynnwys amllder, natur, a chanlyniad rhyngweithio ger y cae rhwng rhywogaethau symudol a thyrbinau llanw, ymatebion a chyfraddau osgoi talu.		
Morfilod	PAM, Acwsteg weithredol, Arolygon gweledol + ADCP (offer integredig) Ystod y Llanw: Arolygon gweledol a PAM un unig	Gellir archwilio osgoi gan ddefnyddio'r dechnoleg bresennol. Mae arsylwi streiciau tyrbinau ar neu y tu hwnt i derfynau datrys ac eithrio camerâu optegol. Ystyriwch gamerâu optegol os oes gan ddŵr yn y safle lleoli welededd da
Morloi	Active Acoustics, Arolygon gweledol + ADCP (integrated tools) Ystod y Llanw: Arolygon gweledol dim ond ar gyfer ystod llanw + tagio os oes angen	Fel uchod. Angen cysylltu arsylwadau gweledol â thraciau targed i ddosbarthu targedau a datblygu algorithmau dosbarthu fel dim PAM i rywogaethau ID.
Adar y môr	Telemetreg, Acwsteg weithredol + ADCP (offer integredig) Ystod y Llanw: Arolygon gweledol dim ond ar gyfer ystod llanw + tagio os oes angen	Fel morloi.
Pysgod	Telemetreg, Acwsteg weithredol + ADCP (offer integredig)	Acwsteg weithredol yn annhebygol o adnabod rhywogaethau; olrhain acwstig graddfa ddirwy yn well.

Grŵp rhywogaethau	Dulliau argymelledig yng Nghymru	Sylwadau
	Ystod y Llanw: Tagio ac olrhain acwstig, dal arolygon	Araeau sydd eu hangen o fewn y cronïad ac o amgylch cymeriant a llifddorau tyrbinau
FR4. Data ymddygiadol ar gyfer gwahanol rywogaethau megis cyflymderau nofio (gan gynnwys cyflymderau byrstio) a defnyddio dyfnder.		
Morfilod	Arsylwadau gweledol, PAM	Llenyddiaeth, araeau fertigol PAM ar gyfer dyfnder mewn Meysydd Adnoddau.
Morloi	Telemetreg	Tagiau lloeren GPS / synhwyrdd dyfnder neu storio data.
Adar y môr	Telemetreg - tagiau integredig gan gynnwys cyflymromedr a magnetomedr, acwsteg weithredol.	Tagiau storio data synhwyrdd GPS / dyfnder gyda lawrlwytho.
Pysgod	Telemetreg, tagiau synhwyrdd	Tagiau synhwyrdd ar gyfer data dyfnder.
FR5. Deall canfyddiad synhwyrdd ac ymatebion agos at gaeau i dyrbinau llanw, gan gynnwys canlyniad ymddygiadol sŵn, i symud y tu hwnt i ddefnyddio clywadwydd fel dirprwy ar gyfer ymateb ymddygiadol.		
Morfilod	PAM, acwsteg weithredol, Gweledol	Mae llenyddiaeth, arsylwadau maes yn gofyn am ddata amgylcheddol e.e., ADCP. Defnyddio sŵn tyrbîn chwarae yn ôl.
Morloi	Telemetreg, Acwsteg weithredol, Awyrl, Arolygon gweledol	Mae llenyddiaeth, arsylwadau maes yn gofyn am ddata amgylcheddol e.e., PAM, ADCP. Defnyddio sŵn tyrbîn chwarae yn ôl.
Adar y môr	Telemetreg, Acwsteg weithredol, Arolygon gweledol	Fel uchod.
Pysgod	Telemetreg, Acwsteg weithredol	Fel uchod.

9.2. Cynllunio a gweithredu rhaglenni monitro

Mae sawl argymhelliad yn codi o'r drafodaeth:

- Am arolygon dosbarthu a digonedd gweledol ac eraill, megis eDNA, dylid sefydlu protocolau ar gyfer datblygiadau ynni llanw i ddarparu data sylfaenol a gweithredol, wedi'u llywio fel sy'n briodol gan y rhai a ddefnyddir ar gyfer gwynt ar y môr. Dylid safoni hyn ar draws y sector.
- Efallai y bydd angen i strategaethau monitro gynnwys elfennau caeau pell ac agos. Lle mae angen monitro, dylid ystyried yn gynnar i benderfynu a ddylai'r ddyfais fonitro gael ei hangori neu'n rhan o strwythur y tyrbîn.
- Lle mai integreiddio â strwythur y tyrbîn yw'r opsiwn a ffeirir, dylid cynllunio dulliau monitro o gamau dylunio cynnar y ddyfais ac ymgorffori gofynion monitro megis lleoliad, pŵer a chysylltiadau data.

- Dylid cynnwys cynlluniau cynnal a chadw ac amserlenni ar gyfer monitro offer mewn cynlluniau gweithredol ar amllder priodol.
- Dylid rhoi cynlluniau rheoli a dadansoddi data ar waith cyn i'r monitro ddechrau.

9.3. Ymyriadau strategol

Yn seiliedig ar ein casgliadau uchod, gellid ystyried yr ymyriadau strategol canlynol a byddent yn darparu cymorth sylweddol i'r sector ynni llanw:

Monitro llinell Sylfaen

Nod y cynigion hyn yw darparu data y gall datblygwyr ddibynnu arno ar gyfer asesiadau cychwynnol, gan gwmpasu presenoldeb / absenoldeb, digonedd tymhorol cymharol, ac mewn rhai achosion digonedd neu gyfran y poblogaethau sy'n bresennol.

- Rhaglen arsylwi gweledol sylfaenol adar môr a morfilod sy'n cwmpasu'r ardaloedd adnoddau; a rhedeg am ddwy flynedd gellid ystyried cyn-adeiladu. Byddai hyn yn cynnwys arolygon gweledol ar gyfer mamaliaid ac adar môr.
- Rhaglen samplu eDNA strategol am pysgod (a phob rhywogaeth o bosibl), i greu set ddata waelodlin gyffredin sydd o fudd i'r holl ddatblygwyr, unwaith eto'n ddelfrydol yn cael ei rhedeg dros gyfnod o ddwy flynedd.
- Sefydlu araeau olrhain acwstig, ynghyd ag astudiaethau tagio sentinel i ddarparu gwell dealltwriaeth o batrymau mudo pysgod duwiol o amgylch arfordir Cymru. (gweler Clarke et al., 2021a am fanylion).

Profi technolegau arloesol

Mae sawl technoleg arloesol yn bodoli y gellid eu treialu i sefydlu eu heffeithiolrwydd wrth fonitro cyfarfyddiadau ger caeau, gan gynnwys streiciau tyrbinau. Gellid ystyried cefnogi technolegau sy'n dod i'r amlwg fel datblygu acwsteg 3D, ARIS, ac astudiaethau symud acwstig ar raddfa gain gan ddefnyddio offer cydraniad uchel ar gyfer olrhain pysgod, adar môr a morloi.

Datblygu a chynnal arbenigedd ac offer

Byddai meithrin galluoedd wrth ddatblygu a gweithredu technoleg fonitro, a'r dadansoddiad dilynol o ddata amgylcheddol i ddatblygu canolfan ragoriaeth yng Nghymru, yn hwyluso ymchwil a datblygu sy'n mynd i'r afael â bylchau gwybodaeth sylfaenol y mae'n rhaid i ddatblygwyr fynd i'r afael â nhw i gael caniatâd ar gyfer prosiectau YAM. Dylai hyn fod yn gydweithredol ac yn drawsddisgyblaethol, gan gynnwys, ymhlith arbenigwyr eraill: biolegwyr, peirianwyr, gwyddonwyr cyfrifiadurol, ac ystadegwyr. Bydd hyn yn sicrhau bod gan Gymru

lwyfan cryf i ddatblygu a thyfu o fewn y diwydiant hwn sy'n dod i'r amlwg a byddai'n caniatáu rhannu gwybodaeth a gwersi a ddysgwyd yn eang er budd y sector YAM. Gallai hyn ddilyn y dull a gymerir yn yr Alban, lle darperir swyddogaeth debyg gan Marine Scotland a SMRU.

10. Cyfeiriadau

- ABPmer, 2020. Review of potential collision between tidal stream devices and marine animals, NRW Evidence Report No. 444, (ABPmer Report No. R.3322). A report produced by ABPmer for Cyfoeth Naturiol Cymru (Natural Resources Wales), June 2020.
- Aniceto, A. S., Biuw, M., Lindstrøm, U., Solbø, S. A., Broms, F., & Carroll, J., 2018. Monitoring marine mammals using unmanned aerial vehicles: Quantifying detection certainty. *Ecosphere*, 9(3), e02122. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2122>
- Aquaterra, 2020. Review of underwater video data collected around operating tidal stream turbines. Meta Data Catalogue, Version 6. P805, Report to Scottish Natural Heritage, April 2020.
- Aspillaga, E., Arlinghaus, R., Martorell-Barceló, M., Follana-Berná, G., Lana, A., Campos-Candela, A. & Alós, J. 2021. Performance of a novel system for high-resolution tracking of marine fish societies. *Anim. Biotelemetry* 9, 1–14.
- Au, W.W.L., Hastings, M. C., 2008. *Principles of Marine Bioacoustics*. Springer Science + Business Media, LLC, New York. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-78365-9>
- Bailey, H., & Thompson, P., 2006. Quantitative analysis of bottlenose dolphin movement patterns and their relationship with foraging. *Journal of Animal Ecology*, 75(2), 456-465.
- Bailey, H., Thompson, P., 2010. Effect of oceanographic features on fine-scale foraging movements of bottlenose dolphins. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 418, 223–233. <https://doi.org/10.3354/meps08789>
- Baines, M.E., Evans, P.G.H., 2012. *Atlas of the Marine Mammals of Wales*. CCW Monitoring Report No. 68. 2nd edition.
- Baktoft, H., Gjelland, K.Ø., Økland, F. & Thygesen, U.H., 2017. Positioning of aquatic animals based on time-of-arrival and random walk models using YAPS (Yet Another Positioning Solver). *Sci. Rep.* 7, 1–10.
- Band, B., Sparling, C., Thompson, D., Onoufriou, J., Martin, E.S., West, N., 2016. Refining estimates of collision risk for harbour seals and tidal turbines. *Scottish Mar. Freshw. Sci.* 7, 133. <https://doi.org/10.7489/1786-1>
- Band, W.; Madders, M.; Whitfield, D., 2007. Developing Field and Analytical Methods to Assess Avian Collision Risk at Wind Farms, In *Birds and Wind Farms: Risk Assessment and Mitigation* (pp. 259-275). Madrid: Quercus/Libreria Linneo.
- Belcher, E., Hanot, W., & Burch, J., 2002. Dual-frequency identification sonar (DIDSON).

- Belcher E.O., & Lynn D.C., 2000. Acoustic near-video quality images for work in turbid water. In: The Proceedings of the Underwater Intervention 2000 Conference.
- Benjamins, S., van Geel, N., Hastie, G., Elliott, J., Wilson, B., 2017. Harbour porpoise distribution can vary at small spatiotemporal scales in energetic habitats. *Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 141, 191–202. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2016.07.002>
- Bicknell, A. W. J., Godley, B. J., Sheehan, E. V, Votier, S. C., & Witt, M. J., 2016. Camera technology for monitoring marine biodiversity and human impact. In *Frontiers in Ecology and the Environment* (Vol. 14, Issue 8, pp. 424–432). <https://doi.org/10.1002/fee.1322>
- Birkhead, T. R., Lloyd, C. D. & Corkhill, P., 1973. Oiled seabirds successfully cleaning their plumage. *Br. Birds*, 66,535-537.
- Boer, M.N. de, Clark, J., Leopold, M.F., Simmonds, M.P., Reijnders, P.J.H., 2013. Photo-Identification Methods Reveal Seasonal and Long-Term Site-Fidelity of Risso's Dolphins (*Grampus griseus*) in Shallow Waters (Cardigan Bay, Wales). *Open J. Mar. Sci.* 03, 66–75. <https://doi.org/10.4236/ojms.2013.32A007>
- Bohmann, K., Evans, A., Gilbert, M.T.P., Carvalho, G.R., Creer, S., Knapp, M., Yu, D.W. & de Bruyn, M., 2014. Environmental DNA for wildlife biology and biodiversity monitoring. *Trends Ecol. Evol.* 29, 358–367.
- Boswell K.M., Wilson M.P., Cowan J.H., 2008. A Semiautomated Approach to Estimating Fish Size, Abundance, and Behavior from Dual-Frequency Identification Sonar (DIDSON) Data. *North Am J Fish Manag* 28:799–807.
- Brandt, M.J., Diederichs, A., Betke, K., Nehls, G., 2011. Responses of harbour porpoises to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 421, 205–216. <https://doi.org/10.3354/meps08888>
- Bröker, K. C. A., Hansen, R. G., Leonard, K. E., Koski, W. R., & Heide-Jørgensen, M. P., 2019. A comparison of image and observer based aerial surveys of narwhal. *Marine Mammal Science*, 35(4), 1253–1279. <https://doi.org/10.1111/mms.12586>
- Burwen D.L., Fleischman S.J., Miller J.D., 2010. Accuracy and Precision of Salmon Length Estimates Taken from DIDSON Sonar Images. *Trans Am Fish Soc* 139:1306–1314.
- Camphuysen, C. J., Fox, A. D., Leopold, M. F., & Petersen, I. K., 2004. Towards Standardised Seabirds at Sea Census Techniques in Connection with Environmental Impact Assessments for Offshore Wind Farms in the UK: a

comparison of ship and aerial sampling methods for marine birds and their applicability to offshore wind farm assessments.

- Capuska, G.E.M., Vaughn, R.L., Würsig, B., Katzir, G. and Raubenheimer, D., 2011. Dive strategies and foraging effort in the Australasian gannet *Morus serrator* revealed by underwater videography. *Marine Ecology Progress Series*, 442, pp.255-261.
- Carstensen, J., Henriksen, O.D., Teilmann, J., 2006. Impacts of offshore wind farm construction on harbour porpoises: Acoustic monitoring of echolocation activity using porpoise detectors (T-PODs). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 321, 295–308. <https://doi.org/10.3354/meps321295>
- Carter, M.I.D., Boehme, L., Duck, C.D., Grecian, W.J., Hastie, G.D., McConnell, B.J., Miller, D.L., Morris, C.D., Moss, S.E.W., Thompson, D., Thompson, P.M., Russell, D.J.F., 2020. Habitat-based predictions of at-sea distribution for grey and harbour seals in the British Isles Report to BEIS.
- Cavagna, A., Cimorelli, A., Giardina, I., Orlandi, A., Parisi, G., Procaccini, A., ... & Stefanini, F., 2008. New statistical tools for analyzing the structure of animal groups. *Mathematical biosciences*, 214(1-2), 32-37.
- Chaput, G., Carr, J., Daniels, J., Tinker, S., Jonsen, I. and Whoriskey, F., 2019. Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt and early post-smolt migration and survival inferred from multi-year and multi-stock acoustic telemetry studies in the Gulf of St. Lawrence, northwest Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, 76(4), pp.1107-1121.
- Clarke, D.R.K, Allen, C.J., Artero, C., Wilkie, L., Whelan, K., Roberts, D.E. 2021a. Feasibility study of methods to collect data on the spatial and temporal distribution of diadromous fish in Welsh waters. NRW [in prep]. Natural Resources Wales.
- Clarke, D.R.K, Allen, C.J., Artero, C., Wilkie, L., Whelan, K., Roberts, D.E. 2021b. Acoustic tracking in Wales – designing a programme to evaluate Marine Renewable Energy impacts on diadromous fish. NRW [In prep], 1-64 pp, Natural Resources Wales.
- Cole, E.L., Waggitt, J.J., Hedenstrom, A., Piano, M., Holton, M.D., Börger, L. and Shepard, E.L., 2019. The Ornithodolite as a tool to quantify animal space use and habitat selection: a case study with birds diving in tidal waters. *Integrative zoology*, 14(1), pp.4-16.
- Colefax, A. P., Butcher, P. A., & Kelaher, B. P., 2018. The potential for unmanned aerial vehicles (UAVs) to conduct marine fauna surveys in place of manned aircraft. In *ICES Journal of Marine Science* (Vol. 75, Issue 1, pp. 1–8). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx100>
- Cook D, Middlemiss K, Jaksons P, Davison W, Jerrett A., 2019. Validation of fish length estimations from a high frequency multi-beam sonar (ARIS) and its utilisation as a

- field-based measurement technique. *Fish Res* 218:59–68.
- Copping A.E., Grear M.E., 2018. Applying a simple model for estimating the likelihood of collision of marine mammals with tidal turbines. *Int Mar Energy J* 1:27–33.
- Copping, A.E. & Hemery, L.G., 2020. OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World. Report for Ocean Energy Systems (OES).
- Cotter E, Polagye B., 2020. Automatic classification of biological targets in a tidal channel using a multibeam sonar. *J Atmos Ocean Technol* 37:1437–1455.
- Coy, V., 2016. Marine Growth Mapping and Monitoring Feasibility of Sensor Development for Monitoring Marine Growth.
- Dähne, M., Gilles, A., Lucke, K., Peschko, V., Adler, S., Krügel, K., Sundermeyer, J., Siebert, U., 2013. Effects of pile-driving on harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) at the first offshore wind farm in Germany. *Environ. Res. Lett.* 8, 16pp. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/025002>
- Ditria EM, Sievers M, Lopez-Marcano S, Jinks EL, Connolly RM. 2020. Deep learning for automated analysis of fish abundance: the benefits of training across multiple habitats. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(11): 1-8.
- Doehring K, Young R, Hay J, Quarterman A., 2011. Suitability of Dual-frequency Identification Sonar (DIDSON) to monitor juvenile fish movement at floodgates. *New Zeal J Mar Freshw Res* 45:413–422.
- Evans, P., Mason-Jones, A., Wilson, C. A. M. E., Wooldridge, C., O'Doherty, T., & O'Doherty, D., 2015. Constraints on extractable power from energetic tidal straits. *Renewable Energy*, 81, 707-722.
- Evers, C.; Blight, C.; Thompson, D.; Onoufriou, J.; Hastie, G., 2017. Determining the Water Column Usage by Seals in the Brims Lease Site (Report No. 0822). Report by Sea Mammal Research Unit (SMRU). Report for Marine Scotland Science.
- Feingold, D., Evans, P.G.H., 2013. Bottlenose Dolphin and Harbour Porpoise Monitoring in Cardigan Bay and Pen Llŷn a'r Sarnau Special Areas of Conservation 2011 - 2013.
- Francisco F., Sundberg J., 2019. Detection of visual signatures of marine mammals and fish within marine renewable energy farms using multibeam imaging sonar. *J Mar Sci Eng* 7.
- Fraser S., Nikora V., Williamson B.J., Scott B.E., 2017. Automatic active acoustic target detection in turbulent aquatic environments. *Limnol Oceanogr Methods* 15:184–199.
- Furness, R.W., Wade, H.M., Robbins, A.M. and Masden, E.A., 2012. Assessing the

- sensitivity of seabird populations to adverse effects from tidal stream turbines and wave energy devices. *ICES Journal of Marine Science*, 69(8), pp.1466-1479.
- Gerritsen J., Strickler J.R., 1977. Encounter Probabilities and Community Structure in Zooplankton: A Mathematical Model. *J Fish Res Board Canada* 34:73–82.
- Gillespie, D., Gordon, J., McHugh, R., McLaren, D., Mellinger, D., Redmond, P., Thode, A., Trinder, P., Deng, X.Y., 2008. PAMGUARD: Semiautomated, open-source software for real-time acoustic detection and localisation of cetaceans. *Proc. Inst. Acoust.* 30, 54–62.
- Gillespie, D., Johnson, F., 2020. Environmental Monitoring at the Meygen Project Scotland - Presentation. [Environmental Monitoring at the Meygen Project Scotland \(pnnl.gov\)](https://pnnl.gov)
- Gillespie, D., Palmer, L., Macaulay, J., Sparling, C., Hastie, G., 2020. Passive acoustic methods for tracking the 3D movements of small cetaceans around marine structures. *PLoS One* 15, 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229058>
- Goebel, M.E., Perryman, W.L., Hinke, J.T., Krause, D.J., Hann, N.A., Gardner, S., LeRoi, D.J., 2015. A small unmanned aerial system for estimating abundance and size of Antarctic predators. *Polar Biol.* 38, 619–630. <https://doi.org/10.1007/s00300-014-1625-4>
- Gordon, J., Macaulay, J., Northridge, S., 2014. Tracking porpoise underwater movements in Tidal Rapids using drifting Hydrophone Arrays. Filling a Key Information Gap for Assessing Collision Risk, in: *Proceedings of the 2nd International Conference on Environmental Interactions of Marine Renewable Energy Technologies*. Stornoway, pp. 2–4.
- Gordon, J., Thompson, D., Leaper, R., Gillespie, D., Pierpoint, C., Calderan, S., Macaulay, J., Gordon, T., 2011. Assessment of Risk to Marine Mammals from Underwater Marine Renewable Devices in Welsh Waters Phase 2 - Studies of Marine Mammals in Welsh High Tidal Waters.
- Griffin, R.A., Jones, R.E., Lough, N.E., Lindenbaum, C.P., Alvarez, M.C., Clark, K.A., Griffiths, J.D. and Clabburn, P.A., 2020. Effectiveness of acoustic cameras as tools for assessing biogenic structures formed by *Sabellaria* in highly turbid environments. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 30(6), pp.1121-1136.
- Griffin, R. A., Robinson, G. J., West, A., Gloyne-Phillips, I. T., & Unsworth, R. K. F. (2016). Assessing fish and motile fauna around offshore windfarms using stereo baited video. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149701>
- Handegard NO, Williams K (2008) Automated tracking of fish in trawls using the DIDSON (Dual frequency IDentification SONar). *ICES J Mar Sci* 65:636–644.
- Harper, L.R., Lawson Handley, L., Hahn, C., Boonham, N., Rees, H.C., Gough, K.C.,

- Lewis, E., Adams, I.P., Brotherton, P., Phillips, S. & Hänfling, B., 2018. Needle in a haystack? A comparison of eDNA metabarcoding and targeted qPCR for detection of the great crested newt (*Triturus cristatus*). *Ecol. Evol.* 8, 6330–6341.
- Harris, M.P. & Tasker, M.L., 1999. Conservation value of ringing seabirds in Britain and Ireland. *Ring. Migr.* 19, 95–106. DOI: 10.1080/03078698.1999.9674215
- Hasselman, D. J., Barclay, D. R., Cavagnaro, R. J., Chandler, C., Cotter, E., Gillespie, D. M., Hastie, G. D., Horne, J. K., Joslin, J., Long, C., McGarry, L. P., Mueller, R. P., Sparling, C. E., & Williamson, B. J., 2020. Environmental Monitoring Technologies and Techniques for Detecting Interactions of Marine Animals with Turbines in A.E. Copping and L.G. Hemery (Eds.), OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy De. <https://doi.org/10.2172/1633202>
- Hastie G., 2013. Tracking marine mammals around marine renewable energy devices using active sonar. SMRU Ltd Rep number SMRUL-DEC-2012-002 to Dep Energy Clim Chang:1–99.
- Hastie, G.D., Russell, D.J.F., Lepper, P., Elliott, J., Wilson, B., Benjamins, S., Thompson, D., 2018. Harbour seals avoid tidal turbine noise: Implications for collision risk. *J. Appl. Ecol.* 55, 684–693. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12981>
- Hastie, G.D., Wu, G.M., Moss, S., Jepp, P., MacAulay, J., Lee, A., Sparling, C.E., Evers, C., Gillespie, D., 2019. Automated detection and tracking of marine mammals: A novel sonar tool for monitoring effects of marine industry. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 29, 119–130. <https://doi.org/10.1002/aqc.3103>
- Hatch, S. A., Meyers, P. M., Mulcahy, D. M., and Douglas, D. C. 2000. Seasonal movements and pelagic habitat use of murre and puffins determined by satellite telemetry. *Condor*, 102: 145–154.
- Hodgson, A., Kelly, N., Peel, D., 2013. Unmanned aerial vehicles (UAVs) for surveying Marine Fauna: A dugong case study. *PLoS One* 8, 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079556>
- Holman, L.E., de Bruyn, M., Creer, S., Carvalho, G., Robidart, J. & Rius, M. (2019). Detection of introduced and resident marine species using environmental DNA metabarcoding of sediment and water. *Sci. Rep.* 9, 1–10.
- Holmes JA, Cronkite GMW, Enzenhofer HJ, Mulligan TJ (2006) Accuracy and precision of fish-count data from a “dual-frequency identification sonar” (DIDSON) imaging system. *ICES J Mar Sci* 63:543–555.
- Horne JK (2000) Acoustic approaches to remote species identification: A review. *Fish Oceanogr* 9:356–371.
- Horne N., Culloch R.M., Schmitt P., Lieber L., Wilson B., Dale A.C., Houghton J.D.R.,

- Kregting L.T., 2021) Collision risk modelling for tidal energy devices: A flexible simulation-based approach. *J Environ Manage* 278:111484.
- Howe B.M., Miksis-Olds J., Rehm E., Sagen H., Worcester P.F., Haralabus G, 2019. Observing the oceans acoustically. *Front Mar Sci* 6:426.
- Hu, C. & Albertani, R., 2019. Machine learning applied to wind turbine blades impact detection. *Wind Eng.* 44, 325–338.
- Hutchison, I., Morgan, P., Sheehy, J., & Tait, C., 2020. Review of underwater video data collected around operating tidal turbines. *NatureScot Research Report No. 1225*. In *Scottish Natural Heritage* (Issue 12).
- Inger, R., Attrill, M.J., Bearhop, S., Broderick, A.C., James Grecian, W., Hodgson, D.J., Mills, C., Sheehan, E., Votier, S.C., Witt, M.J. and Godley, B.J., 2009. Marine renewable energy: potential benefits to biodiversity? An urgent call for research. *Journal of applied ecology*, 46(6), pp.1145-1153.
- Jha, S., 2016. Tidal Turbine Collision Detection A review of the state-of-the-art sensors and imaging for detecting mammal collisions. Report by ORE Catapult. Report for Natural Environment Research Council (NERC). Report for Scottish Natural Heritage.
- JNCC., 2019. Unmanned Aerial Vehicles for use in marine monitoring. <https://doi.org/ISSN 25-17-7605>
- Johnson, M., Partan, J., Hurst, T., 2013. Low complexity lossless compression of underwater sound recordings. *J. Acoust. Soc. Am.* 133, 1387–1398. <https://doi.org/10.1121/1.4776206>
- Johnston, D.T., Furness, R.W., Robbins, A.M., Tyler, G., Taggart, M.A. and Masden, E.A., 2018. Black guillemot ecology in relation to tidal stream energy generation: An evaluation of current knowledge and information gaps. *Marine environmental research*, 134, pp.121-129.
- Johnston, D.W., Westgate, A.J., Read, A.J., 2005. Effects of fine-scale oceanographic features on the distribution and movements of harbour porpoises *Phocoena phocoena* in the Bay of Fundy. *Mar Ecol Prog Ser* 295, 279–293. <https://doi.org/10.3354/meps295279>
- Jones, R. E., 2020. Camera methods for the assessment of coastal biodiversity in dynamic environments associated with marine renewable developments. Swansea University.
- Jones, R. E., Griffin, R. A., Januchowski-Hartley, S. R., & Unsworth, R. K. F., 2020. The influence of bait on remote underwater video observations in shallow-water coastal environments associated with the North-Eastern atlantic. *PeerJ*, 8. <https://doi.org/10.7717/peerj.9744>

- Jones, R. E., Griffin, R. A., Rees, S. C., & Unsworth, R. K. F., 2019. Improving visual biodiversity assessments of motile fauna in turbid aquatic environments. *Limnology and Oceanography: Methods*, 17(10), 544–554. <https://doi.org/10.1002/lom3.10331>
- Joslin, J., Polagye, B., & Parker-Stetter, S., 2012. Development of a stereo camera system for monitoring hydrokinetic turbines. *OCEANS 2012 MTS/IEEE: Harnessing the Power of the Ocean*. <https://doi.org/10.1109/OCEANS.2012.6405043>
- Joslin, J., Polagye, B., & Parker-Stetter, S., 2014. Development of a stereo-optical camera system for monitoring tidal turbines. *Journal of Applied Remote Sensing*, 8(01), 1. <https://doi.org/10.1117/1.jrs.8.083633>
- Joy, R., Wood, J.D., Sparling, C.E., Tollit, D.J., Copping, A.E., McConnell, B.J., 2018. Empirical measures of harbor seal behavior and avoidance of an operational tidal turbine. *Mar. Pollut. Bull.* 136, 92–106. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.08.052>
- Kay, W.P., Naumann, D.S., Bowen, H.J., et al. Minimizing the impact of biologging devices: Using computational fluid dynamics for optimizing tag design and positioning. *Methods Ecol Evol.* 2019; 10: 1222– 1233. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13216>
- Kim K., Neretti N., Intrator N., 2005. Mosaicing of acoustic camera images. In: *IEE Proceedings: Radar, Sonar and Navigation*. p 263–270
- Korneliussen, R.J., Heggelund, Y., Macaulay, G.J., Patel, D., Johnsen, E. and Eliassen, I.K., 2016. Acoustic identification of marine species using a feature library. *Methods in Oceanography*, 17, pp.187-205.
- Langkau, M. C., Balk, H., Schmidt, M. B., & Borchertding, J., 2012. Can acoustic shadows identify fish species? A novel application of imaging sonar data. *Fisheries Management and Ecology*, 19(4), 313–322. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2011.00843.x>
- Lavery A.C., Chu D., Moum J.N., 2010. Measurements of acoustic scattering from zooplankton and oceanic microstructure using a broadband echosounder. *ICES J Mar Sci* 67:379–394.
- Leander, J., Klaminder, J., Jonsson, M., Brodin, T., Leonardsson, K. and Hellström, G., 2020. The old and the new: evaluating performance of acoustic telemetry systems in tracking migrating Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt and European eel (*Anguilla anguilla*) around hydropower facilities. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 77(1), pp.177-187.
- Lieber, L., Nimmo-smith, W.A.M., Waggitt, J.J., Kregting, L., 2018. Fine-scale hydrodynamic metrics underlying predator occupancy patterns in tidal stream environments. *Ecol. Indic.* 94, 397–408.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.071>

- Li, X., Deng, Z.D., Sun, Y., Martinez, J.J., Fu, T., McMichael, G.A. & Carlson, T.J. (2014). A 3D approximate maximum likelihood solver for localization of fish implanted with acoustic transmitters. *Sci. Rep.* 4, 1–9.
- Lohrengel, K., Evans, P.G.H., Lindenbaum, C.P., Morris, C.W., Stringell, T.B., 2018. Bottlenose Dolphin Monitoring in Cardigan Bay.
- Ludvigsen, M., & Sørensen, A. J., 2016. Towards integrated autonomous underwater operations for ocean mapping and monitoring. In *Annual Reviews in Control* (Vol. 42, pp. 145–157). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2016.09.013>
- Macaulay, J., Gordon, J., Gillespie, D., Malinka, C., Johnson, M., Northridge, S., 2015a. NERC Marine Renewable Energy Knowledge Exchange Program Tracking Harbour Porpoises in Tidal Rapids.
- Macaulay, J., Gordon, J., Gillespie, D., Malinka, C., Northridge, S., 2017. Passive acoustic methods for fine-scale tracking of harbour porpoises in tidal rapids. *J. Acoust. Soc. Am.* 141, 1120–1132. <https://doi.org/10.1121/1.4976077>
- Macaulay, J., Malinka, C., Coram, A., Gordon, J., Northridge, S., 2015b. The density and behaviour of marine mammals in tidal rapids. Sea Mammal Research Unit, University of St Andrews, Report to Scottish Government, no. MR 7.1.2., St Andrews. St Andrews.
- Machovsky-Capuska, G.E., Howland, H.C., Raubenheimer, D., Vaughn-Hirshorn, R., Würsig, B., Hauber, M.E. and Katzir, G., 2012. Visual accommodation and active pursuit of prey underwater in a plunge-diving bird: the Australasian gannet. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1745), pp.4118-4125.
- Malinka, C.E., Gillespie, D.M., Macaulay, J.D.J., Joy, R., Sparling, C.E., 2018. First in situ passive acoustic monitoring for marine mammals during operation of a tidal turbine in Ramsey Sound, Wales. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 590, 247–266. <https://doi.org/10.3354/meps12467>
- Mallet, D., & Pelletier, D., 2014. Underwater video techniques for observing coastal marine biodiversity: A review of sixty years of publications (1952-2012). *Fisheries Research*, 154, 44–62. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.01.019>
- Martignac F., Daroux A., Bagliniere J-L., Ombredane D., Guillard J., 2015. The use of acoustic cameras in shallow waters: new hydroacoustic tools for monitoring migratory fish population. A review of DIDSON technology. *Fish Fish* 16:486–510.
- McConnell, B., Gillespie, D., Gordon, J. C. D., Hastie, G., Johnson, M., & MacAulay, J. D. J., 2013. Methods for tracking fine scale underwater movements of marine mammals around marine tidal devices.

- Mellor, M., & Maher, M., 2008. Full Scale Trial of High-Definition Video Survey for Offshore Windfarm Sites. Report Prepared for COWRIE Ltd, June, 25 pp. www.offshorewind.co.uk
- Melvin G.D., Cochrane N.A., 2014. Multibeam Acoustic Detection of Fish and Water Column Targets at High-Flow Sites. *Estuaries and Coasts* 38:227–240.
- MeyGen, 2016. MeyGen Tidal Energy Project Phase 1 Project Environmental Monitoring Programme – Field Trials.
- Minesto, 2016. Deep Green Holyhead Deep Project Phase I (0.5 MW) Environmental Statement.
- Miya, M., Gotoh, R.O. & Sado, T., 2020. MiFish metabarcoding: a high-throughput approach for simultaneous detection of multiple fish species from environmental DNA and other samples. *Fish. Sci.* Springer Japan.
- Moser, M.L., Almeida, P.R., Kemp, P.S. and Sorensen, P.W., 2015. Lamprey spawning migration. In *Lampreys: biology, conservation and control* (pp. 215-263). Springer, Dordrecht.
- Moursund, R. A., Carlson, T. J., & Peters, R. D., 2003. A fisheries application of a dual-frequency identification sonar acoustic camera. *ICES Journal of Marine Science*, 60(3), 678–683. [https://doi.org/10.1016/S1054-3139\(03\)00036-5](https://doi.org/10.1016/S1054-3139(03)00036-5)
- Mynott, S. & Marsh, M., 2020. Development of a novel (DNA- based) method for monitoring inshore fish communities using a programmable large-volume marine eDNA sampler. Natural England Commissioned Reports, Number NECR330.
- Nuuttila, H.K., Hiddink, J.G., Meier, R., Turner, J.R., Bennell, J.D., Evans, P.G.H., 2013. Acoustic detection probability of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, with static acoustic dataloggers in Cardigan Bay, Wales. *J. Acoust. Soc. Am.* 2596–2609. <https://doi.org/10.1121/1.4816586>
- O'Brien, J., Beck, S., Wall, D. and Pierini, A., 2013. Marine Mammals and Megafauna in Irish Waters - Behaviour, Distribution and Habitat Use- WP 2: Developing Acoustic Monitoring Techniques. Marine Research Sub-Programme (NDP 2007-'13), PBA/ME/07/005(02).
- Ocean Ecology, 2018. Review of the Suitability of UAV Survey Methods for Detection of Grey Seal Pups in North Wales – The Skerries Scoping Survey I.
- ORJIP Ocean Energy. (2017). ORJIP Ocean Energy: The Forward Look; an Ocean Energy Environmental Research Strategy for the UK. Report by Aquatera Ltd. Report for The Crown Estate, Report for Marine Scotland Science, Report for Welsh Assembly Government, Report for Scottish Natu.
- ORJIP, 2019. ORJIP Ocean Energy - Supporting good practice in consenting for tidal

stream and wave technologies in Wales.

ORJIP, 2020. Wave and Tidal Stream Critical Evidence Needs.

Paiva, E. G., Salgado-Kent, C., Gagnon, M. M., Parnum, I., & McCauley, R., 2015. An assessment of the effectiveness of high-definition cameras as remote monitoring tools for dolphin ecology studies. *PLoS ONE*, 10(5), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126165>

Peach, W.J., Furness, R.W. & Brenchley, A., 1999. The use of ringing to monitor changes in the numbers and demography of birds. *Ring. Migr.* 19, 57–66.

Phillips, R.A.; Silk, J. R.D.; Croxall, J.P.; Afanasyev, V.; Briggs, D.R., 2004 Accuracy of geolocation estimates for flying seabirds. *Marine Ecology Progress Series*, 266. 265-272. <https://doi.org/10.3354/meps266265>

Philpott, E., Englund, A., Ingram, S., Rogan, E., 2017. Using T-PODs to investigate the echolocation of coastal bottlenose dolphins. *J. Mar. Biol. Assoc.* 87, 11–17. <https://doi.org/10.1017/S002531540705494X>

Pickett, G.D. and Pawson, M.G., 1994. *Sea Bass: Biology* (Vol. 12). Springer Science & Business Media.

Piersma, T., Zwarts, L., & Bruggemann, J. H., 1990. Behavioural aspects of the departure of waders before long-distance flights: flocking, vocalizations, flight paths and diurnal timing. *Ardea*, 78(2), 157-184.

Plunkett, R., Sparling, C.E., 2015. Provision of seal telemetry data: Nigg bay data request. report number SMRUC-FMU-2015-011, provided to Fugro EMU limited, July 2015 (unpublished).

Polagye, B., A. Copping, R. Suryan, S. Kramer, J. Brown-Saracino, and C. Smith. 2014. Instrumentation for Monitoring Around Marine Renewable Energy Converters: Workshop Final Report. PNNL-23110 Pacific Northwest National Laboratory, Seattle, Washington.

Polagye B, Joslin J, Murphy P, Cotter E, Scott M, Gibbs P, Bassett C, Stewart A. 2020. Adaptable Monitoring Package Development and Deployment: Lessons Learned for Integrated Instrumentation at Marine Energy Sites. *Journal of Marine Science and Engineering*. 8(8):553.

Pomeroy, P., S. Smout, S. Moss, S. Twiss, and R. King. 2010. Low and delayed recruitment at two grey seal breeding colonies in the UK. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 42: 125–133. doi:10.2960/J.42.m651.

Ratcliffe, F.C., Uren Webster, T.M., Garcia de Leaniz, C. & Consuegra, S., 2020. A drop in the ocean: Monitoring fish communities in spawning areas using environmental DNA. *Environ. DNA* 1–12.

- Ratcliffe, F.C., Uren Webster, T.M., Rodriguez-Barreto, D., O'Rorke, R., de Leaniz, C.G. & Consuegra, S., 2021. Quantitative assessment of fish larvae community composition in spawning areas using metabarcoding of bulk samples. *Ecol. Appl.*
- Renfree, J.S., Andersen, L.N., Macaulay, G., Sessions, T.S. & Demer, D.A., 2020. Effects of sphere suspension on echosounder calibrations. *ICES J. Mar. Sci.* 77, 2945–2953.
- Risch, D., Wilson, S.C., Hoogerwerf, M., Geel, N.C.F. Van, Edwards, E.W.J., Brookes, K.L., 2019. Seasonal and diel acoustic presence of North Atlantic minke whales in the North Sea. *Sci. Rep.* 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39752-8>
- River Dee Trust; Marine Scotland Science, 2019. North East Scotland Salmon and Sea Trout Tracking Array: Interim Report. Report by Marine Scotland Science. Report for Vattenfall.
- Robbins, J.R., Brandecker, A., Cronin, M., Jessopp, M., McAllen, R., Culloch, R., 2016. Handling dolphin detections from C-PODs, with the development of acoustic parameters for verification and the exploration of species identification possibilities. *Bioacoustics* 25, 99–110. <https://doi.org/10.1080/09524622.2015.1125789>
- Romano, T.A., Keogh, M.J., Kelly, C., Feng, P., Berk, L., Schlundt, C.E., Carder, D.A. and Finneran, J.J., 2004. Anthropogenic sound and marine mammal health: measures of the nervous and immune systems before and after intense sound exposure. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61(7), pp.1124-1134.
- Rossington K., Benson T., 2020. An agent-based model to predict fish collisions with tidal stream turbines. *Renew Energy* 151:1220–1229.
- Royal Haskoning, 2011 SeaGen Environmental Monitoring Programme Final Report. <https://tethys.pnnl.gov/publications/seagen-environmental-monitoring-programme-final-report>
- Royal Haskoning, 2020. Morlais Project Marine Mammals Revised Collision Risk Modelling Signposting document.
- Ryan, P.G., Petersen, S.L., Peters, G. and Grémillet, D., 2004. GPS tracking a marine predator: the effects of precision, resolution and sampling rate on foraging tracks of African Penguins. *Marine biology*, 145(2), pp.215-223.
- Sakinan, S., & Bergès, B. J. P., 2020. Investigation of the use of the EK80 CW during acoustic surveys on board Tridens. (CVO report; No. 20.014). Stichting Wageningen Research, Centre for Fisheries Research (CVO). <https://doi.org/10.18174/524591>
- Scheidat, M., Tougaard, J., Brasseur, S., Carstensen, J., van Polanen, T.P., Teilmann, J., Peter, R., 2011. Harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) and wind farms: a

- case study in the Dutch North Sea. Environ. Res. Lett. 6.
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/2/025102>
- Schmitt P., Culloch R., Lieber L., Molander S., Hammar L., Kregting L., 2017. A tool for simulating collision probabilities of animals with marine renewable energy devices. PLoS (Public Library of Science) One 12: e0188780.
- SCOS, 2019. Scientific advice on matters related to the management of seal populations: 2002., Natural Environment Research Council.
- SCOS, 2013. Scientific Advice on Matters Related to the Management of Seal Populations: 2013.
- Scottish Natural Heritage, 2014. A diving bird collision risk assessment framework for tidal turbines. SNH Commissioned Report No. 773.
- Scottish Natural Heritage, 2016. Assessing collision risk between underwater turbines and marine wildlife. SNH Guidance Note.
- Seymour, A.C., Dale, J., Hammill, M., Halpin, P.N., Johnston, D.W., 2017. Automated detection and enumeration of marine wildlife using unmanned aircraft systems (UAS) and thermal imagery. Sci. Rep. 7, 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep45127>
- Sharples, R.J., Moss, S.E., Patterson, T.A., Hammond, P.S., 2012. Spatial variation in foraging behaviour of a marine top predator (*Phoca vitulina*) determined by a large-scale satellite tagging program. PLoS One 7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037216>
- Shoham-Frider, E., Amiel, S., Roditi-Elasar, M., Kress, N., 2002. Risso's dolphin (*Grampus griseus*) stranding on the coast of Israel (eastern Mediterranean). Autopsy results and trace metal concentrations. Sci. Total Environ. 295, 157–166. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00089-X](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00089-X)
- Silva T., 2016. 'Monthly averages of non-algal Suspended Particulate Matter concentrations' doi:10.14466/CefasDataHub.31
- Simon, M., Nuuttila, H., Reyes-Zamudio, M.M., Ugarte, F., Verfub, U., Evans, P.G.H., 2010. Passive acoustic monitoring of bottlenose dolphin and harbour porpoise, in Cardigan Bay, Wales, with implications for habitat use and partitioning. J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom 90, 1539–1545. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/17506200710779521>
- Sound Metrics Corp., 2018. ARIScope Software User Guide.
- Sparling, C.E., Lonergan, M., McConnell, B., 2018. Harbour seals (*Phoca vitulina*) around an operational tidal turbine in Strangford Narrows: No barrier effect but small changes in transit behaviour. Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst. 28, 194–204. <https://doi.org/10.1002/aqc.2790>

- Sparling, C.E., Seitz, A.C., Masden, E., Kate Smith Contributors: Natalie Isaksson, H.K.F., 2020. 2020 State of the Science Report: Chapter 3.0 Collision Risk for Animals around Turbines.
- Sparling, C.E. & Smith, K., 2019. Defining project envelopes for marine energy projects: Review and tidal energy test facility and marine mammals case study.
- Sparling, C.E., Smith, K., Benjamins, S., Wilson, B., Gordon, J., Stringell, T., Morris, C., Hastie, G., Thompson, D., Pomeroy, P., 2015. Guidance to inform marine mammal site characterisation requirements at wave and tidal stream energy sites in Wales, NRW Evidence Report Number 82.
- Staines G., Zydlewski G.B., Viehman H.A., Kocik R., 2020. Applying two active acoustic technologies to document presence of large marine animal targets at a marine renewable energy site. J Mar Sci Eng.
- Steig, T. and Holbrook C, M., 2012. Use of Acoustic Telemetry to Evaluate Survival and Behavior of Juvenile Salmonids at Hydroelectric Dams: A Case Study from Rocky Reach Dam, Columbia River, USA. In Telemetry techniques; a user guide for fisheries research. Edited by N.S. Adams, J.W Beeman and J.H Eiler. American fisheries Society, Bethesda Maryland. DOI: [10.13140/2.1.2609.6644](https://doi.org/10.13140/2.1.2609.6644)
- Stowe, T. J., 1982. Beached Bird Surveys and Surveillance of Cliff-breeding Seabirds. Report to Nature Conservancy Council.
- Sykora-Bodie, S.T., Bezy, V., Johnston, D.W., Newton, E., Lohmann, K.J., 2017. Quantifying Nearshore Sea Turtle Densities: Applications of Unmanned Aerial Systems for Population Assessments. Sci. Rep. 7, 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17719-x>
- Thompson, D.; Onoufriou, J.; Brownlow, A.; Morris, C., 2016. Data Based Estimates of Collision Risk: An Example Based on Harbour Seal Tracking Data around a Proposed Tidal Turbine Array in the Pentland Firth (Report No. 900). Report for Scottish Natural Heritage.
- Thorstad, E. B., Økland, F., Westerberg, H., Aarestrup, K. & Metcalfe, J. D. 2013a. Evaluation of surgical implantation of electronic tags in European eel and effects of different suture materials. Marine and Freshwater Research 64(4), 324-331. doi: 10.1071/MF12217
- Thorstad, E.B., Rikardsen, A.H., Alp, A. & Økland, F. 2013b. The Use of Electronic Tags in Fish Research – An Overview of Fish Telemetry Methods. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 13, 881-896 (2013).doi: 10.4194/1303-2712-v13_5_13
- Todd, V., Todd, I., Gardiner, J., Morrin, E., 2015. Marine mammal observer and passive acoustic monitoring handbook. Pelagic Publishing Ltd

- Tollit, D., Joy, R., Wood, J., Redden, A.M., Booth, C., Boucher, T., Porskamp, P., Oldreive, M., 2019. Baseline presence of and effects of tidal turbine installation and operations on harbour porpoise in Minas Passage, Bay of Fundy, Canada. *J. Ocean Technol.* 14.
- UK Government., 2019. The Climate Change Act 2008 (2050 Target Amendment) Order 2019.
- Vandenabeele, S.P., Shepard, E.L., Grogan, A. and Wilson, R.P., 2012. When three per cent may not be three per cent; device-equipped seabirds experience variable flight constraints. *Marine Biology*, 159(1), pp.1-14.
- Verfuss, U. K., Aniceto, A. S., Harris, D. V., Gillespie, D., Fielding, S., Jiménez, G., Johnston, P., Sinclair, R. R., Sivertsen, A., Solbø, S. A., Storvold, R., Biuw, M., & Wyatt, R., 2019. A review of unmanned vehicles for the detection and monitoring of marine fauna. In *Marine Pollution Bulletin* (Vol. 140, pp. 17–29). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.009>
- Villadsgaard, A., Wahlberg, M., Tougaard, J., 2007. Echolocation signals of wild harbour porpoises, *Phocoena phocoena*. *J. Exp. Biol.* 210, 56–64. <https://doi.org/10.1242/jeb.02618>.
- Wakefield, E. D., Owen, E., Baer, J., Carroll, M. J., Daunt, F., Dodd, S. G. & Bolton, M. (2017). Breeding density, fine-scale tracking, and large-scale modeling reveal the regional distribution of four seabird species. *Ecological Applications*, 27(7), 2074-2091.
- Waggitt, J.J. and Scott, B.E., 2014. Using a spatial overlap approach to estimate the risk of collisions between deep diving seabirds and tidal stream turbines: A review of potential methods and approaches. *Marine Policy*, 44, pp.90-97.
- Walker, A.M., Godard, M.J. and Davison, P., 2014. The home range and behaviour of yellow-stage European eel *Anguilla anguilla* in an estuarine environment. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(2), pp.155-165.
- Welsh Government, 2019. Welsh National Marine Plan.
- Westgate, A.J., Head, A.J., Berggren, P., Koopman, H.N., Gaskin, D.E., 1995. Diving behaviour of harbour porpoises, *Phocoena phocoena*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52, 1064–1073. <https://doi.org/10.1139/f95-104>
- Wilby A, Kastner R, Hostler A, Slattery E. Design of a low-cost and extensible acoustically triggered camera system for marine population monitoring. *OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey*, OCE 2016. 2016. doi:10.1109/OCEANS.2016.7761320
- Williamson B.J., Blondel P., Armstrong E, Bell P.S., Hall C., Waggitt J.J., Scott B.E., 2016. A Self-Contained Subsea Platform for Acoustic Monitoring of the Environment

Around Marine Renewable Energy Devices-Field Deployments at Wave and Tidal Energy Sites in Orkney, Scotland. *IEEE J Ocean Eng* 41:67–81.

Williamson B.J., Fraser S., Blondel P., Bell P.S., Waggitt J.J., Scott B.E., 2017. Multisensor Acoustic Tracking of Fish and Seabird Behavior Around Tidal Turbine Structures in Scotland. *IEEE J Ocean Eng* 42:948–965.

Wilson, R.P., Shepard, E.L., Laich, A.G., Frere, E. and Quintana, F., 2010. Pedalling downhill and freewheeling up; a penguin perspective on foraging. *Aquatic Biology*, 8(3), pp.193-202.

Wilson, R.P. and Vandenabeele, S.P., 2012. Technological innovation in archival tags used in seabird research. *Marine Ecology Progress Series*, 451, pp.245-262.

Wilson, R.P., Wilson, M.P.T., Link, R., Mempel, H. and ADAMS, N.J., 1991. Determination of movements of African penguins *Spheniscus demersus* using a compass system: dead reckoning may be an alternative to telemetry. *Journal of Experimental Biology*, 157(1), pp.557-564.

Xodus, 2016. Brim Tidal Array: Collision Risk Modelling - Atlantic Salmon. Technical Report A-100242-S02-TECH-001.

11. Atodiadau

Atodiad 1. Cysylltiadau sefydliadol

Rhestr o sefydliadau y cysylltwyd â nhw naill ai trwy holiadur neu gyfarfod ar-lein sydd wedi'u cynnwys yn yr adroddiad hwn. Mae cofnodion lluosog yn dangos ein bod wedi siarad â nifer o wahanol bobl yn yr un sefydliad ond a oedd â swyddi gwahanol, mae eu henwau'n cael eu dileu at ddibenion cyfrinachedd.

Tabl A1.1. Rhestr o gysylltiadau sefydliadol.

Sefydliad / Sector	Sector
Asiantaeth y Llywodraeth	
Natural England	ASiantaeth LLYWODRAETH
Natural Resources Wales (SNCB for Welsh Inshore waters)	ASiantaeth LLYWODRAETH
Natural Resources Wales (SNCB for Welsh Inshore waters)	ASiantaeth LLYWODRAETH
Marine Energy Wales	NGO
Irish Marine Institute	ASiantaeth Y WLADWRIAETH
Datblygwyr	
Cambrian Offshore South West Ltd.	DATBLYGWR YAM
Minesto	DATBLYGWR YAM
Grwpiau amgylcheddol	
Atlantic Salmon Trust	NGO
Game and Wildlife Conservation Trust	NGO
British Trust for Ornithology	NGO
Royal Society for the Protection of Birds (Cymru)	NGO
Royal Society for the Protection of Birds	NGO
Wildlife Trust of South and West Wales	NGO
Sea Trust - survey in high energy sites (Strumble and Ramsey Sound)	NGO
WDCS - annual surveys of Risso's off Bardsey	NGO
Academia	
Sea Mammal Research Unit	ACADEMIA / YMGYNHORYDD
Sea Mammal Research Unit	ACADEMIA / YMGYNHORYDD
Bangor University (Oceanography)	ACADEMIA
	ACADEMIA
NGO / Ymgynghorydd	
Marine Energy Engineering Centre of Excellence	NGO
ORE catapul / Ven associates	NGO / YMGYNHORYDD
ORE catapul	NGO
ORE catapul	NGO

Offshore Renewables Joint Industry Programme for Ocean Energy	NGO / YMGYNHORYDD
xodus	YMGYNHORYDD
xodus	YMGYNHORYDD
xodus	YMGYNHORYDD
Gwneuthurwyr offer	
Chelonia C-POD/F-POD PAM manufacturer	GWEITHGYNHYRCHWR
BioSonics (sonar developer)	GWEITHGYNHYRCHWR
BioSonics (sonar developer)	GWEITHGYNHYRCHWR
Vanishing Point Marine / Towed array hydrophone developer	GWEITHGYNHYRCHWR
RS Aqua	GWEITHGYNHYRCHWR
Tritech Gemini	GWEITHGYNHYRCHWR
Sound metrics ARIS / DIDSON	GWEITHGYNHYRCHWR
Teledyne Marine	GWEITHGYNHYRCHWR
Coda Octopus	GWEITHGYNHYRCHWR
Innovasea (VEMCO)	GWEITHGYNHYRCHWR
Thelma biotel	GWEITHGYNHYRCHWR
Lotek	GWEITHGYNHYRCHWR
Sonotronics	GWEITHGYNHYRCHWR

Atodiad 2. Offer modelu a gofynion paramedr

Defnyddir tri math o fodel ar hyn o bryd i amcangyfrif nifer yr anifeiliaid (mamaliaid morol ac adar y môr) sy'n debygol o wrthdaro â thyrbinau tanddwr:

- Model Cyfradd Cyfarwyddo (MCC)
- Model Risg Gwrthdrawiad (MRG)
- Model Poblogaeth Amser yr Amlygiad (MPAA)

Mae'r modelau hyn yn syml yn eu cysyniad ac fe'u cymhwyswyd i ddechrau i dyrbinau echel llorweddol agored (Treftadaeth Naturiol yr Alban, 2016). Fodd bynnag, mae ymchwil ddiweddar wedi addasu'r modelau hyn i'w defnyddio gyda dyluniadau tyrbinau echel llorweddol gan gynnwys barcutiaid llanw (Schmitt et al., 2017).

Mae'r ERM yn seiliedig ar fodel ysglyfaethwr-ysglyfaeth a ddatblygwyd i ddechrau ar gyfer modelu slefrod môr yn preying arno plancton (Gerritsen & Strickler, 1977). Mae'r MRG yn seiliedig ar y 'Model Band' a ddatblygwyd i amcangyfrif y risg o wrthdrawiad adar sy'n hedfan â thyrbinau gwynt (Band et al., 2007).

Mae dulliau'r ERM a'r MRG yn debyg yn fras yn yr ystyr eu bod ill dau yn defnyddio model corfforol o'r rotor a maint corff a gweithgaredd nofio yr anifail i amcangyfrif y gyfradd wrthdrawiadau (ABPmer, 2020). Mae'r model ERM yn canolbwyntio ar y cyfaint fesul amser uned a ysgubir gan bob llafn, tra bod y MRG yn canolbwyntio ar nifer y tramwyfeydd anifeiliaid trwy rotor cylchdroi a'r risg gwrthdrawiad yn ystod pob tramwy. Mae'r ETPM yn defnyddio modelu poblogaeth i asesu marwolaethau ychwanegol critigol oherwydd gwrthdrawiadau a fyddai'n achosi effaith andwyol ar boblogaeth anifeiliaid. Mae'r model yn troi hynny i'r gyfradd gwrthdrawiad ar gyfer pob anifail o fewn y cyfaint a ysgubir gan y rotorau a fyddai'n ddigonol i achosi effaith (Treftadaeth Naturiol yr Alban, 2016).

Tabl A2.1 yn darparu adolygiad o'r paramedrau a ddefnyddir ar gyfer y gwahanol fodelau a ddefnyddir mewn ymchwil o amgylch dyfeisiau ynni morol. Mae'r rhain yn cynnwys paramedrau gweithredol a data rhywogaeth-benodol.

Mae paramedrau gweithredol y model yn benodol i safle. Dylai data fel diamedr y tyrbinau, nifer y llafnau a chyflymder cylchdroi fod ar gael yn rhwydd i'w cynnwys yn y model. Dylid cynnwys nodweddion safle-benodol fel cyflymderau llif llanw, dyfnder dŵr a dyfnder dyfeisiau hefyd, ac unwaith eto mae'n hawdd eu cael (Treftadaeth Naturiol yr Alban, 2014).

Y data biolegol MRG am mamaliaid morol yw:

- Hyd corff
- Lled y corff
- Dwysedd poblogaeth
- Dosbarthiad dyfnder
- Nifer yr anifeiliaid yn y boblogaeth

Data adar môr sy'n ofynnol ar gyfer MRGs yn cynnwys:

- Deifio dyfnder, hyd ac amllder.
- Pellter a deithiwyd yn ystod deifiadau a'r gofod tanddwr a feddiannwyd.

- Cyflymder nofio (esgyniad, disgyniad, llorweddol a byrstio / dianc).
- Symudedd tanddwr, ymwybyddiaeth ac ymateb osgoi.
- Lefelau gweithgaredd mewn perthynas â'r cylch blynyddol, cyflwr y llanw ac amser y dydd.

Mae casglu data cadarn ar gyfer y paramedrau hyn yn heriol gyda llawer o fodelau yn defnyddio'r un gwerthoedd ag a gymerwyd o ddata hedfan.

Mae'r data pysgod sy'n ofynnol yn cynnwys:

- Dwysedd poblogaeth
- Cyflymder nofio - cyflymder cymedrig a byrstio.
- Hyd y corff
- Lled y corff
- Y lefel nofio a ffefrir
- Nodweddion ymddygiadol - e.e., ymfudo tymhorol, ymddygiadau diel, addysg, osgoi

Tabl A2.1. Paramedrau modelu a ddefnyddir ar gyfer modelu risg gwrthdrawiad a dod ar draws.

Teitl	Pwnc	Paramedrau	Dulliau	Canlyniadau / Cyfyngiadau	Cyfeirnod
CRM					
Datblygu offeryn asesu risg gwrthdrawiad	Crefftau gofod	n/a	n/a	n/a	Alarcón-Rodrigues et al., 2003 R2
Uchafswm tebygolrwydd gwrthdrawiad o ystyried maint amrywiol, siâp a chyfeiriadedd elips covariance.	Gwrthrychau cylchdroi	n/a	Dadansoddiad tebygolrwydd gwrthdrawiad uchaf	n/a	Bai et al., 2016 R4
Offeryn ar gyfer efelychu tebygolrwydd gwrthdrawiad anifeiliaid â dyfeisiau ynni adnewyddadwy morol https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188780	Anifeiliaid morol - barcud llanw (Minesto)	• hyd anifail (L) • cyflymder anifeiliaid (v) • safle cychwynnol yr anifail (z, y) • oedi cam (δ) rhwng symudiad anifail a barcud • yr amser y mae'n ei gymryd i'r barcud hedfan y trac cyfan (T) • dyfnder cymedrig y barcud (D) • dyfnder y dŵr (H)	freeCAD (fframwaith dylunio â chymorth cyfrifiadur pwrpas cyffredinol yn caniatáu i ddefnyddwyr greu a thrin gwrthrychau geometrig trwy python neu GUI) Ar gyfer ardal wedi'i sgubo gan lafn: $P_A = \frac{NColl}{NSim}$ NSim - nifer yr holl efelychiadau	Gweler y cyfeirnod am fanylion. Gellid lluosu data ecolegol fel dosraniadau dyfnder a chyfraddau cludo â dosbarthiad tebygolrwydd gwrthdrawiad i symud ymlaen tuag at amcangyfrif mwy realistig ar gyfer risg gwrthdrawiad. Mae diffyg gwybodaeth am ddosbarthiadau	Schmitt et al., 2017

Teitl	Pwnc	Paramedrau	Dulliau	Canlyniadau / Cyfyngiadau	Cyfeirnod
		• uchder (h) a lled (w) y ffigur o wyth sy'n disgrifio'r taflwybr barcud	$P_{SweptA} = \frac{NColl}{NCollPos}$ NCollPos - nifer y swyddi lle digwyddodd o leiaf un gwrthdrawiad am yr holl oedi a brofwyd (swyddogaeth o ffurfweddiad dyfais YAM). Cyddyfeiriant cam amser amrywiol	tebygolrwydd gwirioneddol i rywogaeth benodol ddigwydd mewn amser neu ofod penodol ac mae'r adwaith yng nghyffiniau dyfais yn ffynonellau gwall mwy na'r amrywiadau disgwylidig mewn tebygolrwydd gwrthdrawiad oherwydd dyluniad neu weithrediad y ddyfais YAM.	
Mireinio amcangyfrifon o risg gwrthdrawiad ar gyfer morloi harbwr a thyrbinau llanw -Golwg ar fodelau ar gyfer morloi harbwr https://data.marine.gov.scot/datas-et/refining-estimates-collision-risk-harbour-seals-and-tidal-turbines	Morloi (harbwr / comin)	• Dwysedd y boblogaeth leol, D; • Ardal draws-doriadol A effeithiol llafnau sy'n agosáu (yr 'ysglyfaethwr'), gan ystyried radiws effeithiol yr anifeiliaid ('yr ysglyfaeth') os yw anifeiliaid am glirio'r llafnau; a • Cyflymder cymedrig llafnau'r tyrbín mewn perthynas â'r anifail, V. Yn benodol: • B = nifer y rotorau. • b = nifer y llafnau. • w = lled llafn tyrbín. • R = hyd llafn tyrbín.	$C_{ERM} = D \times B \times b \times (w + 2r)(R + r) \times v(1 + (u^2/3v^2))$	Diffyg data empirig ar osgoi talu ac osgoi felly nid yw pob model yn rhagdybio unrhyw osgoi nac osgoi. Dim ond yn defnyddio dull llorweddol yn y model. Mae angen ceryntau llanw manylach.	Band et al., 2016 R5

Teitl	Pwnc	Paramedrau	Dulliau	Canlyniadau / Cyfyngiadau	Cyfeirnod
		• r = 'radiws effeithiol' sef y cliriad sydd ei angen (o ganol y màs) oherwydd maint corff yr anifail. • v = cyflymder llafn o'i gymharu â'r dŵr sy'n cyfuno cyflymder tangential a • cyflymder cyfredol (tybir bod cyflymder y llafn yn gyflymach na'r anifail • cyflymder o'i gymharu â'r cerrynt dŵr, yn yr achos hwn); a • u = cyflymder nofio anifail o'i gymharu â'r dŵr.			
Peryglon gwrthdrawiad rhwng dyfeisiau ynni adnewyddadwy morol a mamaliaid, pysgod ac adar deifio http://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/504110/	Mamaliaid morol, pysgod ac adar deifio	• hyd corff • Radiws anifeiliaid = R_a • poblogaeth • arwynebedd y môr • dwysedd = D. • dyfnder dŵr yn y tyrbin = H. • dosbarthiad dyfnder yr anifail • tebygolrwydd o fod o fewn gorwel dyfnder tyrbin = P.	Model Cyfradd Cyfarwyddo wedi'i addasu i fodel risg gwrthdrawiad. $C = Z \cdot (1 - P_a) \cdot (1 - P_e)$ C = cyfradd gwrthdrawiad Z = cyfradd dod ar draws P_a = tebygolrwydd o osgoi P_e = tebygolrwydd osgoi talu Model dod ar draws yn seiliedig ar gyfarfyddiadau ysglyfaethwr-ysglyfaeth.	Yn tybio bod tyrbin ac anifail yn symud yn annibynnol. Diffyg metrigau ymddygiadol (osgoi, osgoi talu). Mae amcangyfrif dwysedd yn brin (wedi'i symleiddio).	Wilson et al., 2007 R92

Teitl	Pwnc	Paramedrau	Dulliau	Canlyniadau / Cyfyngiadau	Cyfeirnod
		• dyfnder y tyrbin • diamedr y rotor • Lled llafn = W. • Hyd llafn = Rb • cyfran fesul dyfnder • cyflymder nofio cymedrig = ua • cyflymder rotor cymedrig yn erbyn dŵr = ub • dod ar draws radiws = R.	$D = P.2.R_b/H$ $Z = A. (u_a^2 + 3 u_b^2) / 3u_b .D$ $R_a = 2L/\pi^2$ $A = (W + R_a).(R_b + R_a).N$		
Model tebygolrwydd ar gyfer Risgiau Gwrthdrawiad Tyrbinau Hydrokinetig: Archwilio'r effeithiau ar bysgod https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084141	Fish	Gweithgaredd pysgod • Ardal ysgubo Rotor • Maint y boblogaeth • Uned asesu (amser) • Pellter canfod • Cyflymder cyfredol • Radiws rotor • Cyflymder byrstio pysgod • Nifer y llafnau • Cyflymder cylchdro	CRM yn seiliedig ar ddadansoddiad coeden fai (ym maes asesu risg tebygol). Llawer o agweddau ar gyfer pob cam model: Amcangyfrifir bod y boblogaeth yn pasio trwy ardal y tyrbin - Taith arae P_p; tebygolrwydd mynediad i ran beryglus o dyrbin P_i; tebygolrwydd y bydd pysgod yn cyd-ddigwydd wrth i'r tyrbin ar waith P_o; methiant osgoi P_a; tebygolrwydd o gael ei ysgubo gan gerrynt i barth peryglus P_z; anaf tyrbin, P_i; a achosir gan straen hydrolog (P_s), megis gollwng a	Y risg leiaf ar gyfer pysgod bach eu maint, tebygolrwydd uwch o risg gwrthdrawiad i bysgod mwy o dyrbinau (≥ 5 m). Diffyg data ar gyfer dilysu modelau. Amrywioldeb rhwng rhywogaethau (maint, heigio / unig ac ati)	Hammar et al., 2015 R31

Teitl	Pwnc	Paramedrau	Dulliau	Canlyniadau / Cyfyngiadau	Cyfeirnod
		• Ongl yr ymosodiad • Hyd pysgod	chneifio pwysau, neu wrthdrawiad (P_c) â llafn rotor; a thebygolrwydd digwyddiad llafn (P_b). Dim ond os bydd osgoi osgoi agos, P_e ; Yn olaf, mae difrod llafn (P_d) yn pennu'r tebygolrwydd y bydd gwrthdrawiad yn ddifrifol.		
Model yn seiliedig ar asiant i ragfynegi gwrthdrawiadau pysgod â thyrbinau llif llanw. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.11.127	Pysgod	Biolegol • Cyflymder nofio • Hyd y corff • Lled y corff • Ymfudo fertigol • Llywio (ymfudo) • Y lefel nofio a ffefrir Tyrbîn • Safle Xyz • Cyfeiriadedd • Diamedr • Nifer y llafnau • Dyfnder rotor • Lled llafn mwyaf	CRM wedi'i greu gan ddefnyddio modelau rhifiadol yn seiliedig ar asiant (ABM) o symud pysgod i gynnwys rhagfynegiadau o wrthdrawiadau.	Rhagwelir y bydd cyfraddau gwrthdrawiadau tyrbîn yn isel (<1.1%)	Rossington & Benson 2020 R68

Teitl	Pwnc	Paramedrau	Dulliau	Canlyniadau / Cyfyngiadau	Cyfeirnod
		• Cae llafn • Munud. cyflymder gweithredu • Max RPM • Cymhareb cyflymder tip (TSR) • Cyfeiriad troelli			
Modelu risg gwrthdrawiad ar gyfer dyfeisiau ynni llanw: Dull hyblyg wedi'i seilio ar efelychiad https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111484	Anifeiliaid morol ('sêl' damcaniaethol) a barcud a thei arddull Minesto	Ecolegol • Cyflymder (cyflymder llinellol, cyflymderau 2 x, cyflymder nofio cymedrig sêl harbwr oedolion, a chyflymder cyflym i gynrychioli sêl sy'n teithio mewn nant llanw sy'n llifo'n gyflym) • Maint (siâp eliptig i efelychu siâp sêl oedolyn a chwiler) • Ongl dynesu (yaw a thraw; teithio i lawr yr afon, taflwybr gwastad ac ongl 45 ° i lawr) • Man cychwyn • Amser oedi Dyfais barcud (gweler Schmitt et al, (2017) ar gyfer fformwlâ	Efelychu yn seiliedig freeCAD (fframwaith dylunio â chymorth cyfrifiadur pwrpas cyffredinol yn caniatáu i ddefnyddwyr greu a thrin gwrthrychau geometrig trwy python neu GUI) (gweler Schmidtt et al., 2017). Mae llawer o efelychiadau yn rhedeg i gyfrifo tebygolrwydd risg gwrthdrawiad. Mireinio tebygolrwyddau trwy ganlyniadau ôl-brosesu i ddata integredig o broffiliau plymio anifeiliaid (siâp U)	Y siawns uchaf o wrthdrawiad ar gyfer sêl 'oedolyn' ar daflwybr ar i lawr ar gyflymder araf (CP = 0.214). Cyfle isaf ar gyfer 'pup' ar gyflymder cyflym ar daflwybr ar i lawr (CP = 0.037). Y tebygolrwyddau gwrthdrawiad uchaf ar waelod statig y ddyfais. Yn gallu defnyddio data proffil gwirioneddol yn y model. Dim gwybodaeth am ddosbarthiad anifeiliaid yn y golofn ddŵr.	Horne et al., 2021 R40

Teitl	Pwnc	Paramedrau	Dulliau	Canlyniadau / Cyfyngiadau	Cyfeirnod
				Mae proffiliau dosbarthu a phlymio unffurf yn lleihau CR ar daflwybrau gwastad.	
Asesu risg gwrthdrawiad rhwng tyrbinau tanddwr ac anifeiliaid morol Adroddiad SNH gan gynnwys modelau ERM / CRM ac ETPM sylfaenol i ddatblygwyr eu defnyddio. https://tethys.pnnl.gov/publications/assessing-collision-risk-between-underwater-turbines-marine-wildlife		ERM: • D yw'r dwysedd 'anifail ysglyfaethus', fesul m3 • B yw nifer y rotorau • b yn ddim o lafnau • w yw lled llafn tyrbîn, fel y'i gwelir o'r ochr • R yw hyd llafn tyrbîn • r yw'r 'radiws effeithiol' - y cliriad sydd ei angen oherwydd maint corff yr anifail ysglyfaethus • v yw cyflymder y llafn o'i gymharu â'r dŵr, gan gyfuno cyflymder tangential a chyflymder cyfredol • u yw cyflymder nofio anifail ysglyfaethus o'i gymharu â'r dŵr CRM: • D dwysedd anifeiliaid	ERM based on model developed by Wilson et al. (2007). Considers the volume swept by the turbine blade and the no. animals present. $CERM = D * B * b * (w + 2r) * (R + r) * v * (1 + (u^2/3v^2))$ CRM based on Band et al. (2000; 2007; 2012) from models of birds and wind farms adapted to marine env. Collision rate: $CCRM = D * B * \pi * (R + 0.5W)^2 * v * p_{coll}$ No of transits = $D * B * \pi * (R + 0.5W)^2 * v$ No of collisions = No of transits x Risk of collision during a single transit	Same issues as Band et al (2016) and Wilson et al. (2007) above.	SNH 2016 R71

Teitl	Pwnc	Paramedrau	Dulliau	Canlyniadau / Cyfyngiadau	Cyfeirnod
		• Ardal drawsdiriadol rotorau B. • V yw cyflymder anifeiliaid • Y risg gymedrig o wrthdrawiad yn ystod tramwy sengl • r yw'r radiws o'r ganolfan rotor ar y pwynt cludo • b yn ddim o lafnau • Ω yw cyflymder cylchdro • v yw cyflymder anifail o'i gymharu â rotor (cymerir fel y cyflymder cerrynt cymedrig) • c yw lled cord y llafn ar radiws r • γ yw ongl traw y llafn ar radiws r, o'i gymharu ag awyren y rotor • L yw hyd yr anifail • W yw ei ehangder (hyd adenydd aderyn) • $\alpha = v / r\Omega$ ETPM: • t yw'r cyfnod amser dan astudiaeth	Collision risk of a single transit at centre radius: $p(r) = (b\Omega/2\pi v) [\pm c \sin \gamma + \alpha c \cos \gamma + \max(L, W\alpha)]$ (see report for further details). EPTM (Exposure Time Population Model): Developed from Grant, Trinder & Harding (2014). $CETPM = N * T * \alpha / t$		

Teitl	Pwnc	Paramedrau	Dulliau	Canlyniadau / Cyfyngiadau	Cyfeirnod
		• CETPM yw'r gyfradd gwrthdrawiadau, mewn gwrthdrawiadau yr eiliad, yn ystod y cyfnod hwnnw • N yw nifer yr anifeiliaid yn y boblogaeth dan sylw, er enghraifft yr anifeiliaid mewn cytref fridio benodol. • T yw'r 'amser amlygiad', h.y., cyfanswm yr amser o fewn y cyfnod y mae pob anifail yn agored i risg (h.y., yr amser y mae'n ei dreulio o fewn y cyfaint a ysgubir gan rotorau), gan dybio na ddylid osgoi. • α yw'r gyfradd gwrthdrawiadau - nifer y gwrthdrawiadau fesul amser uned - ar gyfer pob anifail sy'n agored i risg			
Amcangyfrif tebygolrwydd pysgod yn dod ar draws dyfais hydrokinetig morol	Pysgod, dyfais hydro-cinetig morol (MHK)	Paramedrau wedi'u cymryd o feddalwedd echoview, o ddata echosounder. • Mis • Cyflwr Diel	Model tebygolrwydd cyffwrdd yn seiliedig ar y tebygolrwydd y bydd pysgod ar ddyfnder dyfais pan oedd yn absennol; tebygolrwydd y bydd ymddygiad pysgod yn newid mewn ymateb i ddyfais mewn cae pell; y tebygolrwydd y bydd pysgod ar	Y tebygolrwydd mwyaf wedi'i fodelu y byddai pysgod yn dod ar draws y ddyfais gyfan oedd 0.432 a dod ar draws ffoil y ddyfais oedd 0.058.	Shen et al., 2016 R72

Teitl	Pwnc	Paramedrau	Dulliau	Canlyniadau / Cyfyngiadau	Cyfeirnod
https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.06.026		• Cam y llanw	ddyfnder dyfais yn agos at y cae pan fydd y ddyfais yn bresennol. Model Llinol Cyffredinol Bayesaidd (BGLM) a ddefnyddir i amcangyfrif tebygolrwydd y bydd pysgod ar ddyfnderoedd penodol.	Gwahaniaethau mewn tebygolrwyddau ar sail cam mis, diel a llanw. Nododd hydroacwstig symudol fod pysgod yn debygol o osgoi'r ddyfais gyda symudiad llorweddol yn dechrau 140 m i ffwrdd.	
Modelu Risg Gwrthdrawiad Llanw Brims - Eog yr Iwerydd https://tethys.pnnl.gov/publications/brims-tidal-array-collision-risk-modelling-atlantic-salmon	Eog yr Iwerydd	• Clirio Min rhwng blaen y llafn ac arwyneb y môr yn LAT • Dyfnder dŵr / sianel (m) • Nifer y rotorau • Diamedr rotor (c / f) • Radiws rotor • Nifer y llafnau • Uchafswm lled y llafn • Cae llafn ar flaen y llafn • Proffil llafn • Cyflymder cylchdroi • % amser ddim yn weithredol	Ddim yn fanwl, er bod Brand (2015) yn cael ei gyfeirio, nid yn uniongyrchol ar gyfer dull y model serch hynny.	Ymddygiad osgoi eog yn anhysbys Gan dybio y dylid osgoi 95%, gallai hyd at 32 eog (1SW + MSW) a 211 o wenoliaid wrthdaro â'r senario datblygu uchaf o 200 tyrbîn (Senario 4) y flwyddyn, fel yr amlygwyd gan y celloedd sydd wedi'u cysgodi yn y tabl.	Xodus Group, 2016

Teitl	Pwnc	Paramedrau	Dulliau	Canlyniadau / Cyfyngiadau	Cyfeirnod
		• Y cyflymder cyfredol cymedrig • Lled y sianel			
Cymhwyso model syml ar gyfer amcangyfrif tebygolrwydd gwrthdrawiad mamaliaid morol â thyrbinau llanw https://marineenergyjournal.org/issue/article/view/21/4	Mamaliaid morol (llamhidydd yr Harbwr, morlo'r Harbwr, morfil Lladd), tyrbin llafnog yn seiliedig ar fodel cyfeirio tyrbin llanw	n_{turbines} = nifer y thyrbinau yn y sianel A_{rotor} = ardal ysgubol y rotor A_{channel} = arwynebedd y sianel P_{rotor} = tebygolrwydd anifail yn mynd i mewn i'r ardal ysgubol rotor. rpm = cylchdroadau y funud o'r tyrbin. t_{swim} = yr amser y mae'n ei gymryd i'r mamal morol nofio trwy'r ardal ysgubo tyrbin; a n_{blades} = nifer y llafnau ar y tyrbin.	Dyfeisiwyd CRM symlach. $P_{\text{rotor}} = n_{\text{turbines}} * A_{\text{rotor}} / A_{\text{channel}} * P_{\text{depth}}$ Mae agosrwydd y mamal morol at y tyrbin yn cael canlyniad deuaidd (0 neu 1) ar gyfer y tebygolrwydd o fod yn bresennol yn yr ardal wedi'i ysgubo gan rotor, ac ar gyfer dod ar draws y llafn. Crëwyd dosbarthiad tebygolrwydd yn seiliedig ar ardal ysgubol pob un o dair adran y llafn. $A_{\text{tip}} = \pi r^2 - \pi (2/3 * r)^2$ Yn seiliedig ar gyfradd cylchdroi'r llafn, tebygolrwydd y mamal morol yn dod ar draws y llafn (P_{enc}) yn cael ei gyfrif trwy bennu'r ardal y byddai'r llafn yn ei sgubo yn yr amser y mae'n ei gymryd i'r anifail basio trwy'r ardal ysgubol: $P_{\text{enc}} = \text{rpm} * t_{\text{swim}} * n_{\text{blades}}$	Mae canlyniadau CRM yn dangos y risg o gael eich anafu'n ddifrifol o wrthdrawiad â thyrbinau llanw i amrywio o 0.035% ar gyfer morloi harbwr yn Lashy Sound (UK) i 0.006% ar gyfer HP a 0.011 ar gyfer KW mewn safleoedd sianel ehangach dyfnach. Yn cefnogi tystiolaeth hyd yn hyn bod gwrthdrawiad rhwng llafn tyrbin llanw yn ddigwyddiad prin hyd yn oed pan nad yw data ymddygiadol (osgoi) wedi'i gynnwys. Nid yw'n mynd i'r afael â'r risg gyffredinol i boblogaethau.	Copping and Gear, 2018

Teitl	Pwnc	Paramedrau	Dulliau	Canlyniadau / Cyfyngiadau	Cyfeirnod
Improvements to Probabilistic Tidal Turbine-Fish Interaction Model Parameters (pnnl.gov)	Pysgod (sturgeon)	• Tebygolrwydd Cylchdroi Blade • Dosbarthiad Cyflymder Dŵr dros y Cylch Llanw • Dosbarthiad Pysgod • Ardal Rotor Tyrbinau • Rhyngweithio Llafn â Physgod • Dosbarthiad Pysgod • Ymddygiad Osgoi	$P_{Strike} = \sum_{V_W=0}^{V_{W,Max}} P1 \cdot P2 \cdot P3 \cdot P4 \cdot P5 \cdot P6 \cdot P7$	Diweddarwyd y model gyda data a gasglwyd ar gyfer paramedrau model gan gynnwys P3: Dosbarthiad Pysgod (Dwyrain vs Gorllewin Sianel), P5: Rhyngweithio Blade â Physgod a P6: Dosbarthiad Pysgod Amcangyfrifodd y model cychwynnol fod risg gwrthdrawiad yn llai na 0.1% (PStrike = 0.086%), a chanfu model wedi'i ddiweddarau fod risg gwrthdrawiad yn is mewn gwirionedd (PStrike = 0.032%)	Tomichek et al., 2015

Atodiad 3. Rhestr dyfeisiau byd-eang YAM

Tabl A3.1. Rhestr o ddyfeisiau YAM byd-eang naill ai wedi'u gosod yn hanesyddol neu ar hyn o bryd neu wrthi'n cael eu cynllunio. Mae dyfeisiau lliw coch yn dangos heb ei osod ar hyn o bryd neu nad oes llawer o wybodaeth fonitro ar gael, mae gwyrdd yn tynnu sylw at y ffaith bod y ddyfais naill ai wedi'i gosod neu wedi'i gosod a bod gwybodaeth am fonitro ar gael, safleoedd prawf uchafbwyntiau glas.

Dyfais	Datblygwr	Safle'r Prosiect	Lleoliad	Technoleg	Statws	Nodiadau
Awstralia						
Tenax Energy	Tenax Energy	Clarence Strait Tidal Energy Project	Clarence Strait	Array, test site	Array. 456MW. Planned Project	
Atlantis Resources	Atlantis Resources	San Remo Test Site	San Remo, Victoria	100 kW Aquanator™ device, a 150 kW AN-150™ (Nereus™ I) device, and a 400 kW AN-400™ (Nereus™ II) device	Subscale. 2006-2015. ddyfais ddim yn y dŵr	Dywedodd y datblygiad nad yw'r safle'n fygythiad i famaliaid sy'n mudo o safbwynt acwsteg nac unrhyw un o'r boblogaeth leol o forloi a phengwiniad oherwydd rpm isel y tyrbin pan fydd ar waith.
Canada						
Annapolis Tidal Station	Nova Scotia Power Corporation		Bay of Fundy and Annapolis River	Morglawdd llanw	Tyrbin sengl mewn morglawdd. 20MW. 1984- Diffodd i mewn 2019	Ychydig o wybodaeth am ddadleoli pysgod. Goroesodd morfil cefngrwm aeddfed trwy giât llifddor yn 2004. Morfil cefngrwm anaeddfed a ddarganfuwyd yn farw yn 2007, post-mortem yn amhendant ond awgrymodd fod morfil wedi dod yn gaeth yn yr afon ar ôl dilyn pysgod trwy lifddor. (gwefan Tethys website)
Fundy Ocean Research Center for	Fundy Ocean Research	FORCE	Bay of Fundy	Safle Prawf	Safle Prawf. 2.0-22MW. Gweithio.	Rhaglen Monitro Effeithiau Amgylcheddol (EEMP)

Dyfais	Datblygwr	Safle'r Prosiect	Lleoliad	Technoleg	Statws	Nodiadau
Energy (FORCE) Test Site	Center for Energy (FORCE)					Rhaglen Technoleg Synhwyrdd Uwch Ariannol (FAST)
Clean Current	Ovintiv (formerly EnCana Corporation) / Clean Current Power Systems	Race Rocks Tidal Energy Project	Race Rocks Ecological Reserve, British Columbia	Glân Tyrbin echel llorweddol dwythellol dwythellol gyfredol	Subscale, dyfais sengl.0.065MW. 2006-2011. ddyfais ddim yn y dŵr mwyach	Arolygon llinell sylfaen - fideo tanddwr wedi'i dynnu (System Delweddu a Mapio SIMS-Subtidal) a nythod plymio / Pioden y Môr wedi'u mapio. Ychydig o ôl-fonitro wrth i'r tyrbin gorffenedig droi yn araf (10-20 rpm) felly roedd y risg leiaf posibl i wrthdrawiadau anifeiliaid.
Atlantis Resources	Atlantis Operations Canada Ltd. (a joint venture of Atlantis Resources Ltd. and Rio Fundo Ltd. (a DP Energy affiliate))	FORCE	Minas Passage, Bay of Fundy, (FORCE)	Atlantis Resources AR1500 Three No.1.5 MW tair 18 m tyrbinau llafn	4.5MW.	FORCE yn monitro adroddiadau bob blwyddyn ac yn adrodd ar eu heffeithiau amgylcheddol. http://fundyforce.ca/environment/monitoring/
OpenHydro	Cape Sharp Tidal (OpenHydro and Emera)	FORCE	Minas Passage, Bay of Fundy, (FORCE)	Canolbwyntio agored 2 MW tyrbin (16 m diamedr)	2MW. anhysbys	
Andritz Hammerfest Hydro	DP Energy Ltd.	FORCE			anhysbys	
PLAT-I	Sustainable Marine Energy		Grand Passage, Nova Scotia	The PLAT-I energy converter,	Dyfais sengl. 0.28MW. 2018-2019. Prosiect parhaus	Monitro amrywiol yn digwydd; gwrthdrawiad; mamaliaid, pysgod.

Dyfais	Datblygwr	Safle'r Prosiect	Lleoliad	Technoleg	Statws	Nodiadau
	(SME) / SCHOTTEL HYDRO GmbH			SCHOTTEL Hydro SIT250 tyrbinau llanw		
Chile						
Marine Energy Research and Innovation Centre (MERIC)	Chilean Ministry of Energy, CORFO, Enel Green Power, Naval Energies		Chile	Ymchwil gymysg	Cyfleuster Ymchwil yn barhaus. Cyfleuster VTB o 10 kW i 500kW (o 2019 ymlaen).	Oes, sawl maes ymchwil.
Tsieni						
BaiShakou Tidal Power Station	People's Republic of China		Shandong Peninsula	Morlyn llanw	arae, morlyn. 0.960MW. 1978-anhysbys	Ddim ar gael
Haishan Tidal Power Plant	Government of China		Maoyan Island, Zhejiang Province	planhigyn basnau cysylltiedig	Dyfais sengl. 0.25MW. 1975-Ar waith	Anhysbys
Jiangxia Pilot Tidal Power Plant	China Guodian Corporation		Yueqing Bay, Wenling	Gwaith pŵer amrediad y llanw	Dyfais sengl. 4.1MW. 1980-Ar waith	
Wanxiang-I Project	Harbin Engineering University		Guishan Channel	Tyrbin echelin arnofio, angori fertigol.	Is-raddfa. 0.07MW. 2002-2004. ddyfais ddim yn y dŵr mwyach	
Wanxiang-II Project	Harbin Engineering University		Zhejiang province	gwaith ynni cerrynt llanw fertigol echel sefydlog gwaelod	dyfais sengl. 0.04M. 2005-2006. ddyfais ddim yn y dŵr mwyach	
Lloegr, y DU						

Dyfais	Datblygwr	Safle'r Prosiect	Lleoliad	Technoleg	Statws	Nodiadau
Multiple (Test site)	Perpetuus Energy Limited / Isle of Wight Council	Perpetuus Tidal Energy Centre (PTEC)	St Catherine's Point, Isle of Wight	Safle Prawf	Safle Prawf 30MW. Ar Ddal	
PLAT-0	Sustainable Marine Energy Ltd. (SME)		Off Yarmouth, IOW. Then EMEC.	Safle Prawf	Safle Prawf	Digwyddodd monitro gweithredol yn IOW a pharhaodd hefyd yn EMEC. Gweler EMEC, am fonitro yn y lleoliad hwnnw.
Ffrainc						
La Rance Tidal Barrage	Électricité de France (EDF)		Rance River near Saint Malo, Britany	Gwaith pŵer amrediad y llanw	Dyfais sengl. 240MW. 1966-Ar waith	
Sabella	Sabella		Fromveur Passage, off the coast of Ushant Island, Brittany	Tyrbin Sabella D10 Tyrbinau Llanw Echel Llorweddol (HATT)	Dyfais sengl. 1MW. Gweithrediad 2015	Un hydrophone (HTI-99-HF) gyda data wedi'i recordio ar recordydd acwstig (SDA14) ar strwythur angori'r ddyfais. 2 x C-Pod yn ystod y gosodiad cychwynnol rhwng Tachwedd 2015 - Gorffennaf 2016. Roedd data a gofnodwyd cyn y tyrbin yn weithredol yn ogystal â phryd yr oedd y tyrbin yn weithredol. 1 C-POD wedi'i osod ar drybedd y camera wrth ymyl y rotor.) https://www.etipocean.eu/assets/Uploads/2017-08-29-ETIP-Ocean-webinar-Minimising-negative-environmental-impacts.pdf
Iwerddon						
Multiple (Test site)	Irish Marine Institute, Sustainable Energy Authority of	SmartBay	Galway Bay	Cymysg	Safle Prawf. 2006- Maes prawf parhaus	Llwyfan prawf a monitro tanfor. Gwnaed monitro mamaliaid morol i asesu effaith dyfais ynni cefnfor ar raddfa ¼ ar bresenoldeb llamhidyddion harbwr ym Mae Galway rhwng 2009 a 2010 pan oedd dyfais graddfa ynni cefnfor ar y safle (O'Brien et al., 2012; O'Brien , 2013).

Dyfais	Datblygwr	Safle'r Prosiect	Lleoliad	Technoleg	Statws	Nodiadau
	Ireland (SEAI)					Gwnaed monitro hefyd mewn 2 safle rheoli, un 1km i'r dwyrain o'r safle prawf ac roedd yr ail 500m i'r gorllewin o'r safle prawf.
Multiple (Test site)	Sustainable Energy Authority of Ireland (SEAI)	Atlantic Marine Energy Test Site	Annagh Head, west of Belmullet	Cymysg	Safle Prawf. Cydsyniwyd yn llawn yn 2015. Eto i gael dyfais yn ei lle.	AIA wedi'i wneud. Dim dyfais wedi'i rhoi ar waith, felly dim monitro ôl-weithredol.
Italy						
Ponte di Archimede SpA - Kobold turbine	Ponte di Archimede SpA	Enermar Project	Strait of Messina, along the Sicilian coast	Tyrbin Kobold (rotor traws-lif, 6m mewn diamedr, gyda thair llafn â rhychwant o 5 m)	Dyfais sengl. 0.05M. 2001-2005. ddyfais ddim yn y dŵr mwyach	
Fri-El Green Power SpA - Seapower system	FRI-EL Green Power SpA - ADG	Messina Project	Strait of Messina, Sicilian Coast	Tyrbin arnofio	Arae is-raddfa. 0.006MW, 0.020MW, (0.5MW wedi'i gynllunio). 2007-2011. ddyfais ddim yn y dŵr mwyach	
Seapower GEMSTAR System	Seapower srl		Strait of Messina	Tyrbin dŵr canol	Is-raddfa. 0.3MW. Prosiect wedi'i Gynllunio	
Japan						
IHI Ocean Current Turbine	IHI Corporation		Kagoshima Prefecture	Tyrbin dŵr canol	Dyfais sengl. 0.1MW. Ar waith	
Netherlands						

Dyfais	Datblygwr	Safle'r Prosiect	Lleoliad	Technoleg	Statws	Nodiadau
Tocado Tidal Power T2 turbines	Tocado Tidal Power	Oosterschelde Tidal Power project	Eastern Scheldt storm surge barrier	Pum tyrbîn T2	Array. 1.25MW. Gweithrediad 2015	https://tethys.pnnl.gov/publications/monitoring-getijdenturbines-oosterscheldekering-jaarrapportage-2018
Gogledd Iwerddon, y DU						
SeaGen	Marine Current Turbines (MCT) - now SIMEC Atlantis Energy	Stangford Lough	Strangford Lough, Northern Ireland	System tyrbîn gefell SeaGen	dyfais sengl. 1.2MW. 2008-2016. datgomisiynwyd 2019	https://tethys.pnnl.gov/publications/seagen-environmental-monitoring-programme-final-report
Deep Green Tidal Kite DG500	Minesto	Stangford Lough	Strangford Lough, Northern Ireland	Deep Green 500 barcud llanw dŵr canol.	Profi Ymchwil a Datblygu	Optimeiddio sawl sonar amlbwrpas i asesu rhyngweithiadau bywyd morol â barcud tanddwr (Lieber et al., 2017)
DP Energy Ltd.	Fair Head Tidal Energy project	Fair Head Tidal Energy project	Fair Head, North Antrim, Northern Ireland	Array, safle prawf	Array. 100MW. Prosiect wedi'i Gynllunio	
SubHub Community Demonstrator	QED Naval Limited	QUB tidal test site	Castle Ward Bay in Strangford Narrows, Northern Ireland	Arddangoswr Cymunedol SubHub (SH-CD) yw'r fersiwn leiaf yn yr ystod Subhub sy'n cefnogi hyd at dri thyrbîn is-100 kW i ddarparu cyfanswm allbwn pŵer rhwng 150 - 300 kW.	Dyfais sengl. 0.150-0.3MW. 2019-Treialon yn parhau	

Dyfais	Datblygwr	Safle'r Prosiect	Lleoliad	Technoleg	Statws	Nodiadau
Norwy						
Andritz Hydro HS300	Andritz Hydro	Hammerfest Strøm tidal project	Kvalsund in Finnmark county	HS300 tyrbin echel llorweddol	Subscale, dyfais sengl. 0.3MW. 2003-2011. ddyfais ddim yn y dŵr mwyach	Arolygon arsylwi wedi'u cynnal.
MORILD II Tidal Power Plant	STRAUM		Gimsøy stream, Lofoten,	Tyrbin arnofio, wedi'i angori (x4)	Array. 1.5MW. 2010-2012. ddyfais ddim yn y dŵr mwyach	
Portiwgal						
Ocean Flow Energy Evopod	Ocean Flow Energy	SCORE (SuperComputing Online Re-planning Environment) Project-Sustainability of using Ria Formosa Currents on Renewable Energy Production	Faro-Olhão Inlet, Ria Formosa	OceanFlow Energy - Evopod E1 (1:10th scale prototype)	Dyfais sengl, is-raddfa. 0.001MW. 2017-2017. ddyfais ddim yn y dŵr mwyach	Arolygon llinell sylfaen - SCUBA, trawsluniau fideo ROV, cyfrifiad gweledol (mamaliaid, adar, pysgod), hydroffonau (sŵn cefndir)
Yr Alban, y DU						
EMEC Fall of Warness Grid-Connected Tidal Test Site	European Marine Energy Centre (EMEC)	EMEC	Orkney Islands, Yr Alban	Safle Prawf	Safle Prawf. 4.5-10MW. 2005-Ar waith	http://www.emec.org.uk/services/consents/
EMEC Shapinsay Sound Non-Grid-Connected	European Marine Energy Centre (EMEC)	EMEC	Shapinsay Sound, Orkney, Yr Alban	Safle Prawf	Safle Prawf. Heb gysylltiad â'r grid. Ar waith	http://www.emec.org.uk/facilities/scale-test-sites/

Dyfais	Datblygwr	Safle'r Prosiect	Lleoliad	Technoleg	Statws	Nodiadau
Safle Prawf Llanw Meithrin						
QED Naval and HydroWing	QED Naval and HydroWing (previously Tocado Tidal Power)	EMEC (InToTidal)	Fall of Warness, Orkney	Llwyfan arnofio BlueTEC gyda thyrbín llanw Tocado T2	Dyfais sengl. 0.275-1.375MW. 2017-2020. ar stop	Monitro amgylcheddol EMEC
Voith HyTide 1000	Voith Hydro	EMEC	Fall of Warness, Orkney	Tyrbín echel lorweddol 1MW HyTide 100	Dyfais sengl. 1MW. 2013-2015. ddyfais ddim yn y dŵr mwyach	Fideo tanddwr Arsyllwadau gweledol
Atlantis Resources AK-1000	SIMEC Atlantis Energy	EMEC	Fall of Warness, Orkney	Atlantis AK-1000, llafnau tyrbín llorweddol gefell ar ddyfais sengl	Dyfais sengl. 1MW. 2011-2019. Dyfais ddim yn y dŵr mwyach	Arsylwi Mamaliaid Morol (MMO) https://tethys.pnnl.gov/publications/european-marine-energy-centre-emec-decommissioning-programme
Orbital Marine Power SR2000	Orbital Marine Power	EMEC	Fall of Warness, Orkney	2MW SR2000	Dyfais sengl. 2MW. 2016-2018. ddyfais ddim yn y dŵr mwyach	Gosodwyd chweamera lliw Vivotek i ddarparu lluniau tanddwr o'r SR2000. Gosodwyd cyflymyddion mesuryddion yn y tomenni llafn gyda'r bwriad o ganfod unrhyw annormaleddau yng nghyflymder y llafn y gellid eu priodoli i ddigwyddiadau gwrthdrawiad. Gosodwyd mesuryddion straen hefyd yn y llafnau ar gyfer canfod gwrthdrawiad.
Andritz Hydro Hammerfest HS1000	Andritz Hydro	EMEC	Fall of Warness, Orkney	Mae dyfais HS1000 yn dyrbín traw amrywiol o dan y dŵr, wedi'i osod ar	Dyfais sengl. 1MW. 2011-2015. ddyfais ddim yn y dŵr mwyach	Camera fideo wedi'i osod ar Nacelle medryddion straen wedi'u gosod ar lafnau. MMO yn bresennol pan fydd y llong yn yr ardal Effeithiau monitro acwstig ar fywyd gwyllt Monitro dadleoli gan ddefnyddio data arsylwi bywyd gwyllt EMEC.

Dyfaais	Datblygwr	Safle'r Prosiect	Lleoliad	Technoleg	Statws	Nodiadau
				y gwaelod, rotor.		http://tethys.pnnl.gov/annex-iv-sites/emec-fall-warness-grid-connected-tidal-test-site
Nautricity CoRMaT tidal stream turbine	Nautricity	EMEC	Fall of Warness, Orkney	CorMaT tyrbin	Dyfais sengl. 0.5MW. 2017 - Dyfais wedi'i chymryd allan yn 2018. Prosiect yn parhau	https://www2.gov.scot/Resource/0051/00518157.pdf
Atlantis Resources AR2000 turbines	SIMEC Atlantis Energy	Sound of Islay Demonstration Tidal Array	Sound of Islay, Scotland	Tyrbinau AR2000, tyrbin llorweddol diamedr rotor 24m	Array. 10MW. Prosiect wedi'i Gynllunio	https://www.scottishpowerrenewables.com/userfiles/file/Sound%20of%20Islay%20Demonstration%20Tidal%20Array%20Cable%20Route%20Environmental%20Report_May%202013.pdf
Nautricity CoRMaT tidal stream turbine	Nautricity	Argyll Tidal Demonstrator Project	Mull of Kintyre, Scotland	CorMaT tyrbin	Dyfais sengl. 0.5MW. Peidiwch byth â gosod. Dyfais wedi'i gosod yn EMEC. gweler uchod.	
DEME Blue Energy (DBE)	DEME Blue Energy (DBE)	West Islay Tidal Project	Rinns of Islay, Islay, Inner Hebrides, Scotland	Cymysg	Array. 30MW. Prosiect wedi'i gynllunio.	
DP Energy Ltd.	DP Energy Ltd.	Westray South Tidal Project	Westray Firth, Eday, Egilsay and Rousay, Scotland	Tyrbinau Llanw Echel Llorweddol (HATT)	Array. 200MW. Prosiect wedi'i gynllunio.	
Stingray tidal generator	The Engineering Business	Yell Sound	Shetland, Scotland	Generadur llanw Stingray	Dyfais sengl. 0.15MW. 2002-2003. ddyfais ddim yn y dŵr mwyach	
Argyll Tidal Demonstrator Project	Argyll Tidal Limited (ATL)		Mull of Kintyre, Argyll and Bute, Scotland	Cymysg	Array. 0.5MW. Prosiect wedi'i Gynllunio	

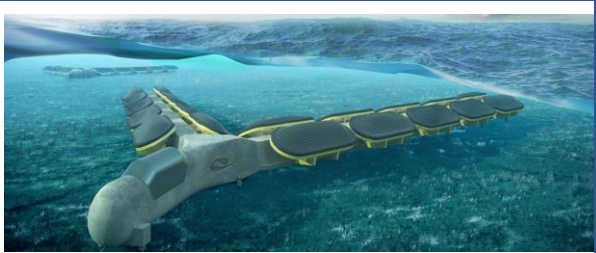
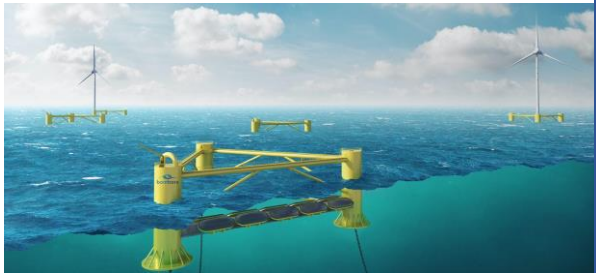
Dyfais	Datblygwr	Safle'r Prosiect	Lleoliad	Technoleg	Statws	Nodiadau
OpenHydro	Brims Tidal Array Ltd. / OpenHydro		South Walls, Hoy, Orkney	Safle Prawf	Array. 200MW. ar stop	
Atlantis Resources Limited: AR1500 Andritz Hydro Hammerfest: HS1500	MeyGen Tidal Energy Project - Phase I	MeyGen	Pentland Firth, Scotland	Atlantis Resources Limited: AR1500 / Andritz Hydro Hammerfest: HS1500	Array. 6-86MR. 2016 - Ar waith	Monitro ar y safle trwy SCADA (Rheoli Goruchwyllo a Chaffael Data) FLOWBEC
Nova Innovation M100 turbine	Nova Innovation	Shetland Tidal Array	Bluemull Sound, Shetland	Tyrbinau 3x M100	Array. 0.3MW. Gweithrediad 2016	Monitro fideo tanddwr a modelu gwrthdrawiadau
De Corea						
Sihwa Tidal Power Plant	Korean Water Resource Corporation		Sihwa embankment	Tyrbinau morglawdd	Array. 254MW. Ar waith	https://tethys.pnnl.gov/publications/environmental-ecological-effects-lake-shihwa-reclamation-project-south-korea-review
Uldolmok Tidal Power Station	South Korean Government		Uldolmok Strait in the Yellow Sea, at Jindo Island, South Jeolla	Tyrbin Helical trawslif	Dyfais sengl. 1-50MW. 2009 ar waith	Na
Sweden						
Uppsala University - river vertical axis turbine with five blades	Uppsala University	Söderfors Project	Söderfors, River Dal, Uppsala.	Tyrbin echelin fertigol	Dyfais Sengl. 0.0075MW. 2013 ar waith	Do, eog wedi'i ryddhau, system Sonar yn olrhain eog.
Cymru, DU						

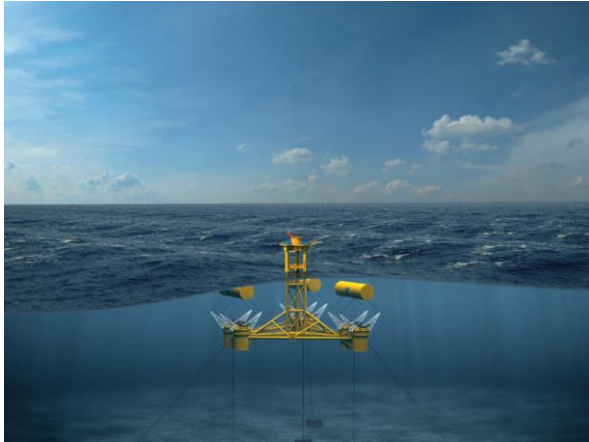
Dyfais	Datblygwr	Safle'r Prosiect	Lleoliad	Technoleg	Statws	Nodiadau
Deep Green Tidal Kite DG500	Minesto	Holyhead deep	Holyhead, Wales	Deep Green 500 barcud llanw	0.5MW-80MW. 2018. Ar waith	Arae hydroffon Gweler ES.
Deltastream	Tidal Energy Ltd	Ramsey Sound	Ramsey Sound, Pembrokeshire, Wales	Dyfais 400 kW o dyrbinau 3 llafn	Dyfais sengl. 0.4MW. 2016-2016. Methiant dyfeisiau a chwmni ddim yn bodoli mwyach. Dyfais yn dal mewn dŵr. Mae Cambrian Offshore South West Ltd wedi derbyn buddsoddiad i adfywio'r safle.	Gwybodaeth monitro amgylcheddol ar gael. Cyfarfod â Cambrian Offshore South West Ltd.
Swansea Tidal Lagoon (SBTL)	Tidal Lagoon Power / Andritz Hydro		Swansea, Wales	Morlyn Ystod Llanw	Amrywiaeth o dyrbinau yn wal Lagoon. 320MW. Ar Ddal	
Multiple (Test site)	Morlais	West Anglesey Demonstration Zone	Off Holyhead, Anglesey Wales	Safle Prawf	Safle Prawf. Cam cyn cydsynio	AIA wedi'i wneud.
UDA						
Ocean Renewable Power Company (ORPC) - TidGen® Power System	Ocean Renewable Power Company (ORPC)	Cobscook Bay Tidal Energy Project	Maine	TidGen™ Power System, tyrbinau traws-lif dylunio datblygedig (ADCF)	Dyfais sengl. 0.75MW. 2012-2017. ddyfais ddim yn y dŵr mwyach	Monitro acwstig, monitro benthig a biodanwydd, rhyngweithio pysgodfeydd a bywyd morol, monitro hydrolig, monitro mamaliaid morol, monitro adar.
Verdant Power Gen4 turbine	Verdant Power	Roosevelt Island Tidal Energy (RITE) Project Demonstration	East River, New York	chwe thyrbîn Gen4 KHPS	Array. 0.175MW. 2006-2008. Dyfais ddim yn y dŵr mwyach	Gwrthdrawiad - DIDSON mewn parau ac echosounder trawst hollt ar y llong ar gyfer obs. Yn ystod y llawdriniaeth

Dyfais	Datblygwr	Safle'r Prosiect	Lleoliad	Technoleg	Statws	Nodiadau
						Hydroffonau - sŵn 24 split-beam transducers (SBT) Bird Observations - shoreline obs.
Verdant Power Gen5 turbine	Verdant Power	Roosevelt Island Tidal Energy (RITE) Project Pilot	East River, Efrog Newydd	Tyrbinau Gen5	Array. 1.05MW. 2012 - Ar waith. Ym mis Hydref 2020 gosodwyd tri Thyrbîn System Llif Am Ddim Gen5.	Monitro Effeithiau Amgylcheddol RITE (RMEE)
Ocean Renewable Power Company (ORPC)	Ocean Renewable Power Company (ORPC)	Western Passage Tidal Energy Project	Eastport, Maine	Wedi'i osod ar y gwaelod	Array. 5MW. Prosiect wedi'i Gynllunio	

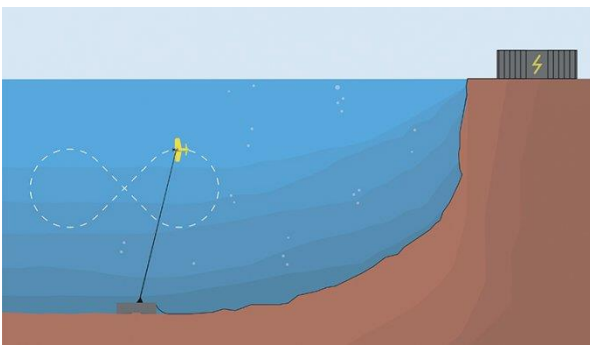
Atodiad 4. Dyluniadau o ddyfeisiau y gellid o bosibl eu defnyddio yng Nghymru.

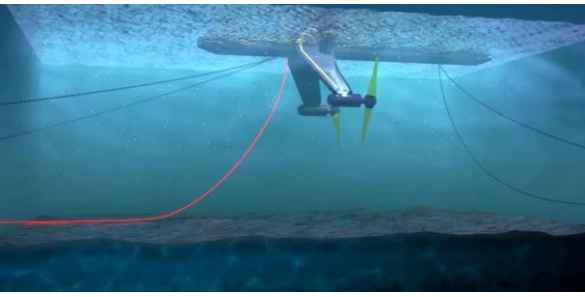
Tabl A4.1. Rhestr o ddyfeisiau a dyluniadau y gellid o bosibl eu gosod yng Nghymru.

Datblygwr	Technoleg	Model tyrbîn.	Dyddiad gosod	Capasiti pŵer (MW)	Lleoliad	Dyluniad dyfais
Bombora	Ton	mWave™ trawsnewid ydd ynni tonnau	wedi'i gynllunio 2021	1.5MW	Sir Benfro	 

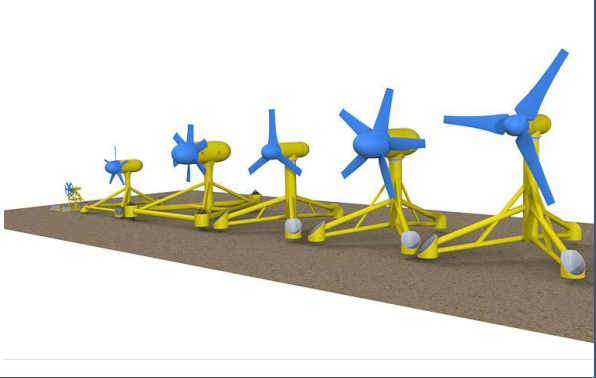
Datblygwr	Technoleg	Model tyrbîn.	Dyddiad gosod	Capasiti pŵer (MW)	Lleoliad	Dyluniad dyfais
Marine Power Systems	Ton	WaveSub	N/A	4.5-10MW	FaB Test yng Nghernyw	
	Gwynt	WindSub	N/A	10-15MW	N/A	

Datblygwr	Technoleg	Model tyrbîn.	Dyddiad gosod	Capasiti pŵer (MW)	Lleoliad	Dyluniad dyfais
Marine Power Systems	Ton a gwynt	DualSub	N/A	15-20MW	N/A	
Minesto	Llif llanw, Barcud Llanw	0.5MW Deep Green Tidal Kite	2018 & 2019	0.5MW (gan gynyddu i 10MW)	Holyhead Deep, Ynys Môn, Cymru, y DU.	

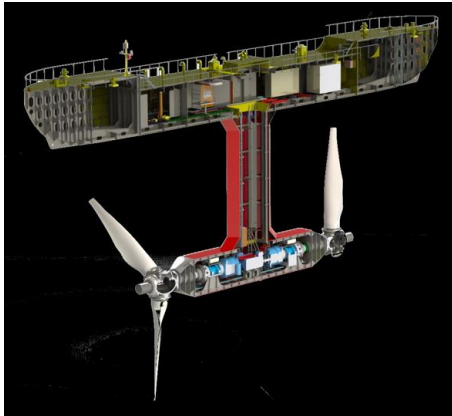
Datblygwr	Technoleg	Model tyrbin.	Dyddiad gosod	Capasiti pŵer (MW)	Lleoliad	Dyluniad dyfais
Minesto	Llif llanw, Barcud Llanw	0.5MW Deep Green Tidal Kite	2018 & 2019	0.5MW (gan gynyddu i 10MW)	Holyhead Deep, Ynys Môn, Cymru, y DU.	
Nova Innovation	Llif llanw	100KW tyrbin gwely'r môr	N/A	0.5MW (x5 100KW tyrbin)	Parth arddangos sain Bardsey a Morlais	

Datblygwr	Technoleg	Model tyrbin.	Dyddiad gosod	Capasiti pŵer (MW)	Lleoliad	Dyluniad dyfais
Orbital marine power	Llif llanw	O2 2MW tyrbin llanw fel y bo'r angen.	N/A	2MW	Parth arddangos Morlais, Ynys Môn	 

Datblygwr	Technoleg	Model tyrbín.	Dyddiad gosod	Capasiti pŵer (MW)	Lleoliad	Dyluniad dyfais
Verdant Power	Llif llanw	Gen5 tyrbín gwely'r môr	Anelu at 2022-23	30MW gan 2025-26	Parth arddangos Morlais, Ynys Môn	
BigMoon	Llif llanw	Keel Cinetig	N/A	N/A	Parth arddangos Morlais, Ynys Môn	

Datblygwr	Technoleg	Model tyrbîn.	Dyddiad gosod	Capasiti pŵer (MW)	Lleoliad	Dyluniad dyfais
Sabella	Llif llanw	Tyrbîn technoleg echel lorweddol gwely'r môr	N/A	N/A	Parth arddangos Morlais, Ynys Môn	
Instream Energy Systems	Llif llanw	Arae arnofio - Tyrbinau hydrokinetig echelin fertigol (VAHTs)	N/A	1MW	Parth arddangos Morlais, Ynys Môn	

Datblygwr	Technoleg	Model tyrbin.	Dyddiad gosod	Capasiti pŵer (MW)	Lleoliad	Dyluniad dyfais
HydroQuest	Llif llanw	N/A	N/A	N/A	Parth arddangos Morlais, Ynys Môn	
Aquantis	Llif llanw	Tyrbin arnofio	N/A	N/A	Parth arddangos Morlais, Ynys Môn	

Datblygwr	Technoleg	Model tyrbin.	Dyddiad gosod	Capasiti pŵer (MW)	Lleoliad	Dyluniad dyfais
Sustainable Marine Energy	Llif llanw	PLAT-O, PLAT-I. Tyrbin llanw arnofiol a chanol dŵr.	N/A	N/A	Parth arddangos Morlais, Ynys Môn	
Magallanes renewables	Llif llanw	Tyrbin arnofio	N/A	N/A	Parth arddangos Morlais, Ynys Môn	

Datblygwr	Technoleg	Model tyrbin.	Dyddiad gosod	Capasiti pŵer (MW)	Lleoliad	Dyluniad dyfais
Cambrian Offshore South West Ltd. (TIGER project) www.interregtiger.com www.ore.catapult.org.uk/stories/tiger Prosiect ffrwd TEL Delta yn ffurfiol.	Llif llanw	Tyrbin llanw gwely'r môr	N/A	N/A	Ramsey Sound	

Atodiad 5. Arolwg eDNA - gwybodaeth ychwanegol ar ddull a dadansoddiad

A5.1. Strategaethau ac offer samplu

Mae strategaethau samplu ac arferion labordy effeithiol yn elfen allweddol o astudiaethau eDNA. Y cyfan sydd ei angen yw sampl dŵr sy'n cynrychioli'r lleoliad. Fodd bynnag, mae sensitifrwydd y technegau yn gofyn am ddulliau llym i osgoi croeshalogi rhwng samplau, dyblygu samplau a samplau rheoli cadarnhaol / negyddol. Mae'n bwysig hefyd i cael hyfforddiant da i staff samplu. Ar ôl eu casglu, gellir defnyddio samplau sydd wedi'u cadw'n iawn at ystod eang o ddibenion. Er enghraifft, gellir defnyddio samplau a gymerwyd o feysydd adnoddau i nodi presenoldeb morfilod, adar môr a physgod.

Gellir defnyddio strategaethau samplu amrywiol gyda gwahanol raddau o symlrwydd neu soffistigedigrwydd.

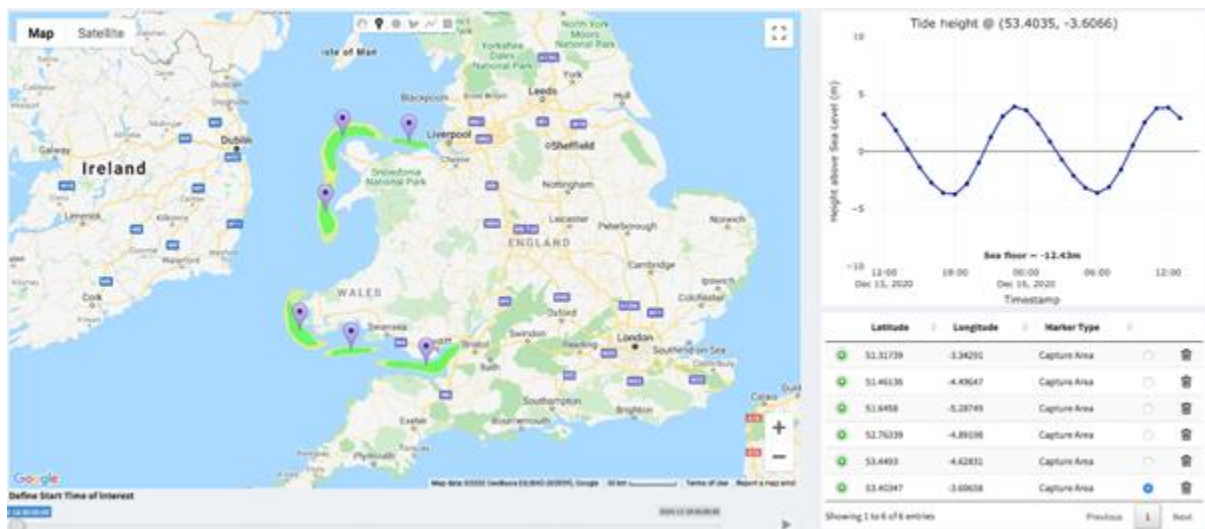
Ar ben symlaf y sbectrwm, gellir cael samplau dŵr gan ddefnyddio poteli dŵr syml, di-haint (poteli Miskin neu debyg). Gellir cludo'r samplau hyn i'r labordy i'w hidlo neu gellir eu hidlo ar y safle / ar llong gydag offer hidlo cludadwy (Ratcliffe et al., 2020). Mae'r mantais yn symlrwydd, ond mae cyfeintiau sampl yn gyfyngedig, ac mae'r sampl yn syth, felly wedi'i gyfyngu i un pwynt mewn amser. Er mwyn ygorchuddio ardal fawr a chyfnod amser yn effeithiol, bydd angen nifer uwch o samplau ar gyfer yr astudiaeth.

Ar ei fwyaf cymhleth, gosodwyd bwiau samplu ar fwiau wyneb sy'n cynnal y dadansoddiad yn y fan a'r lle (cyfeirnod, Jens Carllson). Mae hyn yn lleihau'r amser drud ar longau ac yn sicrhau cysondeb amseriad sampl, ond mae hyd y defnydd yn cael ei gyfyngu gan allu'r bwi i gario offer, a'r angen i newid hidlwyr. Mae'r offer hefyd yn gostus a gyda defnydd hirach mae risg o golli a difrodi offer.

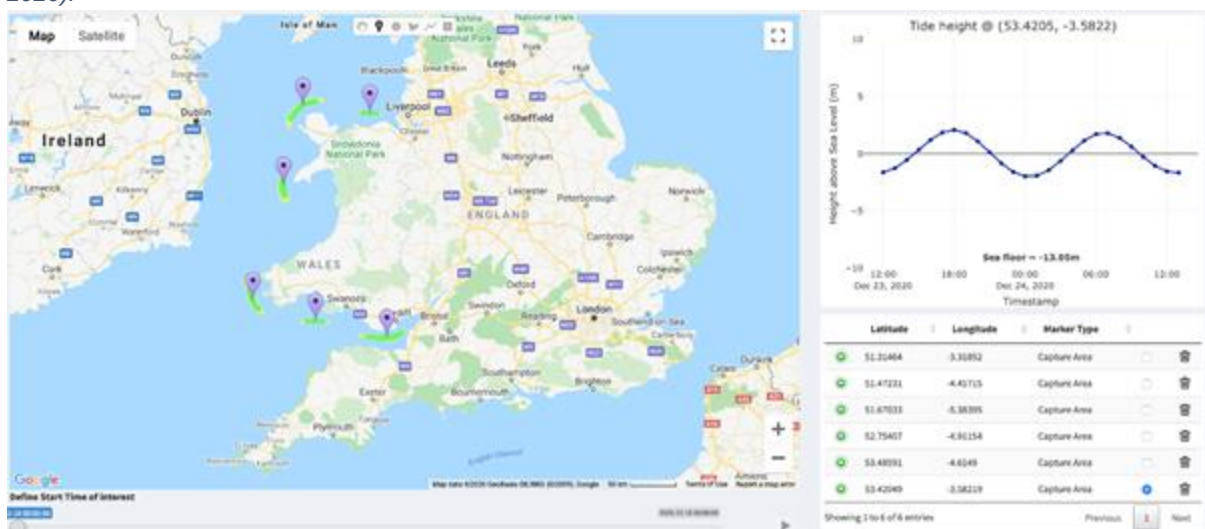
Yn ddiweddar, mae Natural England wedi treialu samplwr awtomataidd yn llwyddiannus sy'n cymryd samplau cyfaint mawr dros un neu fwy o gylchoedd llanw (Mynott & Marsh, 2020). Samplwyr o dan y dŵr am ~ 24 awr, gyda'r gallu i hidlo ~ 50 L o ddŵr dros y cyfnod hwn. Edrychodd yr astudiaeth beilot ar 6 lleoliad samplu ar hyd Arfordir De Lloegr rhwng Hydref 2019 a Chwefror 2020. Yn effeithiol, mae hyn yn darparu sampl integredig ar draws cylchred y llanw, gan gwmpasu ardal fawr (h.y., yr ardal y mae'r llanw wedi mynd drosti yn ystod y cyfnod dan sylw). Gwnaethant gais cymhwyswyd dull metabarcodio i'w samplau a nodi 74 o rywogaethau pysgod, nad oedd rhai ohonynt wedi'u cofnodi o'r blaen yn yr ardal, gan gynnwys nifer o'r rhywogaethau sy'n berthnasol i'r adolygiad hwn fel cysgodol Allis a Twaite, llyswennod ac eog yr lwerydd. Hefyd, ymchwiliodd yr astudiaeth hon i amrywiad amserol ar draws y cyfnod samplu ac amrywiaeth haploteip (y gellir eu defnyddio i edrych ar lif genynnau rhwng metapoblogaethau).

Mae Ffigurau A5.1 ac A5.2, trwy garedigrwydd Genomeg Gymhwysol, yn defnyddio'r Offeryn Modelu Llanw AVS Dev i ddangos y cwmplas ardal y gellir ei gael trwy ddefnyddio 6 samplwr ar lanw'r gwanwyn a'r llanw, yn y drefn honno. Ar gyfer pob un o'r ardaloedd gwibdaith llanw wedi'u modelu, mae'r ardal mewn melyn yn dynodi symudiad dŵr ar wyneb y môr ac mae'r

ardal mewn gwyrdd yn dynodi symudiad dŵr 1 metr uwchlaw'r benthos, lle tybir bod mewnfa ddŵr y samplwr wedi'i gosod.



Ffigur A5.1. Ardaloedd sampl dangosol ar lanw'r Gwanwyn (wedi'u modelu gan ddefnyddio data o'r 15fed Rhagfyr 2020).



Ffigur A5.2. Ardaloedd sampl dangosol ar lanw Neap (wedi'u modelu gan ddefnyddio data o 23 Rhagfyr 2020).

A5.2 Technegau dadansoddol

Defnyddir dau brif dechneg mewn astudiaethau eDNA, dilyniannu Sanger, a metabarcodio, neu ddilyniant cenhedlaeth nesaf (NGS). Mae gan bob techneg gryfderau a gwendidau (Harper et al., 2018; Holman et al., 2019).

PCR, neu qPCR, yw ymhelaethu a meintoli deunydd genetig (DNA) gan ddefnyddio paent preimio wedi'i dargedu (oligos) sydd wedi'i gynllunio'n benodol i ganfod y rhywogaeth darged. Yn dilyn PCR, rhaid i ampliconau DNA gael eu dilyniannu er mwyn cael eu hadnabod. Mae dilyniannu Sanger yn darparu mwy o sensitifrwydd ar gyfer rhywogaeth darged, a dilyniant hirach, mwy penodol o ganlyniad. Fodd bynnag, dim ond un grŵp, neu nifer fach o rywogaethau ar yr un pryd, y gall y dull hwn edrych arno. Er enghraifft, os yw'r sampl DNA yn

dod o amgylchedd (eDNA), yn hytrach na sampl meinwe, mae'n debygol ei fod yn cynnwys llawer o rywogaethau pysgod, felly byddai'n defnyddio primer rhywogaethau penodol i ddewis y rhywogaethau ddymunir.

Mae metabarcodio, neu NGS, yn chwyddo rhanbarthau cyfan neu rannol genyn, gan rhoi rhestr lawn o'r rhywogaethau sy'n bresennol o'r rhanbarth genynnau ddewiswyd. Er enghraifft, bydd y primer 12S-V5 pysgod-benodol yn chwyddo rhanbarth amrywiol 12S 5, ac yn adnabod sawl rhywogaeth o bysgod (Miya et al., 2020). Gellir dewis primers i'n galluogi i edrych ar bob rhywogaeth o ddiddordeb. Fodd bynnag, gall fod yn dilyniant Sanger llai sensitif yn yr ystyr ei fod yn cynhyrchu dilyniannau cyfeirio byrrach, mwy amrywiol.

Gellir cymharu'r ddau ddull â chronfeydd data dilyniant genetig presennol fel y Ganolfan Genedlaethol Gwybodaeth Biotechnoleg (NCBI) i nodi'r rhywogaethau sy'n bresennol, a dim ond os cânt eu cynnwys mewn cronfeydd data cyfeirio (Bohmann et al., 2014) y bydd rhywogaethau'n cael eu adnabod. Yn ymarferol, ar yr amod bod y samplau, a'r DNA 'eluted' , yn cael eu storio gyda rheolyddion priodol, gellir defnyddio samplau am qPCR a metabarcodio, a gellir eu haildefnyddio yn y dyfodol wrth i dechnegau a phreimio newydd ddatblygu. Felly gellir defnyddio metabarcodio i adnabod ystod eang o rywogaethau sy'n bresennol mewn lgroup, gyda dadansoddiad qPCR yn cael ei gynnal i dargedu rhywogaethau o ddiddordeb arbennig (Ratcliffe et al., 2020).

Atodiad 6. Rhestr o'r mathau o offer a ddefnyddir mewn safleoedd ynni llanw

A6.1 Crynodeb o'r PAM a ddefnyddir ar safleoedd YAM.

Tabl A6.1. Crynodeb o'r lleoliadau lleoli, ffurfweddiadau offer mesur acwstig goddefol (PAM) a ddefnyddir, math mesur acwstig. Tabl wedi'i gymryd o adroddiad SOS (Hasselman et al., 2020).

Lleoliad	Methodoleg a ddefnyddir	Amcanion	Cyfeiriadau
Lynmouth, DU	Hydroffon cwch drifftio	Sŵn gweithredol	(Parvin et al. 2005; Maunsell Faber and METOC 2007; Richards et al. 2007)
Strangford Lough, DU	Hydroffon cwch drifftio	Sŵn gweithredol	(Nedwell and Brooker 2008; Gotz et al. 2011; Keenan et al. 2011)
Fall of Warness, Orkney, DU	Hydroffon cwch drifftio Hydroffon bwi drifftio	Cefndir, Adeiladu a Sŵn gweithredol	(Aguatera 2010; Beharie and Side 2011; Wilson et al. 2011, 2014)
Cobscook Bay, Maine, UDA	Bwi drifftio gyda phâr o hydroffonau wedi'u gwahanu'n fertigol	Sŵn gweithredol	(CBTEP 2012)
Kvalsund, Western Finnmark, Norwy	Hydroffon cwch drifftio	Sŵn gweithredol	(Akvaplan-niva 2009)
East River, Efrog Newydd, UDA	Hydroffonau wedi'u tynnu	Sŵn gweithredol	(Ocean Energy Systems 2013)
Admiralty Inlet, Puget Sound, UDA	Hydrophone wedi'i osod ar y gwaelod Bwi drifftio gyda phâr fertigol o hydroffonau Drifft hydrophone Drifft arae llinell fertigol	Sŵn cefndir a gweithredol. Trosglwyddiadau wedi'u cynllunio	(Bassett 2010; Polagye et al. 2012; Xu et al. 2012; Bassett et al. 2013, 2014; Copping et al. 2013)
Minas Passage, Bay of Fundy, Canada	Hydrophone bwi drifftio System wedi'i hangori ar y gwaelod System wedi'i gosod ar dyrbin arnofio Is-wyneb wedi'i angori Cychod llorweddol	Sŵn cefndir. Sŵn tyrbin nyddu am ddim.	(Martin and Vallarta 2012; Tollit and Redden 2013; Martin et al. 2018; Auvinen and Barclay 2019)
Schottel, Queen's University Safle Prawf Llanw Belfast yn Portaferry, Gogledd Iwerddon	Hydroffon bwi drifftio	Sŵn cefndir a gweithredol, gan gynnwys pinio a brecio am ddim	(Schmitt et al. 2015)
River Turbine, Iguigig, Alaska, UDA	Hydroffon bwi spar drifftio	Sŵn gweithredol	(Polagye and Murphy 2015)
Site Expérimental Estuarien National pour l'Essai et l'Optimisation Hydrolienne	Hydroffon cwch drifftio	Cefndir, Gosod a Sŵn Gweithredol	(Giry et al. 2018)

(SEENOH), Bordeaux, Ffrainc			
Cook Inlet, Alaska, UDA	Arae cyfeiriadol wedi'i angori Hydroffon wedi'i angori	Sŵn cefndir Monitro morfilod Beluga	(Worthington 2014)
Ramsey Sound, DU	Hydroffon drifftio rhannol cychod gyda arnofio is-wyneb ac arae tyrbin pwysau 12 elfen wedi'i osod	Sŵn cefndir Canfod a lleoleiddio morfilod	(Broudic et al. 2012a, 2012b; Willis et al. 2013; Malinka et al. 2018)
Grand Passage, Canada	Hydroffon wedi'i angori ar y gwaelod Hydroffon bwi drifftio Hydroffon wedi'i osod ar dyrbin	Sŵn cefndir Trosglwyddiadau wedi'u cynllunio	(Malinka et al. 2015; Wilson and Martin 2019)
West Scotland (Sound of Islay, Scarba, the Great Race, Gulf of Corryvreckan, Kyle Rhea, the Sound of Sleat)	C-PODs wedi'u hangori Drifting C-PODs Arae llinell fertigol wedi'i hangori Hydroffon wedi'i osod ar y gwaelod Arae hydroffon wedi'i dynnu Hydroffon drifftio	Canfod a lleoleiddio llamhidyddion. Sŵn Gwaelodlin, Adeiladu a Gweithredol	(Harland 2013; Wilson et al. 2013; Benjamins et al. 2016, 2017; Macaulay et al. 2017)
Mississippi River, Memphis, Tennessee, UDA	Hydroffon wedi'i angori Hydroffon drifftio	Sŵn cefndir Sŵn gweithredol	(Bevelhimer et al. 2016b)
Sequim Bay, Washington, UDA	Arae offeryn fector wedi'i osod ar y gwaelod	Tonau prawf	(Raghukumar et al. 2019)
MeyGen arae arddangos, Yr Alban	Arae hydrophone amledd uchel 12 wedi'i osod ar strwythur cynnal tyrbinau	Lleoli ac olrhain mamaliaid morol	(Gillespie et al. 2020)

A6.2 Sonars delweddu cyffredin ar gyfer monitro morol.

Table A6.2. Crynodeb o'r chwe sonar delweddu a ddefnyddir fwyaf ar gyfer monitro dyfeisiau ynni adnewyddadwy morol gyda manylebau cyffredinol Tabl wedi'i gymryd o adroddiad SOS (Hasselman et al., 2020).

Sonar	Amledd (kHz)	Maes golygfa (°)	Ystod (m)	I/O trigger	SDK	Ceisiadau
Tritech Gemini	720	120 x 20	<120	Yes	Yes	Arolygon cychod, SeaGen, AMP
Teledyne BlueView	900/2250	130 x 20	<100/<10	Yes	Yes	AMP, Arolygon cychod,
Kongsberg Mesotech	500	120 x 3, 7, 15, 30	<150	Yes	No	AMP, Arolygon cychod,
Blueprint Subsea Oculus	i) 375 ii) 750/1200 iii) 1200/2100	i) 130 x 20 ii) 70 x 12 iii) 60 x 12	i) <10 ii) <120/<40 iii) <30/<10	Yes	Yes	Arolygon cychod,
Imagenex Delta T	260	120 x 10	<150	Yes	Yes	FLOWBEC

Sound Metrics Aris	i) 1200/700 ii) 1800/1100 iii) 3000/1800	i) 28 x 14 ii 28 x 14 iii) 30 x 15	i) <80/<35 ii) <35/<15 iii) <15/<5	No	No	ORPC, Verdant RITE
--------------------	--	--	--	----	----	--------------------

A6.3. Argaeledd camerâu optegol

Table A6.3. Mathau safonol o gamerâu optegol a chydrrannau cysylltiedig ar gael i gynnal astudiaethau arsylwi pysgodfeydd ger y môr ac mamaliaid morol. Tabl wedi'i gymryd o Hasselman et al. (2020).

Math o Camera	Cais	Cost (US\$)	Buddion / Cyfyngiadau
Camerâu Gweithredu	Nearshore, recordiad tymor byr.	300 - 800	Maint bach, recordio hyblyg, cost isel
Unlliw Diwedd Isel	Diffiniad canol-uchel, tymor hir	1,000	Cost isel, sensitifrwydd golau isel.
Diwedd Uchel HD	Diffiniad uchel, tymor hir.	5,000	ID Rhywogaeth
Diwedd Uchel HD Chwyddo Optegol	Diffiniad uchel, tymor hir.	7,000	Rhanbarth gwylio amrywiol ac agos.
IP Cat 5	Diffiniad canol-uchel, tymor hir.	3,000 - 6,000	Hyd cebl estynedig.
COTS (digital)	Datrysiad uchel, gwelliannau lliw.	500 - 1,000	Angen tai gwrth-ddŵr, maint bach, recordiad hyblyg.
Fideo Gweledigaeth Peiriant (CMOS/CCD)	Ffrâm amrywiol, maint bach, gofyniad pŵer isel, rhyngwynebau hyblyg (gwifren dân, USB, GigE, IP) rheolaeth amrywiol ar gyfer paramedrau recordio camera, ddewis ROI penodol.	Amrywiol	Angen tai gwrth-ddŵr, amrediad tymheredd, hyd cebl ar gyfer systemau cyfradd ffrâm uchel.
Ategolion			
LED Goleuadau Môr	Gwylio nosol	1,500	Arsylwadau 24 awr,
Laser a Thai	Sgorio / sizing amrediad agos	1,000	Sizing pysgod / gwrthrychau
Pan a Tilt	Mwy o ardal wyllo	3,000 - 4,000	Gwylio'r sector
Rheilffordd Cynnig Llinol	Gwylio'r sector a bennwyd ymlaen llaw.	5,000	Cynyddu rhanbarth arsylwi, rhaglenadwy.
Mecanweithiau sbarduno cynnig	Galluogi camera pan ddaw anifail morol i mewn i olwg	1,000	Yn galluogi defnyddio camera a chasglu data fideo dim ond pan ganfyddir y targed, gan leihau costau storio a dadansoddi data.
Goleuadau UV, modrwyau copr, sychwyr	Lleihau bidadanwydd o amgylch offerynnau optegol.	1,000 - 2,000	Yn atal ac yn arafu twf organebau bidadanwydd sy'n lleihau ansawdd ac

			yn cuddio delweddau optegol.
--	--	--	------------------------------

